Tesis doctoral

El observatorio astronómico: un diálogo entre ciencia y arquitectura

Miguel Ángel Castro Tirado

Dirigido por

Javier Boned Purkiss

Alberto J. Castro-Tirado

MAYO 2019

Programa de Doctorado en Ingeniería Mecánica y Eficiencia Energética

Escuela de Ingenierías Industriales Universidad de Málaga

El observatorio astronómico

un diálogo entre ciencia y arquitectura

Miguel Ángel Castro Tirado

Nota

La presente tesis sobre observatorios astronómicos queda limitada a los centros terrestres basados en instrumentos ópticos. Por lo tanto, quedan fuera del estudio los radiotelescopios y, por supuesto, los telescopios espaciales u orbitales, o incluso los que se instalasen en satélites u otros planetas que, por el momento, pertenecen a la ciencia-ficción.

La selección de observatorios astronómicos considerados como casos de estudio, que se han estudiado y analizado en profundidad, no pretenden ser los más grandes, importantes o famosos, sino que buscan conformar un guion para un relato que permita comprender e interpretar cómo se ha producido esa evolución desde las formaciones prehistóricas más simples hasta las construcciones superespecializadas de la actualidad.

Además de en libros, artículos u otras publicaciones consultadas, el trabajo se basa en el estudio detallado de planos históricos y actuales. Habiendo recurrido siempre que ha sido posible a las fuentes originales, se aclara aquí que, salvo que se indique lo contrario, todos los planos que aparecen en la tesis son elaboración propia. Asimismo, estas representaciones hacen referencia al proyecto aprobado para el observatorio en cuestión, independientemente de que finalmente no se ejecutase en su totalidad o de las modificaciones que sufriese con posterioridad.

Aun cuando no ha sido posible adquirir cierta información, los huecos se han completado a partir de referencias o imágenes exteriores o interiores (fotografías y hasta dibujos). Incluso en alguno de los casos más antiguos, se ha resuelto esta carencia mediante la interpretación de descripciones y la extrapolación de otros casos análogos, de su mismo tiempo y características arquitectónicas.

Igualmente, las traducciones también son elaboración propia, por lo que cualquier deficiencia, en su precisión o en sus matices, es responsabilidad del autor.

Índice

Introducción 9

Estado de la cuestión 12

Motivación y objetivos 14

Metodología 15

Estructura interna 17

Capítulo 1. Orígenes: de la mirada al cielo a los proto-observatorios 19

- La mirada al cielo 19
- Proto-observatorios 22

Capítulo 2. El observatorio islámico-medieval 35

- Observatorio de Maragha (1259) 38
- Observatorio de Samarcanda (1424) 44
- Una arquitectura requerida por la astronomía 50

Capítulo 3. Génesis del observatorio moderno 53

- Uraniborg (1576) 56
- Stjerneborg (1584) 66
- La Torre de los Vientos (1578) 73
- Cámara oscura 78
- Primeras teorías sobre la arquitectura para la observación astronómica 81
- Surge el telescopio 89
- El telescopio como variable 93
- Una arquitectura siguiendo a la astronomía 106

Capítulo 4. Evolución del observatorio moderno 109

- El Observatorio de París (1667) 110
- El Observatorio de Greenwich (1675) 123
- El Observatorio de Cádiz (1753) 132
- El Observatorio de Madrid (1790*) 141
- El Observatorio Radcliffe (1772) 149
- El Observatorio de Dunsink (1783/1785) 158
- Una arquitectura adaptada a la astronomía 170

Capítulo 5. Difusión del observatorio moderno 175
Observatorio de Mannheim (1774) 176
Observatorio de Seeberg (1790) 178
Observatorio de Bogotá (1803) 182
Observatorio de Tartu (1810) 186
Observatorio de Göttingen (1816) 191
Observatorio de Parramatta (1822) 195
Observatorio de Hamburgo (1825) 199
Observatorio de Cabo de Buena Esperanza (1828) 203
Observatorio de Helsinki (1834) 207
Observatorio de Trivandrum (1837) 211
Observatorio de Harvard (1839/1844) 215
Observatorio de Pulkovo (1839) 221
Observatorio Naval de Washington (1844) 226
Observatorio de Lisboa (1861) 231
Observatorio de Orwell Park (1874) 236
Urania (1889) 242
Observatorio Yerkes (1897) 246
Observatorio de Allegheny (1912) 253
Observatorio de Griffith (1935) 259
Una arquitectura para reafirmar la astronomía 266

Capítulo 6. Desarrollo del observatorio contemporáneo 271
Observatorio Lick (1881/1888) 272
Observatorio de Niza (1881) 278
Observatorio Pic du Midi (1882/1908) 284
Observatorio Mount Wilson (1904/1917) 290
Observatorio de Hamburgo-Bergedorf (1912) 297
Observatorio Sphinx (1937/1960) 302
Consecuencias del aumento de escala 307
Telescopio Hale (1948) 309
Telescopio C. Donald Shane (1959) 313
BTA-6 (1975) 317
Observatorio Calar Alto (1975) 322
Observatorio Sierra Nevada (1981) 326

Observatorio W.M. Keck (1993/1996) 328
Observatorios solares 331
Gran Telescopio Canarias (2007) 334
Una arquitectura sometida a la astronomía 337

Capítulo 7. Degradación del observatorio contemporáneo 347
Popularización 347
Supertecnificación 350
Astroturismo como oportunidad 352
Una arquitectura olvidada por la astronomía 354

Capítulo 8. Ruptura con la tradición 357
Einsteinturm (1924) 357
Otros casos 363
Una arquitectura para cada observatorio 371

Capítulo 9. Análisis evolutivo 373
Desarrollo histórico-arquitectónico 373
Retrospectiva cronológica 387
Del observatorio profesional al doméstico 393
Tipología del observatorio astronómico 396
Planta 411
Sección 418
Materialización 426
Elementos característicos del observatorio astronómico 429
Variaciones en el programa de usos 434
Pérdida de espacio del usuario 438
De la integración urbana a la ocupación de entornos no antropizados 442
Una arquitectura incierta 447

Conclusiones 449

Bibliografía 459
Apéndices 473

Introducción

Los observatorios astronómicos son el camino que la humanidad produce para dar respuestas a los interrogantes que le surgen respecto al Universo. La curiosidad, el afán por comprender lo desconocido congénito al ser humano, se remonta hasta los primeros pueblos cuando miraban al cielo y se preguntaba qué era el Sol, la Luna o las estrellas; o cómo y por qué se desplazaban por el cielo. Esa búsqueda de explicaciones es lo que produce el nacimiento de la astronomía, de la ciencia. En este sentido, el primer ejercicio de investigación es la mera observación, la mirada atenta para obtener cierta información (tendencias, redundancias…) de la que extraer conclusiones, sobre la que realizar deducciones y comprobar mediante la experiencia. *Ergo* resulta axiomático que la observación precede al observatorio.

La definición que el *Diccionario de la Lengua Española*, de la Real Academia Española, otorga a *observatorio* consta de dos acepciones complementarias: "lugar o posición que sirve para hacer observaciones" y "conjunto del personal que, en instalaciones adecuadas y con los instrumentos apropiados, se dedica a observaciones, principalmente astronómicas o meteorológicas". En definitiva, los observatorios astronómicos son los edificios en los que se desarrolla la astronomía, siendo ésta una ciencia que requiere de unas determinadas condiciones para que los precisos y susceptibles instrumentos en los que basa sus observaciones y análisis produzcan resultados de calidad, imprescindibles para el avance de la investigación.

Sin embargo, en la actualidad, las herramientas de las que se vale la astronomía para su investigación, habitualmente telescopios reflectores, han crecido tanto en su incesante búsqueda de una mejor capacidad óptica que han alcanzado una escala de proporciones arquitectónicas. Su tamaño puede llegar y sobrepasar con creces la altura de un edificio medio, lo que inevitablemente condiciona la construcción que lo acoge. Como ejemplo, se espera que el inminente Giant Magellan Telescope supere los sesenta y cinco metros de alto, de los cuales casi cincuenta los ocupará el reflector. Nótese que incluso se utiliza el término *telescopio* para denominar al conjunto total del edificio en que se monta.

Por otro lado, las mismas necesidades de los instrumentos astronómicos, en ocasiones, entran en conflicto con el resto de actividades que tienen lugar en el

observatorio, ya que los grandes reflectores son tan sensibles que las más remotas vibraciones, mínimas emisiones de calor o pequeñas turbulencias de aire pueden llegar a distorsionar o perjudicar los resultados de la observación.

En este sentido, tanto el constante crecimiento de los instrumentos de observación como las incompatibilidades de los diferentes usos que participan de estos centros astronómicos constituyen los principales retos a resolver durante el diseño de los observatorios actuales. Si bien el tamaño de los telescopios suele ser un problema más habitual en instituciones profesionales, la coexistencia funcional atañe en mayor medida a otros complejos, divulgativos o de carácter docente, por su mayor heterogeneidad en el programa de usos.

En las últimas décadas, acorde a la trascendencia del instrumento en cuanto a su producción científica, tiende a destinarse la mayor parte del presupuesto a la financiación de los reflectores, quedando la construcción en la que éste se instala en un segundo plano. Esto es un hecho incongruente, dado que una mala resolución del edificio puede limitar o mermar significativamente la capacidad del instrumento, con el consecuentemente grave desaprovechamiento de recursos. Por otro lado, el observatorio, además de albergar un telescopio, debe contener los espacios destinados a los laboratorios, salas de trabajo y demás dependencias en los que los astrónomos y tecnólogos llevan a cabo su investigación.

Tal vez por su escasa frecuencia o quizá por su excesivo condicionamiento en base a los instrumentos astronómicos, los observatorios han carecido de un excesivo reconocimiento por parte de la Arquitectura, como sí lo han tenido los edificios palaciegos, los religiosos o los, más habituales, residenciales. Esta falta de atención se ha incrementado significativamente durante el último siglo. Los grandes observatorios han devenido en cobertizos tecnológicos que alojan grandes telescopios en los que los espacios destinados al trabajo de los astrónomos y al resto de funciones ocupan un lugar casi residual. Esta tendencia todavía es más pronunciada en algunos observatorios pequeños y medianos.

Poner el foco sobre el desarrollo del observatorio histórico que terminó desembocando en los centros tecnológicos que dan cabida a la astronomía en el presente puede permitir una mayor comprensión del funcionamiento intrínseco o la estructura interna de los observatorios astronómicos, de forma que sea posible establecer los

aspectos fundamentales de su naturaleza para revisar la futura producción de estos complejos edificios dedicados a la astronomía.

Esta tesis profundizará cientos de años en los orígenes del observatorio para llevar a cabo una lectura secuencial de los procesos y cambios vinculados a su evolución arquitectónica desde una intuitiva formación prehistórica hasta uno de los complejos científico-tecnológicos más avanzados y especializados de esta era. Con ello, se pretende llenar un vacío teórico y, simultáneamente, generar un sustento crítico a partir del que desarrollar un conocimiento de base que sirva para afrontar el diseño de futuros proyectos de observatorios astronómicos.

Estado de la cuestión

La aproximación más frecuente de trabajos científicos sobre los observatorios astronómicos o sus antecesores tiene un enfoque principalmente histórico, que comúnmente se ajusta al contexto social y cultural en el que el centro aparece. Esto no quiere decir que, necesariamente, no haya descripciones, fotografías, ilustraciones u otros testimonios que profundicen, en mayor o menor medida, en la definición espacial y material de estas construcciones. No obstante, el material bibliográfico más habitual atiende especialmente a los impulsores políticos, benefactores económicos y diversos científicos que hicieron posible el erguimiento de una determinada institución astronómica, y, si acaso, abarca la actividad investigadora allí llevada a cabo o su desarrollo a lo largo del tiempo.

Existe cierta documentación que hace referencia a estudios arqueoastronómicos, estructuras prehistóricas y otras construcciones relacionadas con los fenómenos celestes o la astronomía. Entre estos registros se pueden destacar las actas de Convenciones de la UNESCO sobre astronomía y arqueoastronomía, o los trabajos de A. Aveni y R. Hannah al respecto.

Son más habituales las investigaciones publicadas en relación a un determinado periodo histórico o acotadas a un entorno geográfico, así como los que desarrollan su indagación de manera genérica. En el primer grupo, se sitúan los trabajos sobre el observatorio islámico-medieval de A. Sayili o la obra sobre observatorios británicos de R. Morton-Gledhill. Por otro lado, en el segundo grupo se encontrarían el compendio de observatorios de ICOMOS-IAU o los libros de J. B. Delambre, de M. C. Donnelly o de P. Müller.

Sin embargo, lo más habitual son los estudios individualizados que se centran en un determinado observatorio astronómico. Algunos de los más interesantes son los documentos desarrollados por alguno de los propios responsables de la fundación de dichos complejos científicos, como la publicación de H. Ussher sobre el Observatorio de Dunsink o la de C. Garnier en relación al Observatorio de Niza. Luego existen otros producidos por autores contemporáneos al edificio aunque ajenos al proyecto, como los artículos de E. B. Frost respecto del Observatorio Yerkes o el de F. Leonard acerca del

Observatorio Griffith. Por último, los más usuales son los que analizan un determinado centro astronómico con la perspectiva que da el paso del tiempo.

De la exigua documentación relativa a trabajos teóricos que vinculan astronomía y la arquitectura a través del observatorio, destacan las propuestas de Tycho Brahe, en su obra *Astronomiae Instauratae Mechanica*, y de Juan Caramuel, en su libro *Architectura civil recta y obliqua*.

La relación entre arquitectura y astronomía es un campo apenas explorado por lo que la bibliografía existente al respecto es escasa. En este sentido, los principales documentos de consulta han sido los trabajos de T. Markkanen, que analiza la incidencia de los cambios de instrumentos astronómicos sobre el diseño de los observatorios; de A. M. Kwan, que se centra en la correspondencia de los instrumentos con el espacio en el que se ubican entre los siglos XVI y XVIII; y de A. A. Waumans, que estudia los observatorios astronómicos partiendo de su tipología arquitectónica.

La presente tesis pretende construir conocimiento a partir de los trabajos existentes anteriormente referidos, para desarrollar una visión panorámica que recoja toda la evolución histórica del observatorio astronómico en relación a su plasmación como obra arquitectónica.

Motivación y objetivos

El trabajo aquí desarrollado aspira a poner en valor la arquitectura de los observatorios astronómicos, que en las últimas décadas ha quedado relegada a un segundo plano en detrimento de soluciones casi estrictamente técnicas para la instalación y el resguardo de los telescopios. Para ello, pretende estudiar los precedentes que terminaron por dar lugar a los observatorios y el desarrollo que los llevó desde sus inicios hasta su configuración actual a fin de generar un marco teórico que posibilite próximas investigaciones y facilite el desempeño proyectual de los responsables de los observatorios venideros.

Esta intención se materializará dando una respuesta desarrollada, en base a argumentos, a los siguientes objetivos fundamentales:

1. Identificar qué es un observatorio astronómico.
2. Sintetizar el origen y la evolución histórica del observatorio astronómico.
3. Establecer una clasificación del observatorio astronómico que facilite su comparación y contraste con otros casos semejantes.
4. Proponer unos criterios elementales a partir de las que iniciar un proceso de diseño arquitectónico y proyectual de un nuevo observatorio astronómico.

Metodología

La investigación parte de la lectura y el análisis de los principales trabajos de referencia existentes en relación a este campo de estudio, conforme a lo expuesto en el *Estado de la cuestión*, para adquirir una base de conocimientos sobre los que estructurar el desarrollo de la tesis.

Por su eminente vocación histórica, esta tesis requiere de un profundo trabajo de investigación y documentación mediante la que conseguir información relativa a los diferentes observatorios considerados para el estudio, respecto a los contextos en los que surgen y en relación a los diferentes agentes que participan en su constitución. Además, se pretende conseguir la descripción o crónica relativa a sus condiciones constructivas y a su proceso de ejecución. Todo ello, buscando además, cuando sea posible, diversas fuentes que permitan cotejar y alcanzar conclusiones, ya que no siempre los textos son coincidentes. El interés por los testimonios coetáneos o, directamente, por los de los participantes en los diferentes procesos que dan como resultado los distintos observatorios, responde a la manifestación de percepciones subjetivas por parte de ellos. Como contraposición, la preferencia por los trabajos de investigación posteriores a los diversos centros pretende una lectura más aséptica y objetiva de la realidad. En todo caso, todas las versiones consultadas se contrastarán junto con otras documentaciones no textuales.

Además de fuentes escritas, el trabajo tendrá en consideración toda clase de fuentes gráficas (pinturas, fotografías, diagramas, dibujos…) que, potencialmente, puedan constituir un antecedente de cierto rigor con el que enfrentar las afirmaciones de los textos o llenar posibles vacíos de información.

No obstante, más allá de los artículos o libros escritos y de las imágenes o ilustraciones, el principal material a considerar para el análisis arquitectónico serán los planos (plantas, secciones, alzados, perspectivas o volumetrías) de los distintos observatorios. Siendo especialmente útiles cuando se pueda acceder a los correspondientes de los proyectos originales o, incluso, a varias versiones del mismo proyecto. En los casos de estudio en los que no sea posible conseguir la documentación original, se recurrirá a fuentes secundarias.

Más allá de toda la documentación a usar en la investigación, se intentarán visitar algunos de los observatorios del estudio para analizar *in situ* las características identificadas en los planos, y para comprobar su traslación desde el papel a la construcción terminada.

Estructura interna

La presente tesis se ha organizado en nueve capítulos, de los cuales, los seis primeros se centran en el desarrollo arquitectónico del observatorio a lo largo de la historia. Los tres últimos, por otro lado, presentan una visión crítica y analítica sobre la estructura arquitectónica del observatorio astronómico. Asimismo, cada capítulo se ha dividido en apartados que acotan el tema que tratan para un seguimiento más lógico y ordenado.

El primer capítulo, llamado *Orígenes: de la mira al cielo a los proto-observatorios*, trata de aproximar al lector a las raíces de la astronomía mediante una brevísima pincelada que le facilite un acercamiento al contexto en el que surgen las estructuras y construcciones que preceden a los primeros observatorios.

El segundo capítulo, cuyo nombre es *El observatorio islámico-medieval*, se centra en el periodo temporal en el que aparecen los primeros edificios que pueden ser identificados como observatorios astronómicos.

El tercer capítulo, denominado *Génesis del observatorio moderno*, plantea la aparición de los primeros observatorios europeos, durante el siglo XVI, como resultado de la recuperación de la astronomía en occidente y cómo esta ciencia dará lugar a diversas corrientes que empezarán a producir cambios en el diseño de dichos observatorios.

El cuarto capítulo se titula *Evolución del observatorio moderno* y retoma la institución en su desarrollo hasta consolidar los rasgos que definirán la arquitectura del observatorio de este periodo.

El quinto capítulo, designado *Difusión del observatorio moderno*, recoge numerosos casos de estudio, desde finales del siglo XVIII hasta principios del XX, para plasmar las diferentes líneas de evolución del observatorio y su aparición en los diversos puntos del planeta.

El sexto capítulo es nombrado como *Desarrollo del el observatorio contemporáneo* y despliega una muestra de centros astronómicos, entre finales del siglo XIX y el

presente, que son representativos del proceso en el que se pierden los rasgos propios del observatorio moderno para consolidar aquellos que son característicos de la institución contemporánea.

El séptimo capítulo, que se llama *Degradación del observatorio contemporáneo*, señala algunos de los cambios coyunturales que quebrantan los principales valores arquitectónicos del observatorio contemporáneo.

El octavo capítulo, *Ruptura con la tradición*, presenta algunos casos singulares en los que el diseño del observatorio se escapa de los rasgos propios de los centros correspondientes a los periodos anteriormente expuestos.

El noveno capítulo, cuyo título es *Análisis evolutivo*, desarrolla una serie pormenorizada de líneas de estudio en relación a diversos aspectos característicos del observatorio astronómico como objeto arquitectónico.

Por último, tras los nueve capítulos, las *Conclusiones*, donde se exponen de manera sintética los distintos aportes producidos y deducidos a lo largo de esta tesis.

Capítulo 1. Orígenes: de la mirada al cielo a los proto-observatorios

La mirada al cielo

Como es sabido, la astronomía es una de las disciplinas científicas más antiguas de la humanidad. Desde que el primer hombre elevó la cabeza hacia el cielo y contempló los astros con sus propios ojos, se estableció una relación de fascinación y devoción que se vería reflejada de una u otra forma en diferentes culturas que surgirían a lo largo y ancho del planeta.

Pese a la carencia de herramientas de precisión o de un entendimiento básico de las leyes físicas que rigen el funcionamiento del universo, ya las primeras civilizaciones contaban con ciertas nociones de los principales hechos astronómicos. Todo ello basado, siempre, en la mera observación **[**NOTA: Rappenglück (2010): "Early Prehistory", p.13].

Los primeros pueblos que estudiaron el cielo fueron los mesopotámicos, los egipcios y los chinos, que catalogaron estrellas, las clasificaron en constelaciones e incluso percibieron la predictibilidad de los eclipses solares. En todo caso, no es posible determinar la fecha en la que comienza la astronomía, aunque probablemente sus raíces se extienden hasta los orígenes de la humanidad. Lo que sí parece claro es que más allá de un sentido espiritual o pseudoreligioso, los inicios de esta ciencia apuntan hacia una instrumentalización del firmamento como sistema de medida de periodos de tiempo y como medio de orientación **[**NOTA: Rappenglück (2010): "Early Prehistory", p.13].

Aun así, la astronomía como estudio del cielo se justifica desde dos vertientes que, siendo ahora absolutamente independientes, presentaban entonces, en determinadas zonas, una fuerte asociación: la religión y la agricultura.

En la antigua Mesopotamia, entre los ríos Tigris y Éufrates, el cultivo de la tierra tenía un sentido religioso, puesto que ésta pertenecía a los dioses, quedando en custodia de sus sacerdotes su buen aprovechamiento. Los mesopotámicos percibieron la periodicidad de los fenómenos astronómicos, trabajando en su predicción. Dado que las épocas de siembra y cosecha debían producirse en una temporada concreta, los sacerdotes eran responsables de fijar estos plazos para lo que se elaborarían calendarios

basados en el ciclo lunar de veintinueve días y medio. Se han encontrado diferentes calendarios correspondientes a sus respectivos periodos y originarios de las diversas ciudades que componían la civilización (Babilonia, Nippur, Ur…).

Además, gracias al desarrollo de la escritura cuneiforme, existe un legado cultural recogido en tablillas de arcilla, resultando de especial interés para este estudio el *Enuma Anu Enlil* (siendo Anu el dios del cielo y Enlil el de la agricultura). En estas tablillas se recopilan observaciones sobre la Luna, el Sol, sus eclipses, y otros planetas y estrellas. Dicho esto, el primer eclipse solar registrado es de los babilonios en el año 763 a.C.

Por su parte, pese a que el desarrollo de la astronomía no es tan representativo en la cultura egipcia, ésta es la responsable del primer calendario solar compuesto por 365 días. Periodo determinado por la aparición de la estrella Sirio al este en el horizonte antes de la salida del Sol, marcando así el inicio del año, que precedía la crecida del Nilo en torno al que giraba la vida y la economía en Egipto.

La civilización griega aporta múltiples estudiosos del cielo, como Anaximandro, Anaxágoras, Filolao, Eudoxio, Hiparco, Ptolomeo, Metón o Hipatia. La singularidad de la visión que este pueblo tenía de la astronomía radica en que, en lugar de limitarse a observar y recopilar información, comienzan a teorizar a partir de estas observaciones dando lugar a teorías, basadas en el pensamiento racional, que pudiesen explicar el funcionamiento del universo, como el geocentrismo, o la causa de los eclipses.

Se puede decir que con los griegos, la astronomía llega a convertirse en una ciencia que se desarrolló a lo largo de 800 años. De la herencia astronómica griega destaca el *Almagesto* (s. II) de Ptolomeo, que es considerado el libro de ciencia más importante del periodo clásico. Documento que se basaba en el anterior trabajo de Hiparco, donde se recoge el sistema geocéntrico, los estudios del Sol y de la Luna, los eclipses, o un catálogo de estrellas. Se conservó gracias a su recogida por parte de los estudiosos islámicos y no se traduciría del árabe al latín hasta el siglo XII, extendiendo su influencia hasta el XVI.

Aunque las raíces de la astronomía india ascienden al siglo XX a.C. las referencias que nos llegan a través de los *Vedas* denotan un carácter eminentemente astrológico, por

lo que su progreso científico no llegará hasta entrar en contacto con las culturas occidentales a partir del siglo VI d.C. Pese a que en el siglo XVIII llegarán a construir observatorios de gran interés con instrumental de gran escala e importante precisión, no aportarán avances significativos a esta ciencia.

Para el pueblo islámico la astronomía tiene un importante valor, puesto que el *Corán* hace numerosas alusiones al Sol, la Luna o las estrellas, influenciando esto en su vida cotidiana a través de costumbres religiosas como las horas del rezo, la orientación del mismo o el inicio del ramadán.

Será esta cultura la que retome la sistematización de las observaciones que habían desarrollado los griegos, llegando a producir catálogos de estrellas de mayor extensión y precisión. E incluso serán los primeros en concebir el observatorio astronómico como una institución colectiva.

Aunque sus observaciones eran metódicas y certeras, la astronomía islámica tenía un carácter meramente empírico hasta que absorbe y asimila los conocimientos mesopotámicos, griegos e indios de esta ciencia, marcados por el uso de las matemáticas y la geometría. Esta contaminación resultará esencial dado que será la cultura árabe la que aglutine y conserve estos conocimientos durante los años de oscurantismo medieval en Europa.

El minucioso estudio del cielo y la recopilación de datos por parte de la cultura china hizo posible que identificasen un importante catálogo de estrellas, y constelaciones, adquiriendo un conocimiento suficiente del movimiento de la Luna y el Sol como para predecir sus eclipses, o como para intuir la reflexión de luz solar en el satélite. También consiguieron diferenciar entre planetas y estrellas, e idearon diferentes instrumentos astronómicos como la esfera armilar o el globo celeste.

De cualquier modo, pese a su importante desarrollo y a recibir el influjo de la astronomía india o la islámica, tal vez por su hermetismo o por dificultades en la comunicación, las aportaciones de los pueblos del extremo oriente a esta ciencia son escasas.

Sin ninguna interferencia de otra civilización, algunas culturas nativas de América también observaron y estudiaron el cielo, en especial el pueblo Maya. Tanto el tiempo como los astros formaban parte de sus creencias religiosas, por lo que les concedían un gran interés. De ahí que conociesen la periodicidad de los eclipses o los ciclos sinódicos de la Luna, Venus, Marte o Mercurio. Incluso contaban con un calendario más preciso que el del Viejo Continente cuando llegaron los conquistadores europeos.

En definitiva, queda constancia de que la atracción por los astros y el estudio del cielo no es un hecho aislado o puntual sino que se trata de un rasgo común y unificador entre muy diversos pueblos y civilizaciones repartidos por todo el mundo. Incluso entre aquellos que permanecieron ajenos a cualquier posible contaminación ideológica.

Proto-observatorios

Más allá de las numerosas representaciones artísticas del Sol, la Luna y las estrellas que se han podido encontrar, unas veces más realistas y otras más alegóricas o figuradas, o de los testimonios escritos que han perdurado en el tiempo, queda constancia de esta predilección astronómica a través de la incidencia de algunos fenómenos celestes en la disposición de determinadas construcciones o conjuntos arqueológicos.



Figura 1.1 – Disco de Nebra.

En todo caso, aunque ciertos vestigios de antiguas civilizaciones evidencien un impacto concreto de la astronomía en su cultura a través de su arquitectura o urbanismo,

serán los proto-observatorios, entendidos como lugares concebidos *ex profeso* para ser destinados, de algún modo, al estudio de los cielos, los que se destaquen como puntos de interés para conocer el modo en que dichos pueblos se acercaban al estudio de esta ciencia.

Estos espacios serán donde los observatorios astronómicos contemporáneos tengan sus antecedentes y raíces más profundas.

La primera experiencia científica con dejes de astronomía se remonta hasta la prehistoria, periodo durante el que nuestros antepasados recurrirían al estudio del Sol, la Luna o las estrellas para el cálculo de periodos de tiempo mediante métodos como la identificación de puntos de referencia o la creación de hitos como elementos de acotación **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.345**]**.

Como es de esperar, no hay constancia fidedigna de demasiadas referencias geográficas que sirviesen a este propósito. Sin embargo, sí que se han encontrado vestigios de elementos de orientación u observación solar, generalmente relacionados con la salida y puesta de sol durante los solsticios de invierno y verano por su mayor facilidad de identificación con precisión.

Las funciones astronómicas de estas estructuras eran bastante limitadas. Incluso, es posible que la actividad científica pueda acotarse a la determinación de las posiciones y orientación de los elementos del conjunto. Se requiere de un estudio del cielo con observaciones sistemáticas intencionadas y comparadas en relación a estos puntos de referencia que permitan establecer un patrón a partir del cual erguir estas construcciones. Una vez 'calibrado' el dispositivo, el hecho de usarlo no es más científico que el mirar las agujas de un reloj **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.347-349**]**.

Aunque son indudables los principios astronómicos que subyacen en la constitución de estos conjuntos, no hay evidencias que permitan sostener que en estos lugares se desarrollase investigación o trabajo científico alguno.



Figura 1.2 – Círculo de Goseck. Vista aérea.

El conjunto más antiguo del que se tiene constancia hasta el momento es el Círculo de Goseck. Consiste en una estructura neolítica situada en Alemania que data de hace unos 7000 años **[**NOTA: Scherrer (2018): *Ancient Observatories - Timeless Knowledge*, p.6**]**. Es un proto-observatorio solar de planta anular, con un radio interior de 48 metros y uno exterior de 82. Está compuesto por cuatro anillos concéntricos, siendo desde fuera hacia dentro, el primero un montículo, el segundo un foso y por último dos empalizadas. Estas coronas presentan tres discontinuidades alineadas de forma radial y enfocadas respectivamente hacia el norte, el sureste y el suroeste. Estos huecos se orientan hacia la salida y puesta de Sol en el solsticio de invierno.

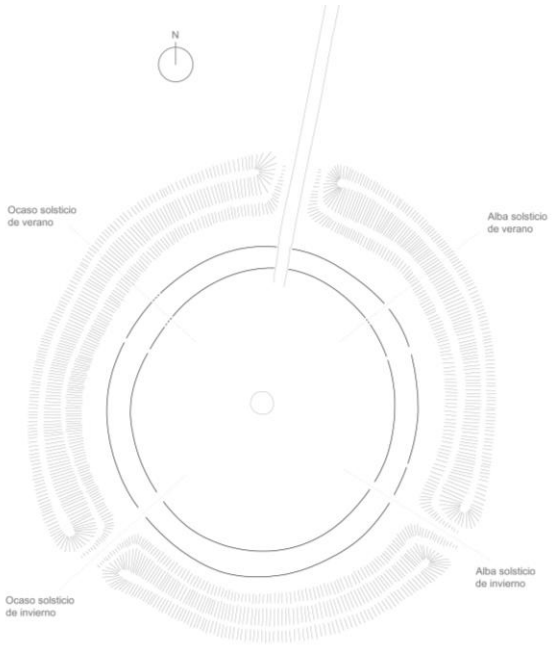


Figura 1.3 – Círculo de Goseck. Planta.

De un periodo cronológico similar es el conjunto megalítico de Nabta Playa, en Egipto, al sur del Cairo **[**NOTA: Scherrer, (2018): *Ancient Observatories - Timeless Knowledge*, p.8**]**. Presenta una composición circular de casi una treintena de piedras perimetrales marcando puertas con pares de mayor tamaño y conteniendo algunas agrupaciones interiores.

Pese a que este lugar pudiese acoger algunos usos religiosos asociados a las culturas nómadas de ese contexto, se le reconoce un carácter arqueo-astronómico. A través del estudio del firmamento, el círculo adquiriría funciones de calendario marcando dos de sus puertas: una alineación con el solsticio de verano y de punto de orientación en el desierto señalando las otras dos la dirección norte-sur.

Algo posterior, alrededor del 3000 a.C. puede situarse Carahunge (también conocido como Zorats Karer) . Localizado en Armenia se encuentra esta composición de más de cien piedras dispuestas como menhires de entre uno y tres metros de altura con planta en forma de anillo ovalado **[**NOTA: Simonia; Jijelava (2015): "Astronmy in the Ancient Caucasus", pp.1148-1149**]**.

La principal singularidad de esta formación es que parte de las rocas que lo componen presentan una perforación de entre 5 y 20 cm de diámetro que las atraviesa y que, según se ha establecido, apuntan hacia eventos significativos como hacia el Sol al amanecer y atardecer en el solsticio de invierno.



Figura 1.4 – Templo de Mnajdra. Vista aérea.

Entre el 3600 y el 2500 a.C. es erigido el templo megalítico de Mnajdra, localizado en la costa sur de Malta **[**NOTA: Scherrer (2018): *Ancient Observatories - Timeless Knowledge*, p.10**]**. Los vestigios que han perdurado hasta nuestros días consisten en tres

templos construidos en roca caliza, que pese a no estar conectados se agrupan en torno a una plaza entre los restos de un complejo mayor aunque escasamente conservado.

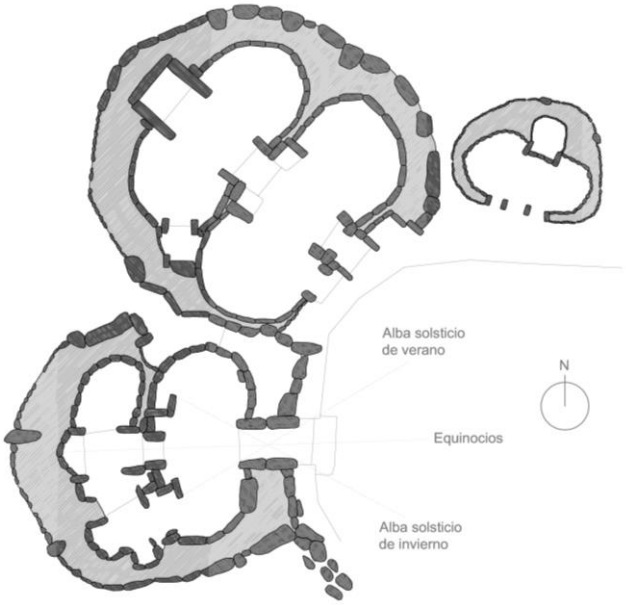


Figura 1.5 – Templo de Mnajdra. Planta.

Más allá del hallazgo de indicios que apuntan hacia un carácter religioso de las construcciones, hay argumentos que sustentan el consenso que identifica el templo más meridional como un proto-observatorio dedicado al estudio del cielo y al tiempo. En concreto, su orientación y configuración provocan que el amanecer de los solsticios de verano e invierno atraviese la puerta principal e ilumine los megalitos situados respectivamente a izquierda y derecha de la puerta. Asimismo, en los equinoccios de primavera y otoño, durante el alba, el Sol entra por la misma puerta cruzando la nave principal ortogonalmente hasta el altar.



Figura 1.6 – Stonehenge.

El afamado Stonehenge se encuentra en Inglaterra, al oeste de Londres, y su construcción se extiende desde el 3100 hasta el 1600 a.C **[**NOTA: Chadburn (2010): "Stonehenge World Heritage Site, United Kingdom", p. 36**]**. Aunque todavía queda en pie una importante estructura megalítica, una parte considerable de la composición inicial se ha perdido. Sin embargo, los restos son suficientes para que los estudios hayan podido definir cómo era su configuración original.

Presenta una planta circular de unos 30 metros de diámetro conformada por construcciones concéntricas. El perímetro exterior lo delimitaban una serie de bloques verticales que sostenían dinteles formando un anillo cerrado. Concéntricamente existía una circunferencia de monolitos de menor tamaño que rodeaban cinco pares de grandes bloques pétreos adintelados formando puertas. El interior quedaba ocupado por un conjunto de menhires.

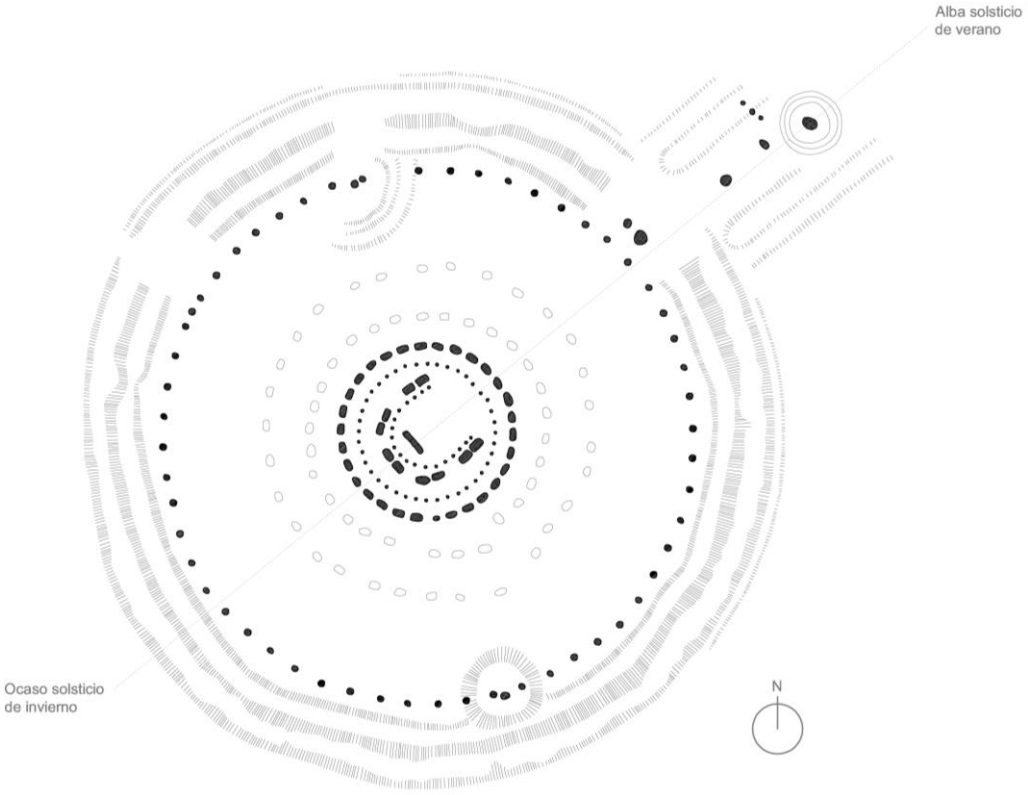


Figura 1.7 – Stonehenge. Planta.

Las alineaciones que se producen en Stonehenge a través de sus puertas durante la salida y puesta del Sol durante los solsticios de verano e invierno resultan, obviamente, intencionadas. Esto evidencia cierto grado de conocimientos astronómicos por parte de

sus constructores y denota su función como punto de observación y calendario más allá de otros usos rituales o religiosos asociados a estos hechos.

Los casos anteriormente expuestos aluden a civilizaciones primitivas con un bajo grado de tecnificación e incluso, frecuentemente, con hábitos nómadas. Estas circunstancias propician una relativamente sencilla identificación de sus construcciones. Además, la escala y materialidad de estas estructuras, favorece la perdurabilidad de las mismas hasta el presente, permitiendo su estudio esclarecer sus funciones e identificarlas, si es el caso, como proto-observatorios.

No obstante, la evolución hacia culturas más complejas dificulta esta tarea. Esto es así dado que las civilizaciones más avanzadas tienden a crear asentamientos con múltiples edificaciones en los que, resulta innecesario alcanzar el grado de especialización preciso para la función de observación como tal. Dado que no se había desarrollado un instrumental científico que requiriese unas condiciones exigentes, este reconocimiento del cielo podía llevarse a cabo a simple vista en casi cualquier construcción o en las inmediaciones de éstas a cielo abierto.

Incluso los grandes obeliscos o postes verticales fijados perpendicularmente al suelo fueron utilizados como gnomons, para determinar las partes del día o las estaciones del año en Egipto, Mesopotamia, China, Grecia o Roma. Los últimos hasta llegaron a situar una esfera sobre estos para mejorar su precisión.

En el caso de la astronomía mesopotámica, aun teniendo certeza de su importante desarrollo y pese al importante legado escrito que ha perdurado hasta la actualidad, hay poco conocimiento sobre los instrumentos que usaban para el estudio del cielo, quedando tan sólo unos pocos ejemplares en museos.

Resulta imposible esclarecer, hasta hoy, dónde se localizaban los puntos de observación de esta civilización, si bien es probable que estos se encontrasen incorporados como espacios adecuados para dicho objetivo en otros edificios. Incluso que determinadas estancias o zonas, como las terrazas de los zigurats, se utilizasen de forma puntual para esta finalidad.



Figura 1.8 – Zigurat.

Precisamente, según recogen algunos escritores de la antigüedad como Herodoto, Plinio o Diodoro, la Torre de Babel fue usada para la observación astronómica de levantamientos y entornos de estrellas. En este sentido, ciertos autores catalogan como observatorios las pirámides escalonadas de los babilonios **[**NOTA: Delambre (1817): *Histoire de l'Astronomie Ancienne* , pp.VII,4-9**].**

Algo similar sucede en lo referente a otras grandes culturas como la griega y la romana. Especialmente significativo es el caso de la primera. Con importante tradición en la astronomía y con un papel crucial en la historia de esta ciencia, no queda testimonio alguno de observatorios edificados como tales.



Figura 1.9 – Pnyx.

No obstante, sí que hay vestigios de algunos lugares destinados al estudio del cielo, como el Pnyx en Atenas, que data del siglo VI a.C. y se tiene constancia de su uso astronómico desde, al menos, el siglo V a.C. Aunque este lugar no estaba destinado únicamente a esta función, sino que se destinaba a la asamblea política, sus adecuadas

características propiciaron el nuevo uso. Conformado por una plataforma llana semicircular en una posición elevada y con una amplia visión del cielo, acabó acogiendo instrumental de estudio astronómico (el heliotropión de Metón) y asumió este uso.

Por otro lado, se señalan otros puestos de observación de Eudoxos en Cnidos y Heliópolis que destacarían por el considerable tamaño y la fijeza de sus instrumentos. También hay alusiones a un centro astronómico de Hiparco en Rodas. Además, aunque varios autores apuntan a la existencia de un supuesto observatorio dirigido por Ptolomeo en el Museo Alejandrino, en la Sala Cuadrangular o la Palestra, y otros hablan de una escuela de astronomía, no se ha llegado a una resolución concluyente. En todo caso, parece razonable reconocer que, en el caso en que el observatorio como institución especializada existiese en la Antigüedad, Ptolomeo representaría su ejemplo más evolucionado **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.349-351**]**.

Sin ningún tipo de evidencia de las construcciones desde la que se realizaban estas observaciones, es evidente que el tamaño de los instrumentos de observación o su inmovilidad no es criterio suficiente para que desde una perspectiva arquitectónica puedan considerarse estos antecedentes como observatorios propiamente.

Merece una distinción especial el edificio de Atenas conocido como Torre de los Vientos. Datado en el siglo I a.C., se encuentra todavía en pie y en un buen estado de conservación al este del Ágora. Pese a que no es posible catalogarlo como un observatorio en ningún caso, su vocación estaba íntimamente relacionada con la concepción de la astronomía en este periodo: se usaba para estudiar el tiempo y el clima mediante relojes de sol en sus caras y una veleta para conocer la dirección del viento.



Figura 1.10 – Torre de los vientos de Atenas.

Esta construcción tenía una planta octogonal inscribible en una circunferencia de 8 metros de diámetro y unos 12 metros de altura, rematados por una cubierta piramidal achatada. En la parte superior de sus ocho caras hay relieves que representan los vientos y que dan nombre a la torre. En dos de sus caras se abrían dos huecos porticados para resolver el acceso a la misma.

Aunque no se trate de un observatorio propiamente dicho, este edificio se convertiría en un referente en el que claramente se inspirarían los arquitectos de muchos siglos más tarde para diseñar observatorios modernos o los grandes salones de estos.

Con todo, los instrumentos de observación graduados tienen su origen en el periodo helenístico, factor que, en la búsqueda de mayor precisión y por ende mayor tamaño, acabaría por favorecer el establecimiento permanente de los puntos de observación, dando pie al observatorio como tal **[**NOTA: Sayili (1980): "Observatories in Islam", p.21**]**.





Figura 1.11 – El interior del Panteón. Pintura de G. Panini. 1734.

Figura 1.12 – Incidencia del sol en la celosía a través del óculo del Panteón.

En cuanto a la influencia romana, aunque su relevancia es menor que la heredada de otras civilizaciones, pueden destacarse como puntos de investigación celeste el Campo de Marte de Roma, donde se situaba el reloj solar de Augusto, y el Panteón, construido durante el siglo II, en el que gracias a su óculo se realizaban estudios solares. Su diseño y orientación propician que durante el cénit del equinoccio un haz de luz atraviese el edificio desde el óculo hasta el pórtico, a través de una celosía sobre la puerta principal señalando dicho evento.

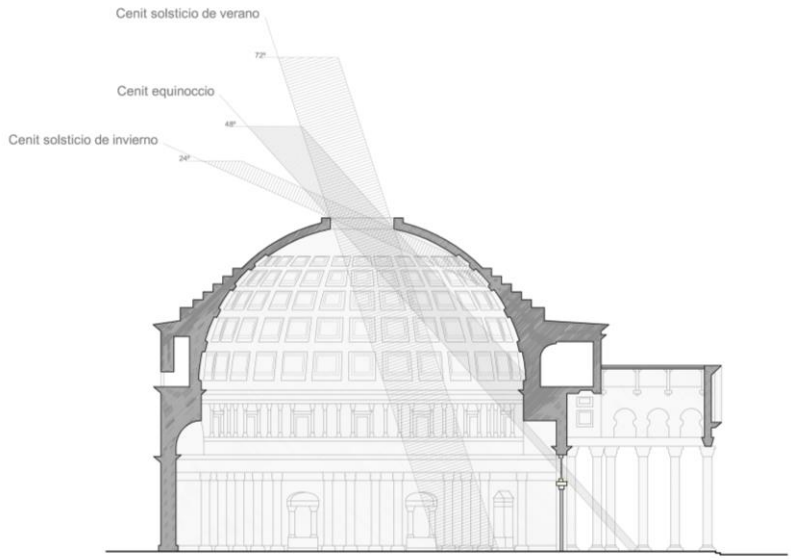


Figura 1.13 – Panteón. Sección.

Al otro extremo del mundo conocido por entonces, se encuentra Cheomseongdae en Corea del Sur. Se trata la construcción astronómica de mayor antigüedad del continente asiático. Consiste en una torre con forma de botella de unos diez metros de altura y unos seis metros de diámetro mayor, compuesta de mampostería de granito. Data del siglo VII y se mantiene en un gran estado de conservación **[**NOTA: Park (2010): "Cheomseongdae Observatory", pp. 96-98**]**.



Figura 1.14 – Cheomseongdae.

La principal función de esta construcción es elevar sobre la cota de suelo los instrumentos astronómicos y a su usuario, quien accede mediante una escalera de mano hasta una entrada situada a la mitad de su altura, a través de la que pasa al espacio interior: un cilindro hueco con una segunda escalera de mano para llegar a la abertura superior.

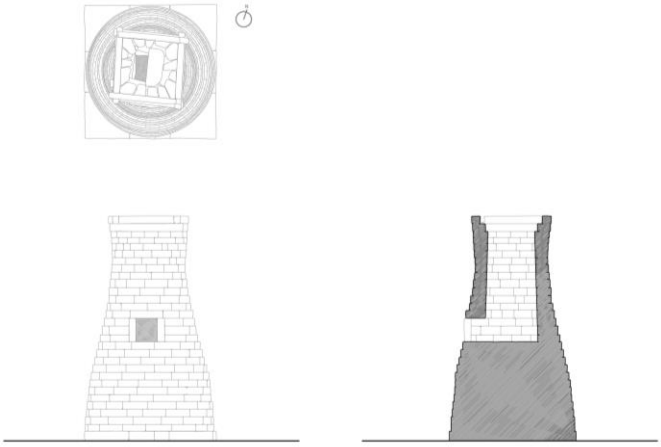


Figura 1.15 – Cheomseongdae. Planta, alzado y sección.

El principal aporte histórico de China a las construcciones astronómicas es el denominado Gran Observatorio de Dengfeng **[**NOTA: independientemente de cómo sea conocido, esta tesis no lo considera un observatorio, sino más bien un proto-observatorio**]**, levantado hacia el 1279. Se trata de una torre de unos 10 metros de alto, con muros inclinados de piedra y ladrillo, cuya cúspide se conocía como la "plataforma de observación de estrellas". Cuenta con dos habitaciones en la parte superior para el estudio del cielo desde un espacio resguardado y un gran gnomon que forma parte de la propia estructura **[**NOTA: Xu, Fengxian. "Dengfeng Observatory". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy*, ICOMOS-IAU, Paris. 2010. pp. 90-93**]**.



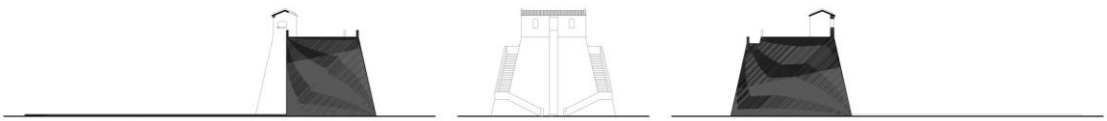


Figura 1.16 – Gran Observatorio de Dengfeng.

Figura 1.17 – Gran Observatorio de Dengfeng. Alzado y secciones.

Por su parte, aun sin recibir contaminaciones de civilizaciones foráneas, las diferentes culturas del continente americano también presentan construcciones vinculadas al estudio del cielo. De entre estos pueblos sobresale en, especial, el Maya por lo avanzado de su astronomía y por la complejidad de sus proto-observatorios.

De estas estructuras astronómicas pueden destacarse la Torre de Observación del Palacio de Palenque o el Caracol del Chichen Itza. La primera se eleva como una edificación de planta cuadrangular con tres niveles y 15 metros de altura. Ésta, originaria de entre los siglos VII y IX, se destinaba al estudio del cielo y se utilizó como reloj solar La segunda es una construcción de planta circular y 12’5 metros de alto con una escalera de caracol interior para acceder a la parte superior que le da nombre al complejo. Construida entre los siglos VIII y IX, se usaba para fijar puntos de observación astronómica y para seguir los movimientos del planeta Venus.

De algún modo, el aprendizaje sobre la astronomía y los proto-observatorios acumulados a lo largo de los años y los ejemplos anteriormente citados es recogido por sucesivas culturas que lo van asimilando e incorporando, dando lugar a una evolución desde rudimentarios puestos de observación hasta construcciones astronómicas con cierto grado de complejidad.

Capítulo 2. El observatorio islámico-medieval

Tras la división el Imperio Romano (año 395) y, en especial, tras la caída del Imperio Romano de Occidente (año 476), coincidiendo con el inicio de la Edad Media, comienza una época de oscuridad cultural en el mundo occidental a la que no escaparía la astronomía. Durante este periodo, la cultura islámica jugará un papel esencial en la historia de esta ciencia, ya que preservará el vasto conocimiento griego en astronomía, e incorporará sus propias averiguaciones. Todo esto sería recuperado para occidente por la Escuela de Traductores de Toledo, bajo el reinado de Alfonso X **[**NOTA: Gargatagli (1999):"La escuela de traductores de Toledo", p.9**]**, durante el siglo XIII. Esto será evidente en el observatorio, la propia institución islámica que tan sólo será posible como consecuencia lógica del desarrollo de la herencia griega en esta suerte de prosperidad científica.

En este caso, el observatorio forma parte de un conjunto de importantes instituciones asociadas al conocimiento y el aprendizaje que la tradición islámica medieval ha legado a la sociedad moderna. La universidad, la biblioteca pública y el hospital son otras entidades pertenecientes a este grupo cuyo papel en la transmisión de la cultura y del conocimiento científico resultó notable.

En lo referente a los observatorios, estos implicaban la investigación y el desarrollo de teorías científicas a través de la observación metódica y recurrente. Con esto, la astronomía islámica tomará consciencia de la escala temporal de los astros. Aunque algunos datos se consiguen con observaciones puntuales o de plazos relativamente cortos, la mayor parte de los estudios requieren de un largo periodo de observación. Esta manera de entender la astronomía supondrá un importante salto cualitativo que propiciará que sean los primeros en concebir estas construcciones como instituciones de colaboración.

El observatorio islámico constituye un espacio dedicado específicamente para el estudio colectivo y prolongado en el tiempo de los fenómenos celestes y el intercambio de conocimiento científico. Esto propiciará que el observatorio islámico sea el precursor del observatorio moderno.

Parece evidente que la evolución del observatorio está ligada al mundo islámico. Incluso se puede decir que la entidad, como tal, aparece por primera vez en dicha

civilización. Esto no es así por una cuestión aleatoria, sino que los rasgos de la cultura islámica como sociedad enlazan con el observatorio como institución científica. No obstante, aunque esta temporalidad se implementa en el observatorio islámico, su permanencia prolongada en el tiempo sería relativa, dado que, en general, contarían con una vida reducida. **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.4**]**.

Dos singularidades que a la postre resultarían determinantes para la relevancia del observatorio islámico como institución serán el tamaño de los instrumentos y el mecenazgo de la misma. El hecho de que los útiles de observación y estudio alcanzasen una dimensión tal que impidiese su portabilidad conllevó un asentamiento necesario. Por otro lado, el soporte económico real o estatal, auspicia una dotación de personal que trasciende al científico individual **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.353-354**]**.

Pese a que, con anterioridad se han presentado diversos lugares, estructuras o puestos de observación, e incluso se haya aludido a la posibilidad de antecedentes griegos (los programas de observación de Hiparco y Ptolomeo), no hay evidencias que permitan identificar como observatorio ninguna institución anterior a las islámicas.

Como recoge Sayili: "Parece ser que la creación del observatorio no fue el resultado de una evolución ininterrumpida comenzando con los griegos y continuando en el Islam. El Islam tenía, en apariencia, las características de un ambiente más adecuado para la aparición del observatorio como institución. El sentimiento de dependencia de la sociedad islámica sobre la astronomía y su tendencia a tener observaciones hechas en presencia de varios testigos confiables fueron, en gran medida, probablemente fundamentales en este aspecto. El prestigio de la astrología y la tradición de construir nuevas tablas astronómicas con bastante frecuencia también deben haber constituido importantes factores relevantes a este respecto" **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.355**]**.

Las primeras referencias a un observatorio islámico apuntan hacia el observatorio de Damasco durante el periodo omeya (661-750) [NOTA: Dreyer (1953): *A History of Astronomy, from Thales to Kepler*, pp.245-246]. Sin embargo, Sayili, una autoridad en la materia, descarta esta posibilidad cuestionando el grado de desarrollo científico islámico en dicho periodo. Además, atribuye dicho error a una confusión de traducción

o interpretación. La realidad sería que el califa abasí Al Mamûn fundo un observatorio en Damasco, capital omeya, en el siglo IX **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.50].

Aunque con anterioridad se estableciesen diversos puestos de observación, más o menos temporales, resulta complicado hablar de observatorios como institución antes de Al Mamûn **[**NOTA: Mujani et al. (2012): "Observatories in Islamic history", p.1370]. Sayili, se basa en una amplia bibliografía islámica para concluir que, pese a las referencias fragmentadas, imprecisas y carentes de detalles, la multitud de alusiones incita a aceptar que Al Mamûn inicia la tradición de fundar observatorios. Las numerosas observaciones recogidas por diferentes autores permiten reconocer centros establecidos en Shammasiya, Badgad y en el Monte Qasiyun, Damasco **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp. 51-57].

El hecho de que no haya descripciones o evidencias gráficas de los observatorios podría suponer la inexistencia de un espacio construido para albergar dicho uso. En todo caso, aunque dicha carencia pudiese resultar definitiva para su descalificación como observatorio moderno (como se verá en posteriores capítulos), no es necesariamente determinante para su predecesor: el observatorio islámico.

Por el contrario, los testimonios que recogen el personal asignado a dichos centros, la calidad de los instrumentos existentes en ellos y las observaciones allí desempeñadas, evidencian una diferencia sustancial con sus precursores. Existe por lo tanto un punto de inflexión a partir de Al Mamûn en lo que a los observatorios como institución especializada se refiere.

Aunque aquí se admite la relevancia de Al Mamûn en la evolución de los observatorios, se trata de una concesión más vinculada al carácter y sentido de la institución que a un argumento arquitectónico dado que estos observatorios, así como los que le seguirían, se establecerían mayoritariamente en localizaciones abiertas y no construidas.

Precisamente, el hecho de carecer de un legado material que permita catalogar estos observatorios más allá de los testimonios de diversos autores, hace extremadamente difícil discernir entre los observatorios de este periodo y los puestos de observación

puntuales establecidos para un estudio efímero. Sus principales diferencias radicaban en la cantidad de personal dedicado a ellos, la calidad de equipo de observación o la duración de la vida de estos centros.

Es decir, en este momento inicial los observatorios no eran una institución claramente definida y resulta verdaderamente complicado señalar qué puntos de observación trascendían la barrera entre el puesto de trabajo temporal más avanzado y el embrionario centro científico.

No obstante, se le debe asignar a Al Mamûn que estos centros astronómicos contasen con programas de trabajo, un equipo científico compuesto por diversos astrónomos y el mecenazgo de dichos centros; siendo estas reformas sustanciales novedosas para un puesto de observación, sin que haya nada semejante en periodo anterior alguno **[**NOTA: Sayili (1980): "Observatories in Islam", p.25**]**.

Entonces, es a partir de este punto en el que el observatorio islámico empieza a desarrollarse como una institución astronómica especializada vinculada a un equipo científico y una localización concreta. Comienza a estructurarse con una administración propia en torno a un programa de trabajo y sus instrumentos se van haciendo más precisos, más grandes y más pesados.

Todas estas circunstancias suponen un cambio en el paradigma del observatorio islámico que, en un proceso vacilante a lo largo varios siglos, trasciende desde un semiimprovisado puesto de observación hasta el centro científico de referencia de su tiempo.

Observatorio de Maragha (1259)

La construcción del observatorio de Maragha (también escrito Maraghe o Maragheh), al noroeste de Irán, se enmarca en el periodo que representa el culmen de la evolución del observatorio islámico, que recae en el siglo XIII. Esta época coincide con la fase de mayor relación con India y China, sin embargo, dado que no hay evidencias que lo sustenten, no es posible descartar ni sustentar que este progreso se deba a la influencia asiática. De igual modo, durante esta época el trasvase cultural entre Europa y el mundo islámico es reducido por lo que tampoco se puede sostener una ascendencia

directa e inmediata sobre el posterior observatorio moderno **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.189]. De cualquier forma, aunque no se pueda establecer ninguna relación de causalidad explícita, sí que es posible leer algunos trazos de los observatorios de este periodo en los postreros.

Aunque algunos importantes observatorios islámicos se construyesen con posterioridad al de Maragha (como el de Ulugh Beg en Samarcanda), no aportan ningún avance relevante con respecto a éste. Al contrario, los principales progresos y rasgos que presenta esta institución en el mundo islámico aparecen con dicha edificación.

El de Maragha es el observatorio más importante de este periodo, puesto que, introduce todos los rasgos de la institución islámica en una construcción que se convertirá en el paradigma a imitar en su época. Además, hay numerosas evidencias de la relevancia de dicha estructura de la que nos quedan tanto fehacientes testimonios escritos como restos materiales arqueológicos.

Esta construcción se inició en 1259 ubicándose en Maragha, una ciudad de la región de Azerbaijan, al norte de Irán, bajo el auspicio del astrónomo y matemático Nasir al Din al Tusi y con el patrocinio del mecenas Hulagu. Pese a que las obras se prolongaron durante más de cinco años, no fue necesario esperar a la conclusión de éstas para el inicio de la actividad astronómica **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.190,196].

Junto al observatorio se irguieron otros edificios complementarios como una mezquita, un edificio auxiliar rematado por una gran cúpula o una residencia. Todo ello construido en la planicie superior de una colina en las afueras de Maragha por Muayyad al Din al Urdi, como ingeniero experto en astronomía, y su arquitecto **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.193].

Las traducciones que aporta Sayili a partir de las fuentes originales se refieren al observatorio como "maravilla", "regalo para los ojos", "torre alta" u "observatorio enorme". También se habla de la biblioteca del observatorio situada "en el edificio principal" con "más de 400.000 volúmenes" **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.194].

Además se alude a una cúpula que remata el observatorio con una apertura en la parte superior que, según algunas versiones representa uno de los principales atractivos de la institución **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.194].



Figura 2.1 – Observatorio de Maragha. Ruinas circa 1970.

Aunque tan sólo prevalezcan las ruinas de la construcción, éstas junto con los testimonios existentes y los subsiguientes observatorios que beben de éste, permiten desarrollar una descripción del edificio que, si bien puede no ser absolutamente certera, se aproxime bastante a la realidad.

El edificio principal se configuraría como una torre de planta circular con un diámetro de veintidós metros de cuya cubierta sobresaldrían un muro perimetral a modo de peto y un cilindro de menor tamaño rematado con una cúpula. Alcanzaría una altura de unos veinticinco metros, divididas en cuatro plantas más la coronación. Su definición constructiva se habría llevado a cabo con ladrillo cocido formando paramentos de acabado visto en todo el cerramiento, en el que como elementos decorativos característicos aparecerían arcos, arabescos, lacerías o mosaicos.

En cuanto al interior, el espacio central queda alineado de norte a sur con el gran cuadrante para las observaciones de tránsito meridiano que ocupa el centro del volumen principal. Este instrumento estaba formado por un gran arco de círculo de noventa grados de unos cuarenta metros de diámetro hecho también de ladrillo en el que la colocación de las piezas producía un surco para las mediciones. Flanqueando el instrumento debían aparecer dos escaleras siguiendo su curvatura para facilitar la toma de datos. A los lados de este espacio surgen perpendicularmente en planta baja

habitaciones de menor tamaño destinadas a albergar volúmenes bibliotecarios. Por su parte, las plantas superiores, sin una compartimentación tan minuciosa, se dedican a la investigación y la discusión científica, conteniendo instrumentos de observación y mesas de trabajo. Además de mobiliario, equipo y textos, el complejo guardaría representaciones de las esferas celestes, mapas e ilustraciones de las fases de la luna.

La cúpula superior podría haber contado con un óculo en lugar de su clave por la que entrarían los rayos solares y se usaría, posiblemente, para la medición de los movimientos del Sol.

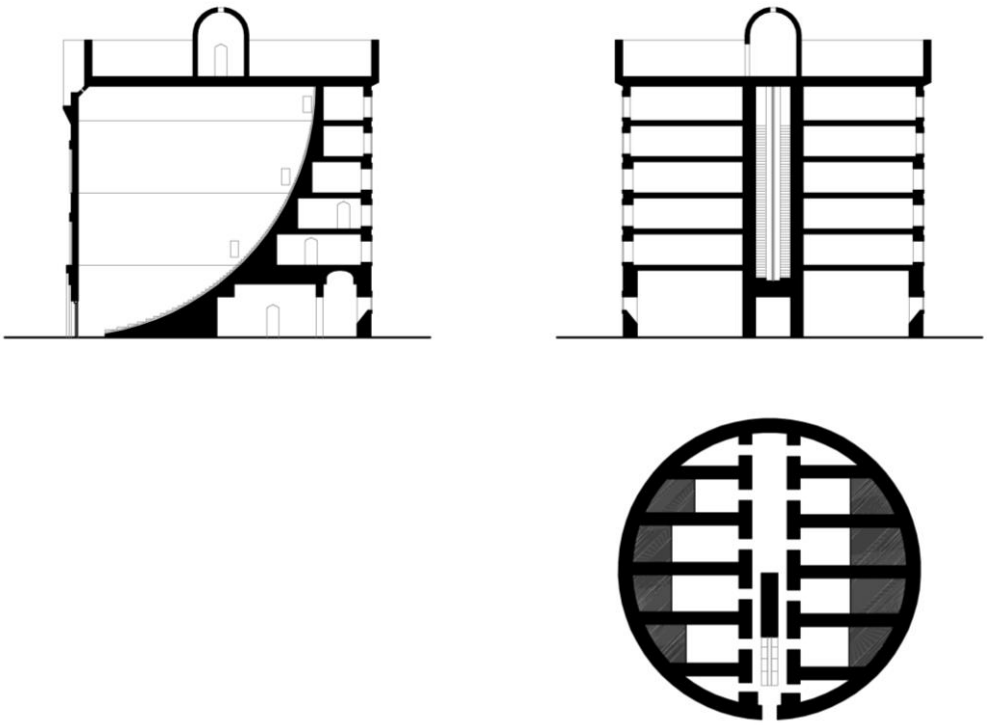


Figura 2.2 – Observatorio de Maragha. Planta y secciones.

Pese a que algunos de los dispositivos de observación estaban fijos en su posición en el interior del edificio, como la esfera armilar, había otros en construcciones secundarias. Éstas, al menos cinco a tenor de los restos de los cimientos encontrados, se organizaban con grandes instrumentos de madera sobre basamentos circulares de piedra en torno a la torre de observación. **[**NOTA: Mozaffari; Zotti (2013): "The observational instruments at the Maragha Observatory after AD 1300", p.77]. Más aún, había otros muchos útiles portátiles para ser situados la explanada frente a la torre o en los alrededores del observatorio, al aire libre.

Aunque es seguro que no ha quedado constancia de todos los instrumentos usados en el observatorio, sí hay alguna descripción que permite establecer un listado: un globo terrestre de pulpa de papel, un globo celeste metálico, un cuadrante mural graduado hasta los minutos, una esfera armilar con cinco anillos y una alidade, una armilla solsticial, una armilla equinoccial, un instrumento para la medición de los radios del Sol y la Luna, un anillo de azimut con dos cuadrantes, una regla paraláctica, un instrumento para la determinación de azimuts, un instrumento sinusoidal seno y versado, 'el instrumento perfecto' y otros instrumentos portátiles secundarios **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.194,199-201].

En lo relativo a la función astronómica de la cúpula, parece ser que Al Urdi no tuvo relación con ella. En este sentido, el propio Al Urdi reconoce que tanto la arquitectura como la construcción de edificios estaban fuera de su profesión **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.198]. Esta declaración pone de manifiesto el crucial papel de la arquitectura en la evolución los observatorios y su trascendencia para hacer de Maragha el referente de la institución islámica.

Más allá de la investigación, Maragha tuvo un importante papel en la transmisión de conocimientos. Dado el gran tamaño y complejidad de algunos de los instrumentos que se usaban allí era necesario contar con aprendices que ayudasen con las tareas de observación. Igualmente era útil contar con estudiantes que realizasen los cálculos requeridos por los principales astrónomos. Además, estos asistentes adquirían durante su estancia una formación que los terminaba capacitando como científicos.

No hay información precisa respecto a la organización de la labor docente en la institución, pero sí que se puede asegurar un importante número de discípulos y estudiantes privados así como multitud de astrónomos, comprendiendo incluso científicos venidos desde China. Pese a que por sus particularidades parece tener un carácter de escuela oficial, se desconoce si esta actividad se desarrolló en las habitaciones superiores del edificio principal o si se ubicaron en alguno de los secundarios **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.192,218-222].

También resulta extraordinario en el observatorio de Maragha su extensión en el tiempo, dado que su vida se prolonga considerablemente más allá de su mecenas, algo del todo inhabitual en ese periodo. Además, será la primera de estas instituciones islámicas que sobreviven a su fundador.

Si bien se desconoce con exactitud el momento de su caída, hay testimonios que lo sitúan en funcionamiento hacia el 1304 y otros que atestiguan su ruina ya en 1339 **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.211-212]. Por lo tanto, se puede deducir que la vida del observatorio se extendió entre 45 y 80 años, siendo el edificio o sus restos la prueba más consistente de su relevancia.

Parece claro que hay numerosos aspectos que definen la singularidad del observatorio de Maragha. El importante complejo de edificios y construcciones que conforman la institución suponen por sí un rasgo diferenciador significativo. No obstante, existen además otros matices como su aspecto docente, su actividad investigadora, su gran biblioteca o su mera duración que lo destacan sobre todos los observatorios islámicos anteriores.



Figura 2.3 – Observatorio de Maragha. Ruinas protegidas por cúpula.

El de Maragha se convertiría en el modelo a imitar por los grandes observatorios islámicos que surgirían durante las siguientes décadas.

En el presente, el acceso a sus ruinas está restringido dado se encuentran protegidas y están cubiertas bajo una carpa esférica que evita que la lluvia, el viento o la actividad humana continúen erosionando los restos de la construcción.

Observatorio de Samarcanda (1424)

El Observatorio de Samarcanda es referido comúnmente en alusión a su fundador como el Observatorio de Ulugh Beg (también escrito Ulughbek), quien pese a gobernar la región Tranxosiana durante cuarenta años **[**NOTA: Heidarzadeh (2010): "Islamic Astronomy", p.166], se le reconoce principalmente por su legado matemático y astronómico **[**NOTA: van Dalen (2007): "Ulugh Beg: Muḥammad Ṭaraghāy ibn Shāhrukh ibn Tīmūr", p.1157].

Posiblemente la influencia de una visita durante su infancia a los restos del Observatorio de Maragha, había despertado su interés por la educación en la ciencia **[**NOTA: van Dalen (2007): "Ulugh Beg: Muḥammad Ṭaraghāy ibn Shāhrukh ibn Tīmūr", p.1157-1158], por lo que durante su mandato, además de otras construcciones en la ciudad, ordenó el levantamiento de un centro de estudios y, en las afueras de la urbe, del observatorio astronómico.

Aunque no hay mucha información de ese periodo respecto a esas construcciones, el testimonio de Zahir-ud-din Mohammad Babur describe brevemente en sus memorias, durante la conquista de Samarcanda, cómo eran de estos edificios a principios del siglo XVI: *"Entre los edificios de Ulugh Beg dentro de la ciudad hay una escuela y un hospicio. La cúpula del hospicio es muy grande: pocos tan grandes se conocen en ningún otro lugar del mundo. Cerca de estos dos edificios construyó un excelente baño caliente, […]en ellos tiene pavimentos hechos de todo tipo de piedras. […] Otro de los hermosos edificios de Ulugh Beg Mirza es un observatorio, es decir, un instrumento para escribir tablas astronómicas. Éste tiene tres pisos de altura, en la falda de la colina de Kohik"* **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, pp.262-264].

El edificio se situaría fuera de las murallas de la ciudad, hacia el norte de la misma, en una posición elevada sobre ésta. Aun sin ocupar una ubicación muy alta, gozaría de

unas vistas propicias en buena parte del cielo al carecer de obstáculos en las proximidades.

Pese a que no hay un consenso claro respecto a la fecha de su fundación, parece que ésta fue en 1424, quedando en todos los casos recogida en la misma década [NOTA: Zaimeche (2005): *Samarkand*, p. 5].

Dado que sólo se conservan los cimientos y no hay extensas descripciones de gran precisión, parece imposible conocer con total certeza la configuración del proyecto. No obstante, a partir del estudio de sus restos se pueden esclarecer algunas de sus características, siendo posible deducir otras en base a criterios razonables para desarrollar una interpretación hipotética probable del observatorio.

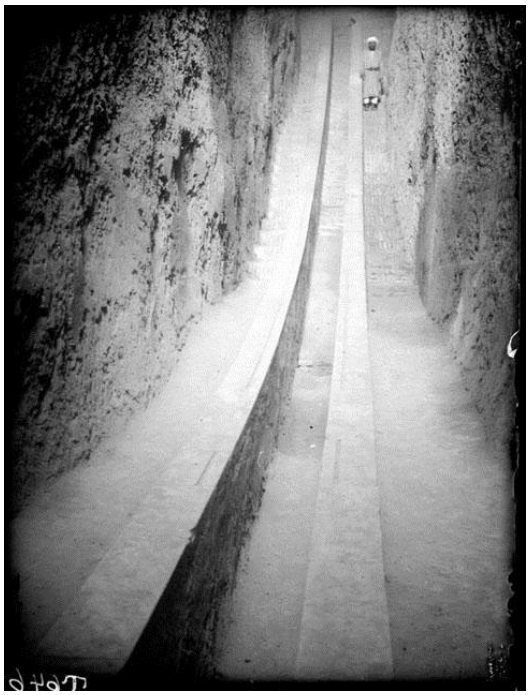


Figura 2.4 – Observatorio de Samarcanda. Ruinas circa 1925.

Se conoce que el edificio tenía forma cilíndrica, hecho contrastado con el arranque de sus muros, teniendo su planta circular un diámetro de unos cuarenta y seis metros. Además, el radio del instrumento de tránsito que ocupaba la mayor parte del complejo (explicado en los próximos párrafos) es de unos cuarenta metros, lo que en función de su posición actual permite concluir una altura aproximada de treinta metros sobre rasante.

Las características de esta construcción recuerdan claramente al Observatorio de Maragha donde, como anteriormente se ha expuesto, Ulugh Beg realizó una visita. Esto

señala una clara influencia en este edificio de su evidente predecesor que permite extrapolar al proyecto de Samarcanda otros rasgos del diseño vistos en Maragha.

El Observatorio de Ulugh Beg se irguió como un volumen en forma de cilindro en el que su crucial alineación de norte a sur casi sería inapreciable desde el exterior. Su fachada se debía ordenar mediante elementos arquitectónicos (relieves y huecos) y decorativos (cerámica) en tres estratos, teniendo las aperturas de fachada un ritmo regular que sólo se rompería cuando los huecos estuviesen cegados para evitar la entrada de luz coincidiendo con el tramo más meridional, o en la posición de la puerta de acceso.

Puesto que a tenor de la descripción de Babur y de la altura deducida, las plantas contarían con diez metros de altura entre forjados, parece probable que sin una necesidad de espacio tan grande estas plantas contasen con algún tipo de división o, al menos, entreplantas.

En cuanto a los rasgos estéticos, más allá de lo ya descrito sólo cabe suponer abundante presencia de arcos, cerámicas decorativas, mosaicos, arabescos tallados y otros rasgos propios de la arquitectura timúrida [NOTA: variante de la arquitectura islámica propia de esa región] de la época.

En lo relativo al interior del edificio, hay demasiadas lagunas de información como para que sea posible definir una división precisa de las salas del observatorio por lo que solamente se pueden realizar conjeturas. En base al conocimiento de las investigaciones desarrolladas en este centro, cabe suponer una abundante actividad de numerosos astrónomos con múltiples instrumentos, por lo que se intuye que el espacio tendría que quedar organizado en cámaras de diferentes tamaños para acoger sus respectivos usos: almacenaje de equipo de observación y medición, zonas de trabajo, salas para análisis de datos, cuartos de estudio, biblioteca, espacios para el debate, aulas para la docencia, etcétera.

Todas las estancias referidas se organizaban en torno al gran vacío central destinado a la observación meridiana por lo que quedaba perfectamente alineado de norte a sur Este espacio concebido expresamente para albergar un arco meridiano ordenaba y definía el edificio desde los cimientos, literalmente. El cuadrante [NOTA: Aunque no está claro si se trataba de un sextante o de un cuadrante, habiendo diferentes criterios

(véanse Heidarzadeh, Sayili o van Dalen), la información existente (radio y altura sobre rasante) apunta cerca de los noventa grados, por lo que se usará la segunda determinación] arrancaba desde unos diez metros bajo rasante, estando la parte soterrada directamente tallada en la roca del propio terreno, y ascendía hasta la cubierta con una estructura de ladrillo de casi treinta metros. Esto hacía que fuera muy estable lo que aseguraba una mayor fiabilidad de sus resultados.

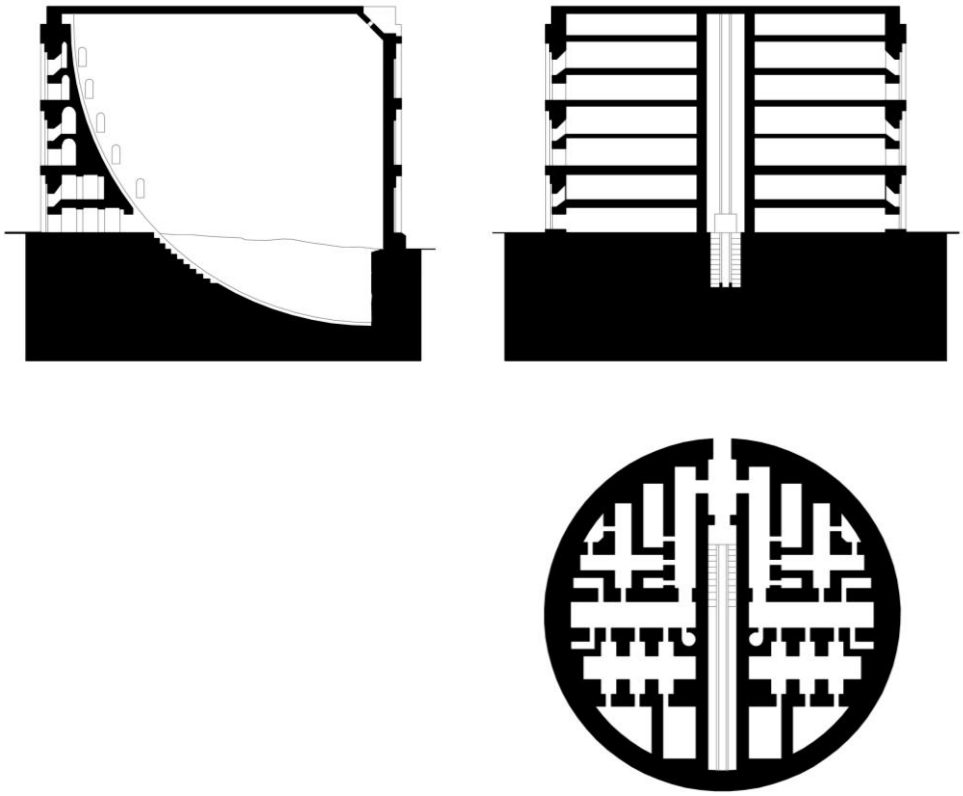


Figura 2.5 – Observatorio de Samarcanda. Planta y secciones.

Además, debido a su gran tamaño, este instrumento tenía mucha precisión llegando a estar graduado en su margen en grados, minutos y marcas de hasta cinco segundos **[**NOTA: van Dalen (2007): *"*Ulugh Beg: Muḥammad Ṭaraghāy ibn Shāhrukh ibn Tīmūr", p. 1158].

El cuadrante en sí queda definido por un arco de círculo flanqueado por dos remates en forma de bordes de mármol en los que aparecen incisos diferentes símbolos, marcas y números correspondientes a su graduación y lectura **[**NOTA: Heidarzadeh (2010):"Islamic Astronomy", p.166]. Para facilitar su utilización, a cada lado del

instrumento aparece una escalera irregular cuyo trazado se adapta al radio del arco, permitiendo al usuario aproximarse lo máximo posible al punto de medición.

Con una altura próxima a los cuarenta metros y un ancho de poco más de dos, este espacio eminentemente vertical tenía cegados los huecos de fachada que le corresponderían, teniendo como única apertura hacia el exterior una hendidura circular en el encuentro entre la fachada y la cubierta. A través de este orificio entraba la luz del cuerpo celeste que se pretendía observar. En este punto no parece que pudiera haberse usado para mediciones más allá del Sol y la Luna, puesto que no arrojarían suficiente luz como para su lectura **[**NOTA: Krisciunas (1992): "Ulugh Beg's Zij", p.160].

Por otro lado, se conoce que esta institución contaba con otros instrumentos astronómicos, menores y no fijos, para complementar la función del cuadrante, sin los que habría sido imposible conseguir los resultados producidos por el observatorio: una o varias esferas armilares, relojes (de sol y de agua) y, posiblemente un triquetrum y alguna regla paraláctica.

También es probable que, al igual que sucede en Maragha, la cubierta hubiese tenido algún tipo de uso astronómico aprovechando su mayor elevación respecto a su entorno, bien mediante la inclusión de otros instrumentos fijos o, simplemente acogiendo los útiles portátiles para la observación.

El programa de observaciones llevado a cabo en Samarcanda contaba con la participación de diversos astrónomos que participaron de los notables resultados conseguidos y divulgados. Pese a que su difusión no trascendió inicialmente a occidente, su obra se terminaría traduciendo y publicando en Europa durante el siglo XVII **[**NOTA: Krisciunas (1992): "Ulugh Beg's Zij", p.160]

Con la muerte de Ulugh Beg en 1449, su Observatorio perdió todo respaldo y fue desmantelado en algunos años hasta su destrucción durante el siglo XVI **[**NOTA: van Dalen (2007): "Ulugh Beg: Muḥammad Ṭaraghāy ibn Shāhrukh ibn Tīmūr", p.1158]. El edificio y la institución desaparecieron antes de alcanzar los treinta años. Sus restos fueron enterrados por la tierra y el tiempo. Algunas generaciones después su localización se había olvidado y así seguiría durante varios siglos.



Figura 2.6 – Observatorio de Samarcanda. Ruinas protegidas por bóveda.

A principios del siglo XX, un arqueólogo descubrió un documento con la ubicación del observatorio y en 1908 se iniciaron los trabajos para rescatar las ruinas de su enterramiento que, con alguna interrupción, se prolongaron hasta 1948 [NOTA: van Dalen (2007): "Ulugh Beg: Muḥammad Ṭaraghāy ibn Shāhrukh ibn Tīmūr", p.1158]. Lo que ha prevalecido corresponde con la parte del cuadrante esculpida en el terreno, aproximadamente unos veinte grados de ángulo.

Actualmente está catalogado como Patrimonio de la Humanidad y se ha convertido en un referente turístico de la ciudad, siendo visitable y contando incluso con un museo: el Museo del Observatorio de Ulugh Beg.

En perspectiva, siendo su gran aporte la inserción del cuadrante en el terreno con la correspondiente mejora de fiabilidad en las mediciones, no es posible asegurar que la estabilidad, y no facilidad de ejecución o cualquier otra razón, sea la justificación de esta decisión de diseño. Pese a que no incorpora grandes innovaciones en lo referente a su concepción, el Observatorio de Ulugh Beg representa un claro exponente de los observatorios islámicos.

Una arquitectura requerida por la astronomía

La aparición del observatorio como institución y como edificio no es resultado de la inspiración de un ideólogo sino que surge como respuesta a una necesidad a partir de la búsqueda de soluciones a determinados inconvenientes advertidos con a través del conocimiento de esta ciencia.

La concepción adquirida por los astrónomos islámicos de la escala temporal de los fenómenos celestes implica la prolongación de los periodos de observación a unos rangos difícilmente asumibles por un solo individuo. Del mismo modo, la pretensión de mayor precisión de las mediciones conllevaría un crecimiento de los instrumentos de observación que restringiría su movilidad. Estas circunstancias harían aconsejable el establecimiento en un punto concreto. Son estas limitaciones las que acabarían propiciando las condiciones para que, ligados a un lugar, se irguiese un edificio que albergase esos usos fundamentales y, acertadamente ya desde su origen, otras funciones complementarias.

Sayili afirma que "el observatorio islámico era un producto de necesidades y valores entretejidos en la sociedad y cultura islámica y que era un verdadero representante y una parte integral de la civilización islámica" **[**NOTA: Sayili (1969): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.5], puntualizando que "el edificio del observatorio especial ha sido una característica incidental del observatorio, en el sentido de que parece haber servido con más frecuencia como lugar de residencia para los astrónomos y para albergar oficinas administrativas" **[**NOTA: Sayili (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.369]. Sea como fuere, este conjunto de circunstancias, tal vez azarosas, propias de la tradición islámica se conjugarían para producir un importante salto en la evolución desde los proto-observatorios o los puestos de observación hasta los observatorios.

La trascendencia del Observatorio de Maragha y sus herederos en la astronomía medieval radica tanto en sus investigaciones como en su mera concepción y construcción. Los estudios producidos en este centro gracias a la colaboración de reconocidos astrónomos, matemáticos y fabricantes de instrumentos sustentaron las bases que permitirían alcanzar el modelo heliocéntrico de Copérnico. Además se tomó esta edificación como paradigma, siendo imitado y reinterpretado en numerosos

observatorios desde Oriente Medio hasta el afamado Observatorio de Jaipur, construido ya en el siglo XVIII en la India y todavía conservado como atracción turística.

Las innovaciones que se introducen en Maragha lo elevan a una categoría superior dentro del observatorio islámico a la que se sumarían los posteriores de Samarcanda y Estambul, definiendo las características que tendrían que aspirar a igualar o mejorar los observatorios venideros.

Con todo ello, parece claro que la influencia de la astronomía islámica, en general, y de sus observatorios, en particular, terminaría arraigando, de algún modo, en la tradición científica europea a partir del siglo XIII.

Capítulo 3. Génesis del observatorio moderno

Si los antepasados del observatorio se remontan hasta el Neolítico con una oscilante e inconstante evolución en las diversas civilizaciones del planeta hasta finales del Medievo, será durante la Edad Moderna donde se produzcan los progresos que conformen los cimientos del observatorio contemporáneo.

Las primeras referencias a un observatorio europeo señalan hacia Nuremberg, donde el astrónomo y matemático Johannes Müller von Königsberg, conocido como Regiomontanus, llevó a cabo sus observaciones respaldado por su amigo y mecenas Bernhard Walter a finales del siglo XV. **[**NOTA: Dreyer (1890): *Tycho Brahe,* pp.4-5; Gunther (1932): *Early Science in Oxford,* p.76**]**. Sin embargo, Zinner demuestra que la primera alusión a dicho observatorio como tal no aparece hasta el siglo XIX. **[**NOTA: Zinner (1938): *Leben und Wirken des Johannes Müller von Königsberg Gennant Regiomontanus*, p.168**]**.

Por otro lado, hay constancia de la existencia de diversas observaciones de gran importancia llevadas a cabo por Copérnico en Frauenburg, Ermland y Allestein durante la primera mitad del siglo XVI **[**NOTA: Zinner (1943): *Entstehung und Ausbreitung der Coppernikanischen Lehre,* pp.408-415**]**. No obstante, no hay certeza de que estas observaciones se realizasen en un solo lugar o contrastándolas con diferentes instrumentos; e incluso parecen existir pruebas de lo contrario **[**NOTA: Zinner (1943): *Entstehung und Ausbreitung der Coppernikanischen Lehre,* p.417**].**

Aunque es muy probable que Copérnico dispusiese uno o varios lugares de observación, no hay testimonios ni evidencias de instrumentos fijos o de un equipo de trabajo que permitan afirmar que contase con un observatorio como tal. De cualquier modo, el papel de Regiomontanus o Copérnico en el desarrollo de los observatorios es trascendente, puesto que pese a que ellos careciesen de uno de estos centros astronómicos, su labor sembraría la semilla para los posteriores proyectos de Wilhelm IV y Tycho Brahe.

Hay un gran consenso en situar en el Landgraviato de Hesse-Kassel, hoy la ciudad de Kassel (Alemania), el primer observatorio moderno, fundado en 1560 **[**NOTA: Así lo reconocen Todd (1922): *Astronomy: the science of the heavenly bodies*, p.45; Pannekoek (1961): *A history of astronomy*, p.208; o Pantin (1999): "New philosophy

and old prejudices: aspects of the reception of Copernicanism in a divided Europe", p.240.**],** e incluso Hall llega a considerarlo el primer centro de investigación europeo **[**NOTA: Hall (1983): *The Revolution in Science, 1500-1700*, p.209**]**. Por contra, esta tesis rechaza esa interpretación.

Pese a que el de Kassel pueda llegar a ser considerado por algunos autores **[**NOTA: Los referidos en las dos notas anteriores**]** el primer observatorio de la Edad Moderna, no representa ningún avance cualitativo sustancial respecto a los de periodos anteriores, resultando, en gran parte, fruto de la improvisación.

En este mismo sentido, Zinner indica que en Hesse-Kassel no había un edificio concebido específicamente como observatorio sino que se tan sólo se hace uso de una plataforma habilitada en el palacio para tal fin. Es por esto que ni siquiera reconoce la existencia de un observatorio en el Landgraviato **[**NOTA: Zinner (1956): *Astronomische Instrumente des 11. Bis 18. Jahrhunderts*, p.588]. Por el contrario, la identificación de este puesto de trabajo astronómico como observatorio se sustenta en la extensión temporal de las observaciones, la colaboración con un equipo de trabajo y en el aumento y mejora del instrumental de observación y equipo auxiliar.

En cualquier caso, desde una perspectiva arquitectónica, lo que define al observatorio moderno como el inmediato predecesor del contemporáneo es su adaptación planificada del espacio construido desde las fases iniciales de diseño para responder a determinadas funciones incorporando unos instrumentos de investigación astronómica concretos y facilitando su utilización.

Es decir, el observatorio moderno se caracteriza por contar con cierto grado de intencionalidad y especialización arquitectónica para la astronomía.

Algo similar recoge Sayili "La presencia de un edificio especial para la observación constituye, sin duda, un signo claro y sustancial de la existencia de un observatorio" **[**NOTA: Sayili, (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*, p.369**]**.

En el Landgraviato de Hesse-Kassel, en 1560, el Landgrave Wilhelm IV, fascinado por esta ciencia, manda construir una plataforma a modo de balcón en su palacio urbano de dicha población [NOTA: Gaulke (2009):""The first European observatory of the sixteenth century, as founded by Landgrave Wilhelm IV of Hesse-Kassel": a serious

historiographic category or a misleading marketing device?", p.89]. Este mirador tendría por objetivo el estudio del cielo mediante instrumental astronómico.



Figura 3.1 – *Wilhelm IV, Landgraf von Hessen-Kassel* y *Sabina von Württemberg, Landgräfin von Hessel-Kassel*. Pinturas de Kaspar van der Bortch (1577). Al fondo de los cuadros se aprecia tanto el ventanal que daba acceso a la plataforma de observación como los instrumentos astronómicos.

Si bien inicialmente sería el propio Wilhelm quien realizaría las observaciones, pronto se incorporarán otros estudiosos para el desarrollo de una investigación permanente haciendo uso del instrumental disponible en Kassel: cuadrante, sextante, turquet, relojes y, posiblemente, globos computacionales.

Además de observaciones solares y de cometas, desde esta instalación se trató de establecer la latitud de Kassel y calcular la oblicuidad de la elíptica. Igualmente se trabajó en el desarrollo de un catálogo estelar moderno con el objetivo de reemplazar el de Tolomeo, aunque ese ambicioso proyecto quedó a medias.

Con todo, la relevancia del puesto de observación de Kassel no es menor, puesto que serviría de catalizador para la evolución de esta tipología edificatoria. En 1575 Tycho Brahe visita las instalaciones del Landgrave Wilhelm y, unos meses después, inspirado por ese viaje, comienza a construir en Dinamarca el que, ahora sí, será el primer observatorio moderno.

Uraniborg (1576)

Tras su estancia en Hesse-Kassel, Tycho Brahe comienza la construcción de Uraniborg en 1576, bajo el patrocinio del rey Frederik II, en la danesa isla de Hven (actualmente Ven, perteneciente a Suecia). Este centro de investigación tendrá tal impacto que llamaría la atención de estudiosos y nobles, e incluso la realeza, llegando a ser reconocido como un importante centro de enseñanza científica. Tanto es así que conseguirá convertirse en una referencia a imitar por los posteriores observatorios europeos, si no en su apariencia, al menos sí en su concepción.

Dicho reconocimiento llegaría a tal punto que a finales del siglo XVII, el astrónomo Giovanni Domenico Cassini señalaría a Uraniborg como el lugar de nacimiento de la astronomía moderna [NOTA: en el encabezamiento de su ensayo: Cassini, G. D. "Recueil d'observations faites en plusieurs voyages par ordre de sa Majesté pour perfectionner l'astronomie et la géographie"]

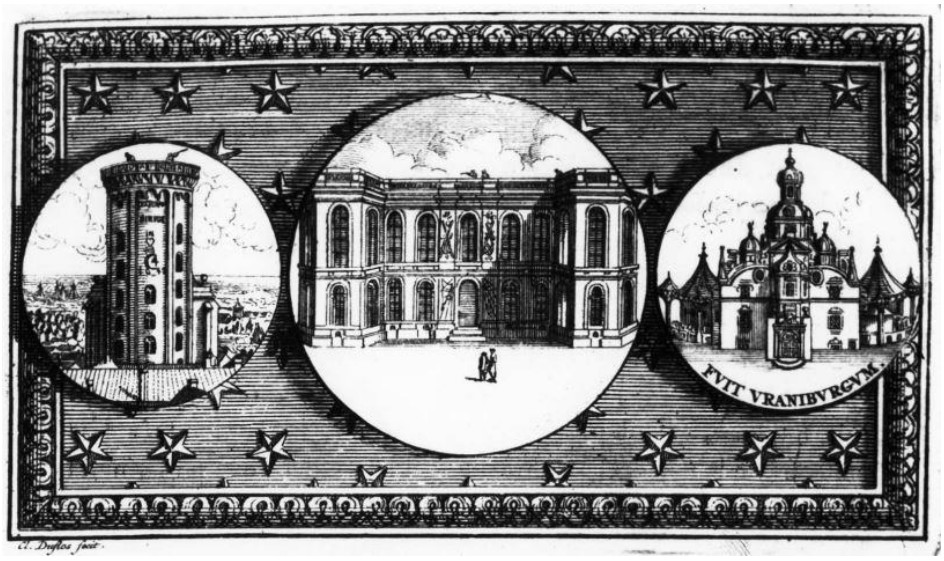


Figura 3.2 – Encabezamiento de la página inicial de la obra de Cassini *De l'origine et du progrès de l'Astronomie* (1731). A la derecha, Uraniborg.

Dado que éste es el primer edificio construido con intención y especialización para servir a la astronomía, se puede afirmar que Uraniborg es el primer observatorio astronómico desde el punto de vista de la arquitectura. Con un criterio semejante, Zinner apunta que hasta esta instalación los instrumentos de observación, simplemente, se situaban sobre plataformas elegidas con cierto criterio. Por esto mismo señala hacia Uraniborg y, con posterioridad, Stjerneborg como los primeros observatorios

construidos en Europa [NOTA: Zinner (1956): *Astronomische Instrumente des 11. Bis 18. Jahrhunderts*, p.221].

En 1597 Tycho deja la isla de Hven, lo que por desgracia supondría la descomposición de su observatorio, que primero comenzaría con el despojo de los instrumentos astronómicos y continúa hasta su desaparición material. Esto implica un grado de incertidumbre sobre el entendimiento del edificio y de lo que significó en su momento que debe solventarse a partir de los escritos, diagramas e imágenes que han perdurado, obra del propio Tycho o de otros estudiosos o artistas.

El conjunto de Uraniborg se construyó en la zona central de la isla, en la que un gran jardín de planta cuadrangular, cercado por un muro perimetral, rodea a la construcción principal que se sitúa en el medio.



Figura 3.3 – Uraniborg. Litografía de su alzado oeste.

Desde un punto de vista estilístico, se trata del "primer edificio renacentista de Escandinavia" [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.42]. Aunque presenta rasgos característicos del más puro Renacimiento italiano como la armonía de las proporciones, las repeticiones rítmicas de elementos o las simetrías, apreciables

tanto en planta como en alzado, dista mucho de los patrones canónicos de Palladio o Serlio. Por el contrario, sus atributos se aproximan más a las obras renacentistas flamencas o, incluso, al Manierismo. Algunos de los aspectos formales que lo diferencian y significan son influencia de los palacios, castillos y otros encargos por parte de Frederik II a arquitectos holandeses. Entre otros el uso del ladrillo rojo en los paramentos o la inclusión de piedra arenisca en los encuadres de puertas, marcos de ventanas y diferentes remates.

Uraniborg "se ha comparado a menudo con la Villa Rotonda de Palladio" [NOTA: Kwan Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.44], llegando a señalar a esta última como una fuente de inspiración. La comparación inicial de sus plantas y alzados puede revelar ciertas similitudes. Sendas construcciones poseen una doble simetría respecto a sus ejes longitudinal y transversal en planta, siendo también simétricos cada uno de sus cuatro alzados. Además sus plantas quedan divididas en cuadrantes que organizan el espacio. Incluso coinciden en la cúpula central que corona los edificios.

No obstante, un estudio más concienzudo de ambas construcciones atendiendo a su escala y proporciones permite destacar sus discrepancias. Villa Rotonda es un edificio que acoge mediante una gran escalera hasta cada uno de sus pórticos hacia el espacio bajo la cúpula, siendo este gran núcleo central el argumento que determina la obra. Uraniborg, por el contrario, posee unos accesos más moderados que se distribuyen en cruz en su interior, sin centralidad real y con una definición formal marcada, esencialmente, por la función.

Tycho contó con los arquitectos neerlandeses de la corte real de Frederik II, posiblemente Hans von Paschen y Hans van Steenwinkel, [NOTA: Petzet (2009): "Opening lecture: The Observatory os the King Sun and Classical Astronomy", p.27] además de con Johann Gregor van der Schardt para el diseño de Uraniborg, lo que ayuda a justificar la existencia de elementos propios de la arquitectura de los Países Bajos o centroeuropea como los remates de las líneas de cumbrera, los frontones curvos con ventanas circulares o la cúpula bulbosa. Aunque no se puede descartar la influencia italiana en Uraniborg [NOTA: Lichtenberg (1985): "Johan Gregor van der Schardt, sculptor and architect", apunta a los viajes realizados por el arquitecto], la enorme

relevancia de este edificio no radica en sus rasgos estilísticos sino en su concepción forma-funcional.

En todo caso, pese a que pueda haber ciertas dudas acerca del grado de responsabilidad de estos arquitectos, lo que parece claro es la implicación del propio Tycho como consultor o asistente en materia astronómica. Su participación es clara, supervisando la obra desde su inicio hasta su conclusión [NOTA: Morton-Gledhill, (1988): "The architecture in astronomy in the British isles: a general study", p. 240]

La manera en que Tycho concibe la naturaleza relaciona el cielo y la tierra, la macroescala con la microescala, entendiendo el estudio del cosmos necesariamente vinculado al de la materia y viceversa. Por ello, lleva a cabo su investigación en diversos frentes: astronomía, meteorología, botánica y alquimia, estando todos ellos conectados entre sí.

Esta idea, junto con las necesidades vitales de una residencia (ya que ahí se instalaría el propio Tycho) y ciertas limitaciones espaciales fueron interpretadas por Van der Schardt para proyectar un edificio que respondiese y se amoldase al programa de usos específico. La zona para la astronomía se eleva a la parte superior, acercando los instrumentos al cielo y liberándolos de obstáculos. La alquimia se lleva al sótano, acercándola a la tierra y para aprovechar el calor de los fuegos para calentar el inmueble desde abajo hacia arriba. En la parte media, se localiza un espacio de estudio y relación entre ambos mundos, además de los usos residenciales.

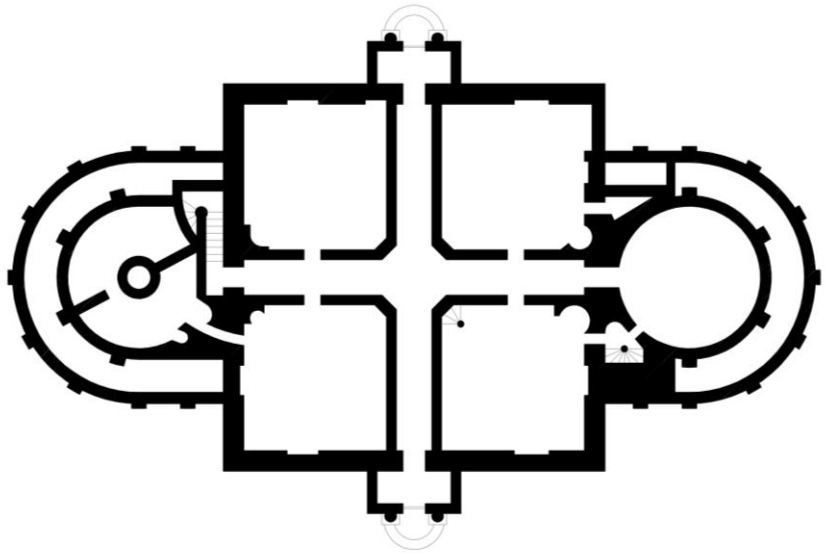


Figura 3.4 – Uraniborg. Planta baja.

El edificio quedará compuesto por varios volúmenes organizados en una planta de treinta por treinta y cinco metros: un prisma central rematado por una cúpula bulbosa que contendrá el programa común, con dos recrecimientos a este y oeste que acogerán las entradas, y dos ábsides a norte y sur que albergarán usos especializados.

Pese a que el interés de Tycho por la arquitectura no vaya más allá de su exigencia de unas determinadas dimensiones para este proyecto, el diseño arquitectónico de Uraniborg será consecuencia de las "raíces ideológicas de un nuevo modo de vida científica que surgió por primera vez en la cultura occidental a finales del siglo XVI" [NOTA: Hannaway (1986): "Laboratory Designs and the Aim of Science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe", pp.586-587], representando un hito que marcará el devenir de los posteriores observatorios en los que la relación entre ciencia y arquitectura será imprescindible.

Lo cierto es que no se sabe demasiado acerca de los estudios alquímicos de Tycho, pero sí suficiente como para esbozar las trazas que definían su laboratorio. Como hemos adelantado anteriormente, la zona de alquimia se ubica en la planta inferior, bajo la cota de acceso, junto con usos secundarios de almacenaje para combustible y alimentos.

Este sótano no se encuentra completamente enterrado, sino que sobresale parcialmente del terreno permitiendo que ventanas pequeñas situadas a modo de tragaluz en la parte inferior de la fachada iluminen esos espacios. Además de este cometido, a través de estas pequeñas ventanas salen y entran conductos de cobre de alambiques del sótano para conseguir un enfriamiento rápido, por lo que también poseen un sentido alquímico funcional [NOTA: Shackelford (1993): “Tycho Brahe, Laboratory Design, and the Aim of Science: Reading Plans in Context”, p.215]. Este tipo de ventanas sigue estando presente en las viviendas más antiguas de Dinamarca como un rasgo característico de la arquitectura vernácula, consiguiendo un aprovechamiento extra del espacio, bajo rasante, con iluminación, ventilación y unas favorables condiciones de protección climática.

Igualmente, los cuerpos adjuntos a norte y sur del volumen principal a modo de ábside presentan una diferencia de tamaño en planta entre el nivel de acceso y el sótano que se salva con una cubierta inclinada piramidal en la que también aparecen ventanas abuhardilladas que se abren a la planta subterránea. Todas esas ventanas y tragaluces aseguran una buena iluminación diurna y ventilación del nivel inferior.

En lo referente al laboratorio como tal, se ubicaba bajo el ábside sur, ocupando un espacio circular en el que concéntricamente se situaba un muro que albergaba dieciséis hornacinas con otros tantos hornos: tres calentadores de baño de agua, un horno de digestión con cenizas, cuatro grandes hornillos de atanor, dos pequeños, dos hornos para la destilación en arena o cenizas, uno con un gran fuelle, otro especial equipado con lámpara. Un horno de reverberación directa y otro de trayectoria espiral [NOTA: Brahe (1602): "Mechanica", página no numerada de los apéndices entre OR y STEL]. En el centro de la sala se encontraba una mesa de trabajo circular en la que se realizaban experimentos o se tomaban notas. Desde un punto de vista práctico, hay un acceso desde el sótano hasta el exterior, en la fachada este, para posibilitar el ingreso directo y el transporte de combustible. De igual modo acopio del carbón para los hornos se facilitaba mediante una rampa a través de la fachada. En el extremo norte del sótano se encuentra el pozo, esencial tanto para el desarrollo de la alquimia como para la toma de agua para el uso doméstico.

Desde una perspectiva arquitectónica, la ubicación en el sótano del laboratorio tiene un sentido claramente pragmático. Por un lado, los experimentos realizados parcialmente enterrados quedarían protegidos de las fluctuaciones térmicas y también se asegura una segregación con otros usos del edificio que evite las molestias por ruidos u olores, además de prevenir riesgos a causa de incendios o accidentes. Por otro lado, más allá de los hogares de las plantas superiores, el calor generado por los hornos ahí abajo tendería a dispersarse de forma ascendente, calentando los muros y suelos la construcción, constituyendo un sistema de calefacción pasivo.

Con el tiempo, tal vez por una cuestión de espacio o por evitar el incómodo desplazamiento por las escaleras para controlar algunos procesos químicos que requiriesen una supervisión periódica, Tycho terminará ampliando el laboratorio hasta ocupar el cuadrante sureste de la planta baja en la que construiría nuevos hornos.

Para posibilitar la iluminación y ventilación del sótano que se ha mencionado anteriormente, la planta de acceso queda elevada respecto a la cota del suelo exterior. Por ello, se hace necesario creer que había escalones que salvaban este desnivel aunque no aparezcan representados en el plano de planta baja dejado por el propio Tycho. Las entradas, ubicadas a este y oeste, dan lugar a una galería con una planta en cruz que distribuye las circulaciones. El cruce de estos dos pasillos coincide con el centro del

edificio bajo la cúpula bulbosa, cuya linterna probablemente permitiría una iluminación cenital de este espacio a través de aperturas en los forjados superiores. No obstante, resulta imposible confirmar esta hipótesis dada la ausencia de registros al respecto.

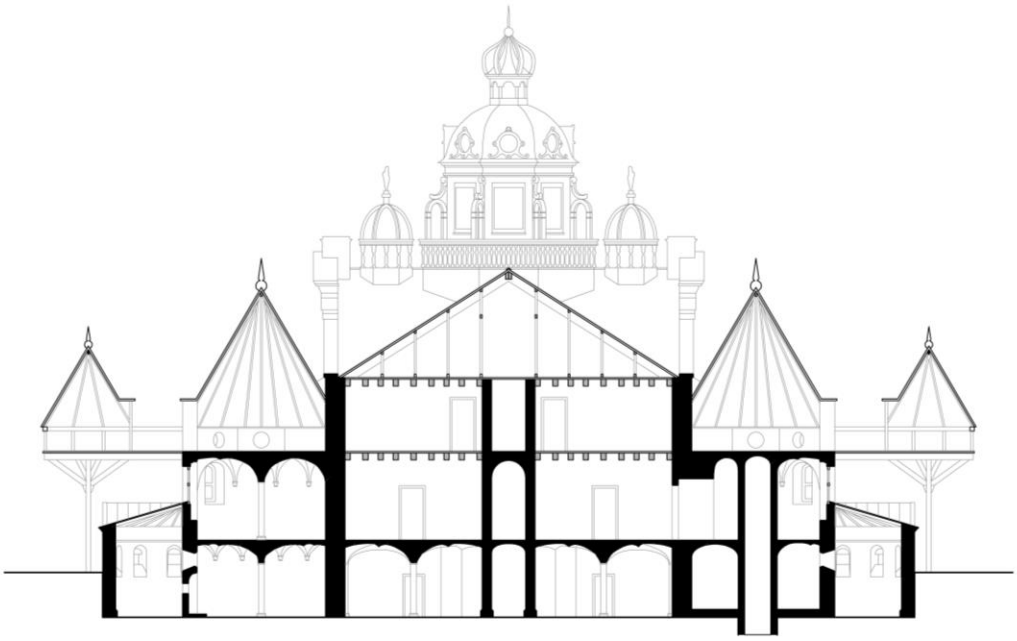


Figura 3.5 – Uraniborg. Sección.

Más allá del programa científico de Tycho, Uraniborg requería de otros usos: los propios de un edificio doméstico más los del carácter socialmente abierto del mismo. Por ello necesita de habitaciones tanto para residentes (asistentes y estudiantes) como para alojamientos temporales.

En la planta baja, el ábside norte acoge la cocina en una habitación circular y de gran tamaño para dar servicio a numerosos huéspedes. Ésta se situaba sobre el pozo y las despensas, contando con un acceso vertical directo. El bloque central de esta planta queda dividido por la galería en cuatro cuadrantes, de los cuales tres se destinaban a habitaciones para residentes y el cuarto se conocía como “sala de invierno”.

La “sala de invierno” es la estancia más importante de la vivienda tradicional danesa desde un punto de vista social y por lo tanto solía presentar condiciones de privilegio respecto al resto de habitaciones. Su nombre se debe a que era el centro de la vida durante los meses fríos y se utilizaba como salón de recepciones. En este caso se ubicaba en el cuadrante sureste para recibir luz desde las primeras horas de la mañana y cerca de los hornos del sótano para una mejor calefacción. Además poseía un acceso

directo al ábside sur y a la escalera que conectaba con el laboratorio de alquimia del sótano y las dependencias de astronomía de la parte superior. Esta habitación también contaba con chimenea y con el mobiliario necesario para hacer vida en ella y estaba normalmente ocupada por Tycho. No obstante, cuando Uraniborg recibía la visita de un noble se esperaba que su señor la cediese y se trasladase durante su estancia a otra de las habitaciones. Dado que Tycho actuaba como señor de Hven, posiblemente la "sala de invierno" se destinase a las audiencias de sus aldeanos y como tribunal administrativo.

En el extremo sur, ocupando el ábside, se encuentra la biblioteca y zona de estudio que Tycho denomina "museo". Este espacio alberga mesas de trabajo y un gran globo celeste. Aquí se recopilaban, comparaban y analizaban los datos que se habían medido en las zonas de investigación. No era casualidad que desde el museo hubiese un acceso directo a la escalera que conecta con los balcones de astronomía y el laboratorio del sótano: la relación que Tycho concibe entre ambas ciencias se refleja precisamente en esta estancia, que se convierte en el centro de la investigación.

Pasado el tiempo, se producirán algunos cambios en la construcción que afectarán, esencialmente, a la parte sur de la planta baja. Se suprimiría la pared oeste de la sala de invierno para anexarla al museo como sala de estudio. Así mismo se añadiría una partición para incorporar nuevos hornos alquímicos. Además se incorporaría un gran cuadrante mural. La heterogeneidad de estas ciencias intrincadas en las zonas de estudio supone la representación arquitectónica de la relación entre alquimia y astronomía para Tycho, haciendo de este lugar de encuentro el núcleo de Uraniborg.

Aunque no hay demasiada información al respecto, la parte alta del bloque principal debió dedicarse a un programa residencial, compuesto por generosas habitaciones con vistas privilegiadas para alojar invitados ilustres, incluso realeza, y algunas de menor entidad para los estudiantes y asistentes [NOTA: Shackelford (1993): "Tycho Brahe, Laboratory Design, and the Aim of Science: Reading Plans in Context", p.218]. Por otro lado, en esta parte superior, los ábsides se dedicaban a la astronomía.

Como parecería lógico, la zona destinada a la observación del cielo se llevó a la parte superior del edificio, reduciendo los estorbos o limitaciones del mismo. Atendiendo al alzado, se observa como los ábsides norte y sur quedaban rodeados por un balcón perimetral desde el que se proyectaban tres pasarelas que llegaban hasta sus respectivas plataformas octogonales de observación. Estos miradores quedaban

orientados hacia los puntos cardinales y se sustentaban mediante un único y esbelto pilar central de madera.

Tanto los ábsides como los miradores presentaban cubiertas piramidales con paneles practicables que se abrían para albergar instrumentos astronómicos y permitir su uso a resguardo de las inclemencias climáticas. Aun así, respetaban un perímetro sin cubrir para facilitar una observación exterior del cielo. Dado que inicialmente no había suficientes instrumentos, estos debían trasladarse de una plataforma a otra, con la consiguiente pérdida de precisión. En todo caso, la combinación de miradores supone una solución arquitectónica para conseguir una visión completa del cielo.

Entre los principales instrumentos del observatorio se encontraban, además del cuadrante mural ya mencionado, los portátiles que se usaban en las plataformas superiores: dos cuadrantes, dos triquetrum y dos armillas (ecuatorial y zodiacal). Estos dispositivos tenían que ser desplazados de un punto a otro de las plataformas para conseguir una visión completa del cielo, con la consiguiente pérdida de precisión.

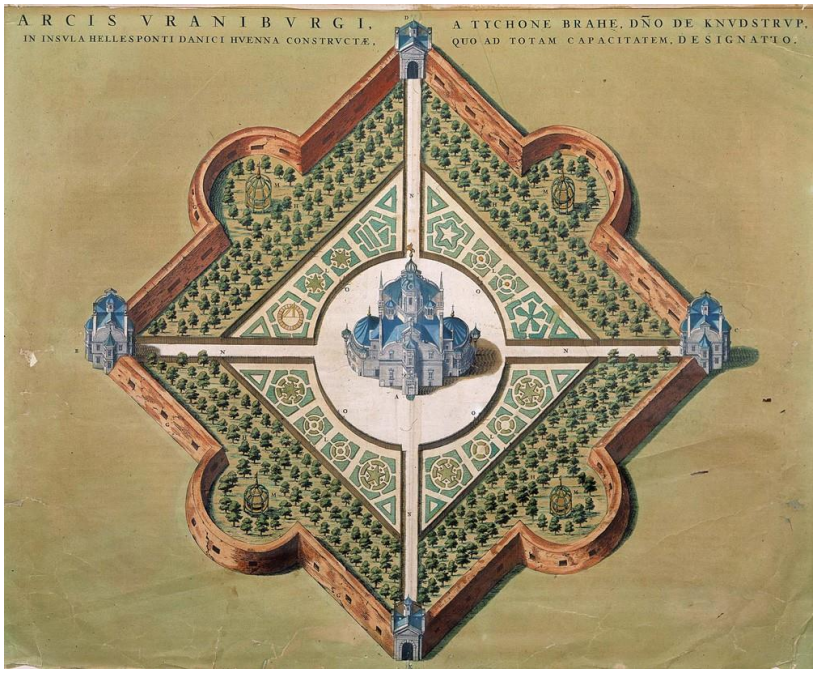


Figura 3.6 – Uraniborg. Ilustración del conjunto.

Alrededor del edificio principal se hallaban los jardines de Uraniborg. En principio tenían una planta de forma estrictamente cuadrada, pero finalmente se le terminarían añadiendo unos bastiones semicirculares, en el centro de cada uno de los lados, para situar pabellones abiertos en los que desarrollar actividades al aire libre. El terreno adyacente a la construcción principal estaba ordenado mediante parterres geométricos

en planta, poligonales y circulares, que enmarcaban los caminos del jardín. Esta zona quedaba envuelta por un perímetro arbolado. El uso de la geometría en las trazas junto con la abundante presencia de simetrías evidenciaba la influencia renacentista en este jardín.

Estos parterres se dedicaban eminentemente al cultivo de especies para la investigación alquímica. Pese a que no hay más referencias, si atendemos a la planta del conjunto se puede ver como una de las particiones geométricas del jardín es destinada a albergar un gran reloj de sol. De aquí se puede deducir que Tycho tenía la intención de extender su actividad científica allende los muros del edificio, y si no llegó a llevarlo a cabo, al menos lo tenía en proyecto.

Definiendo los límites de Uraniborg y su articulación con el entorno se alza la muralla perimetral. Más allá de la barrera que el muro suponía, en las esquinas se incorporaron construcciones que definían la relación dentro-fuera. A este y oeste, los vértices presentaban las casetas de entrada al complejo. Al norte se situaba la prisión, que identifica Uraniborg como centro administrativo de Hven y, por lo tanto, a Tycho como su señor feudal. Al sur se encontraba la imprenta, con dos máquinas de impresión y tipos específicos para publicaciones científicas. Esto, unido a la propia producción de papel, le proporcionaba a Tycho el control absoluto de las publicaciones. De este modo, se daba la posibilidad de establecer una comunicación masiva y una gran difusión de sus hallazgos por toda Europa.



Figura 3.7 – *Uraniborg*. Pintura de Heinrich Hansen (1882).

En resumen, de Uraniborg se desprende una lectura conceptual muy básica, y casi poética: bajo tierra, en el sótano, trabajando en el laboratorio alquímico a la luz del sol que entra por las ventanas; en el tejado, escrutando el cielo en el observatorio astronómico a la luz de las estrellas que lo envuelven; en medio, el estudio en el museo como corazón del proyecto.

Tras algunos años de esplendor y una posterior decadencia, a principios del siglo XVII, Uraniborg fue desmantelado, empezando por la pérdida de sus instrumentos científicos y terminando por la completa destrucción. No obstante, su huella perdura ya que "este trabajo muestra como la inversión arquitectónica de Tycho es un rasgo atípico por ser tan grande y por aspirar a conseguir tanto, y por la forma en que, no obstante, se ajusta al ámbito más amplio de la ciencia renacentista" [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772),* pp.27]. Este edificio mostró cómo la participación y colaboración del arquitecto podía llegar a catalizar la labor investigadora científica. Uraniborg representaba el diálogo entre arquitectura y astronomía.

Stjerneborg (1584)

Siendo incuestionable la relevancia de Uraniborg, que lo sitúa como un hito, Tycho identificó algunas particularidades del proyecto que lastraban la actividad científica. El edificio concebido para el aprendizaje, la alquimia y la astronomía se basaba en los preceptos adecuados, pero su materialización acarreó déficits insalvables para el estudio de los cielos. Las plataformas que rodeaban los ábsides, elevadas sobre esbeltos postes de madera, resultaban demasiado inestables dado que presentaban vibraciones a causa del viento, habitual en la zona, que se transmitían a los instrumentos de observación que se encontraban sobre ellas. Estos movimientos entrañaban una imprecisión inadmisible para su fundador.

Uraniborg aunó al arquitecto y al científico dando lugar a una construcción grandiosa con valor espacial pero, en lo relativo a la astronomía, fracasó [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772),* p.93]. Hacia 1583, Uraniborg se encontraba saturado de estudiantes y asistentes, lo que le dio a Tycho una coyuntura para plantear un

segundo equipamiento astronómico: un observatorio auxiliar, en las inmediaciones del existente, para tener un mayor control sobre las investigaciones [NOTA: Ferguson (2004): *Tycho and Kepler: the unlikely partnership that forever changed our understanding of the heavens*, pp.210-211].

Habiendo adquirido una buena experiencia tras varios años de funcionamiento de Uraniborg, Tycho pretendía evitar la acción del viento que tanto afectaba a las plataformas y minimizar las incidencias climáticas como en el laboratorio del sótano. Además, decidió primar la privilegiada posición, libre de obstáculos, que tenía ese espacio para la astronomía. De la conjunción de estas premisas surge el concepto de Stjerneborg, literalmente *el castillo de las estrellas*, hacia 1584.

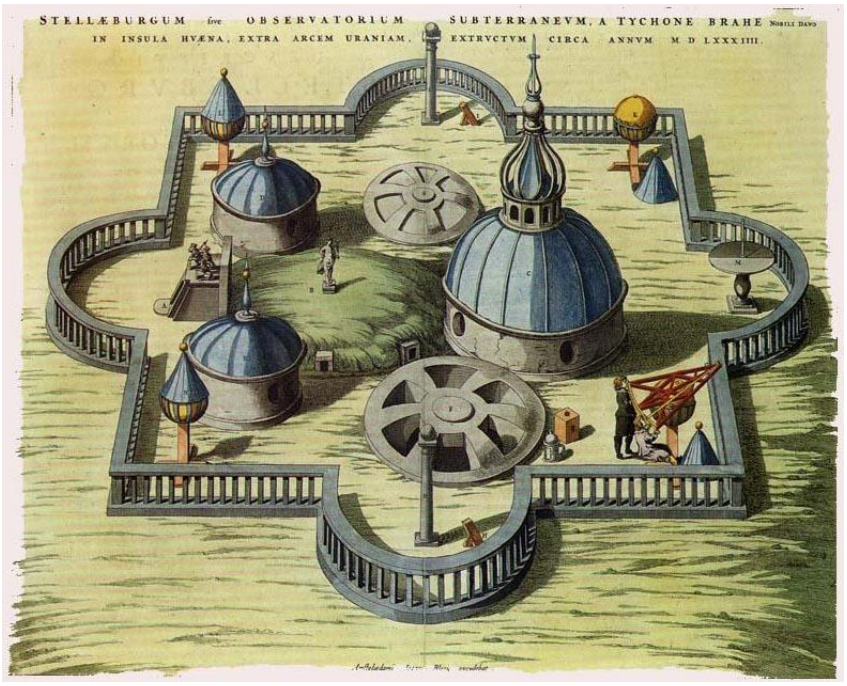


Figura 3.8 – Stjerneborg. Ilustración del conjunto.

Hacia el sur, en las proximidades de Uraniborg, comienza la construcción del nuevo observatorio, excavando sobre un cerro. El terreno se nivelará y se cerrará con una planta de contorno homólogo a la de su predecesor. Stjerneborg es un edificio horadado en el terreno para protegerse del entorno en el que solo las cubiertas sobresalen del mismo, para minimizar las interferencias en las observaciones. Más allá de estilos arquitectónicos, el diseño del nuevo observatorio responde, casi estrictamente, a una cuestión de funcionalidad científica.

El conjunto presentaba una planta cuadrada modulada en tres por tres de la que sobresalían unos bastiones semicirculares en el centro de cada uno de los lados, quedando todo ello definido por un cercado perimetral solo interrumpido para permitir el paso. El edificio quedaba enterrado ocupando la parte central del espacio, siendo visible tan solo las cubiertas y el casetón con la puerta de acceso. Entre la construcción y el perímetro se disponían unos basamentos o plataformas, ubicados en los bastiones y las esquinas, que acogerían diferentes instrumentos astronómicos portátiles para la observación a cielo abierto.

En lo relativo al edificio en sí, presentaba una planta orientada de norte a sur en la que una habitación central quedaba rodeada por cinco cámaras con una disposición pentagonal, con una simetría longitudinal imperfecta. Cada una de estas cinco habitaciones que era denominada como "cripta" por el propio Tycho [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.93] albergaría un instrumento permanente. Pese a la libertad formal que hubiese permitido una arquitectura estereotómica, en Stjerneborg se mantuvo esa rigidez formal de centralidad y simetría que dialogaba con la planta del observatorio que lo precedía.

Aunque Tycho no deja testimonio escrito que indique la orientación de la construcción, su distribución sugiere que la cúpula mayor apunta hacia el sur, hecho que quedó confirmado por el hallazgo de las ruinas del observatorio.

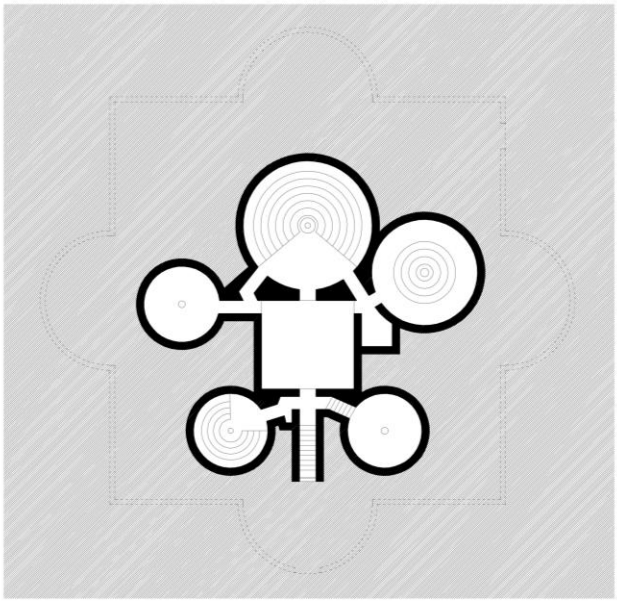


Figura 3.9 – Stjerneborg. Planta.

El casetón de entrada quedaba orientado hacia el norte. Éste presentaba una puerta que inmediatamente daba lugar a una escalera que descendía hasta la cota del subsuelo en el que se establecían las circulaciones y la mayor parte del programa de usos, enlazando con la habitación central o sala caliente. Este espacio, en torno al que se ordenaban las zonas de trabajo, presentaba una planta cuadrada y agrupaba las funciones residenciales y de estudio. Tycho aclaró que albergaba una chimenea, una mesa de piedra redonda, y dos camas: una para él y otra de mayor tamaño para que la compartiesen los asistentes [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.93]. Esta posibilidad permite la coyuntura de descansar cuando la climatología imposibilitaba la observación, lo que unido al hogar hacía viable, incluso, el establecerse ahí durante periodos de tiempo relativamente largos. Además, al introducir un medio de calefacción en el núcleo del edificio y estando éste conectado directamente con el resto de espacios se consigue transmitir el calor hacia ellos. Esta sala quedaba cubierta por una cúpula rebajada que se coronaba con una estatua de Mercurio.

Más allá de dicha escultura, Stjerneborg incorporó otros ornamentos sin valor arquitectónico para mayor gloria de su fundador, como tallas de leones coronados en la entrada, inscripciones en letras doradas sobre las paredes o una serie de retratos de grandes astrónomos de la historia que incluía al propio Tycho [NOTA: Ferguson (2004): *Tycho and Kepler: the unlikely partnership that forever changed our understanding of the heavens,* pp.210-211].

En todo caso, la habitabilidad de la habitación central tendría su relevancia, dado que facilitaría las observaciones prolongadas en las que era preciso esperar a que un determinado cuerpo celeste alcanzase una posición concreta. Por otro lado, este hecho hizo innecesario llevar a cabo el proyecto con el que Tycho quería conectar mediante un túnel subterráneo Uraniborg con Stjerneborg [NOTA: Shackelford (1993): "Tycho Brahe, Laboratory design and the aim of Science". p. 225] para facilitar el desplazamiento entre uno y otro durante los periodos de menores temperaturas.

Las cinco "criptas" que rodean a la sala principal presentaban una importante singularidad. Cada una de ellas había sido concebida y diseñada expresamente para un instrumento astronómico concreto y su definición arquitectónica respondía a la comodidad de uso por los astrónomos durante sus observaciones. La portabilidad de los

dispositivos de Uraniborg implicaba también una inexactitud por los propios desplazamientos. El hecho de establecer una posición fija para los instrumentos, además de evitar el margen de error humano en la colocación, permitía incrementar considerablemente su escala con su correspondiente ganancia de precisión.

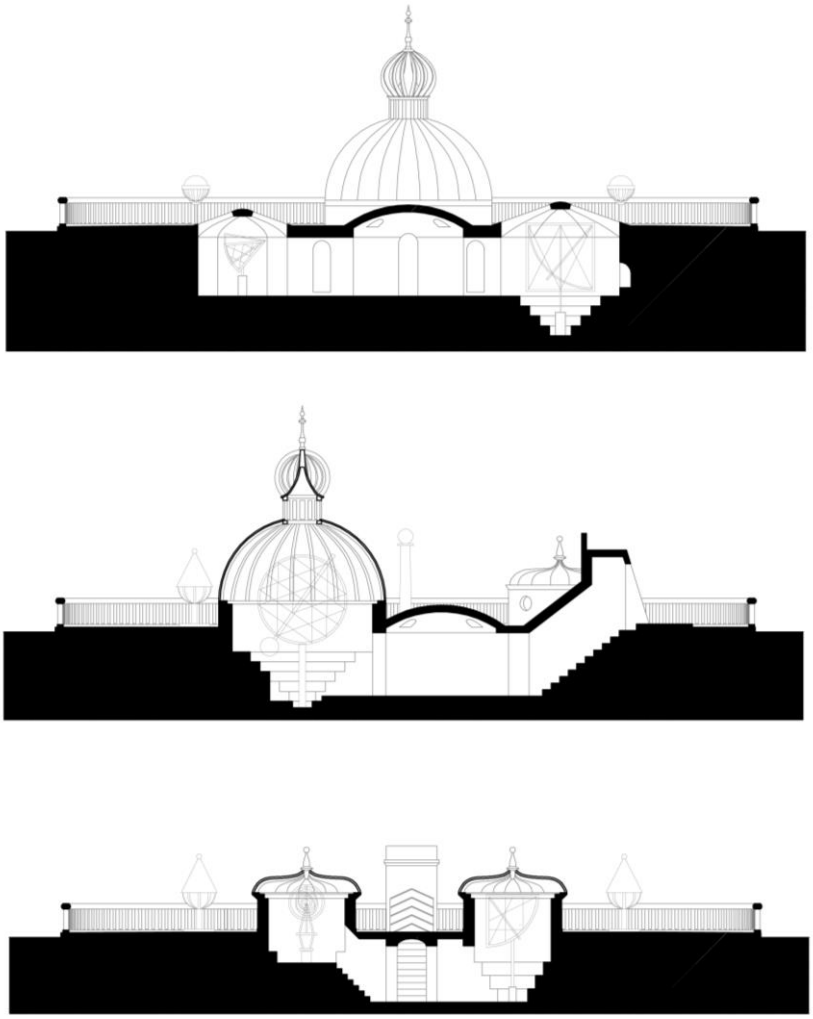


Figura 3.10 – Stjerneborg. Secciones.

Dado que se trataba de instrumental de gran tamaño, era habitual que fuesen necesarias escaleras o andamios para alcanzar hasta la posición desde la que se utilizaba el equipo. Tycho prefirió que el espacio se adaptase a la función específica que iba a albergar. Una habitación diferente para cada artefacto. Cada dispositivo se dispondría sobre un pilar que actuaría de eje pivotante, por lo tanto las observaciones describirían una trayectoria circular en torno a dicho punto. Esto implica que las "criptas" tengan dicha forma en planta. Además, para solventar el desplazamiento en vertical que conllevaba el uso de esas herramientas, en este proyecto se recurrió a un suelo

escalonado en forma de anfiteatro que se adaptaba a cada instrumento para facilitar el acceso a las observaciones y/o la lectura de las mediciones. Para facilitar todo lo posible el desempeño científico, incluso se introdujeron las escalas de medición en las paredes. El resultado es que cada una de las "criptas" tenía el diámetro y la sección que necesitaba para asegurar un trabajo confortable para los astrónomos.

Las dos "criptas" más septentrionales eran las de menor tamaño y sobresalían parcialmente del terreno con forma cilíndrica, quedando rematadas por sendas cúpulas bulbosas rebajadas con ventanas para la observación del cielo (como los existentes en las plataformas de Uraniborg). Por su parte, de las dos situadas a este y oeste de la habitación central solamente destacaban unas cúpulas rebajadas con huecos practicables. Estos cuatro espacios acogían cuadrantes o sextantes. Por último, la "cripta" de mayor tamaño ocupaba la posición más meridional, albergando una gran armilla ecuatorial, bajo una cúpula semiesférica rematada por una linterna que predominaba en la visión de conjunto.

La relación planta-sección junto con la ubicación de las "criptas" tiene una segunda lectura arquitectónica en la que de forma intencionada se incorpora un efecto teatral en el acceso a Stjerneborg. El visitante se adentra por una puerta que ocupa todo el frente de un reducido casetón, desciende unas escaleras hasta la habitación central desde la que se percibe el gran espacio de la "cripta" sur bajo la cúpula que aloja la armilla ecuatorial.

Aunque no se especifica de cuál de estas cúpulas se trata, Tycho describe cómo una de ellas es más ambiciosa y llega a girar mediante un mecanismo en el que apoya la cúpula sobre un anillo de madera con ruedas, lo que permitía una mejor alineación de las observaciones [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.93]. Esto implicaría un grado de sofisticación que no se replicaría en sucesivos observatorios hasta muchos años más tarde.

Aprendiendo de los errores cometidos en Uraniborg, Tycho dedicó una especial atención a la inserción de los instrumentos de observación. Para los de menor tamaño recurrió a una fijación firme sobre un pilar pétreo poco esbelto para evitar las vibraciones padecidas anteriormente. Por otro lado, prestó una especial atención a la

armilla ecuatorial, que descansaba sobre una placa de hierro que se prolonga hasta la cimentación para conseguir un alto grado de estabilidad.

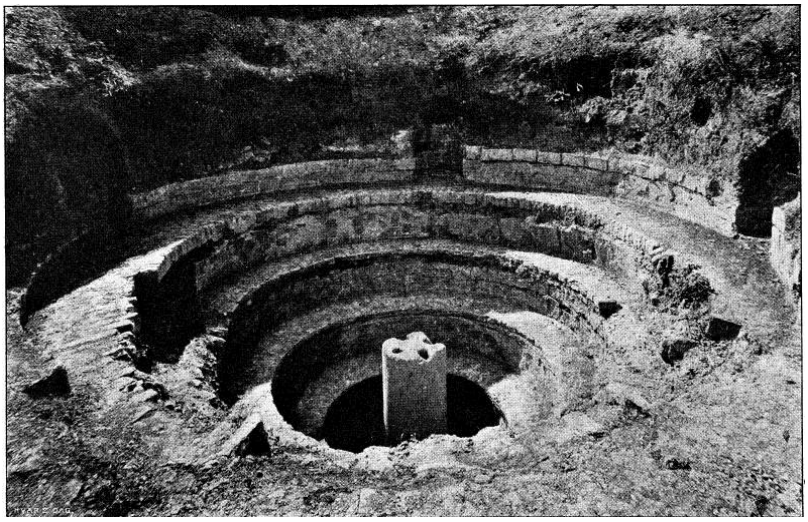


Figura 3.11 – Stjerneborg. Ruina de una de las cámaras.

Al construir bajo rasante Tycho eludía el fuerte viento de la zona, alcanzando una estabilidad mecánica que descartaba la incidencia de esta variable en sus observaciones. Así mismo, este hecho también le confería al edificio una estabilidad térmica, nada despreciable, que favorecía el confort del propio astrónomo y sus asistentes.

Tras la muerte de su principal valedor, el rey Frederik II, en 1588, su sucesor, Christian IV llamó a capítulo a Tycho, lo que terminó finiquitando su patrocinio real y cancelando su ascendencia sobre Hven. Los observatorios quedaron en manos de los discípulos de Tycho hasta que fueron abandonados algunos años más tarde y los habitantes de la isla los expoliaron dejando poco más que algunos cimientos. Esta pérdida acarreó el final de las investigaciones de Tycho y de su carrera astronómica [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.101-102].

En la actualidad, es posible visitar esta localización en la isla de Ven como una atracción turística de carácter cultural: se han recuperado parte de los jardines de Uraniborg y se ha reconstruido Stjerneborg con una reinterpretación contemporánea. Además se instauró un museo de Tycho Brahe.

Con todo lo expuesto, queda patente la gran evolución transcurrida desde Uraniborg. En pocos años se progresa desde un palacio adaptado en mayor o menor medida para la astronomía (y la alquimia), hasta un proyecto en el que cada decisión de

diseño responde a un requerimiento funcional concreto. Si el anterior observatorio reflejaba el diálogo entre arquitectura y astronomía, Stjerneborg evidenció el compromiso entre ambos campos.

La Torre de los Vientos (1578)

Se conoce popularmente como la *Torre dei Venti* (Torre de los Vientos, en castellano), e incluso como la Torre Gregoriana, a la construcción que iniciaría la tradición astronómica en la Santa Sede y que será origen del Observatorio Vaticano.

Durante la vigencia de su papado (1572-1585), el Papa Gregorio XIII invirtió buena parte de los ingresos de la Iglesia en la renovación y restauración de Roma, en sus calles, santuarios y monumentos públicos; así como en las ampliaciones y nuevas construcciones del Vaticano [NOTA: Courtright (2013): *The Papacy and the art of reform in sixteenth century. Rome. Gregory XIII's Tower of the Winds in The Vatican*, p. xvii].

Será en este contexto reformista en el que Gregorio XIII encargue en el año 1576 a su arquitecto, Ottaviano Mascherino, la construcción en el Vaticano de una torre para la observación astronómica [NOTA: Maffeo (2002): *The Vatican Observatory: In the Service of Nine Popes*, pp.3-4].



Figura 3.12 – *Torre dei venti*. (circa 1600).

La circunscripción superficial del Vaticano limitaba las posibles ubicaciones de dicha torre, determinación presumiblemente tomada en colaboración con un hipotético grupo de expertos en la materia que, como sugiere Coutright [NOTA: Courtright (2013): *The Papacy and the art of reform in sixteenth century. Rome. Gregory XIII's Tower of the Winds in The Vatican*, pp.54-56], debió participar también en el programa de usos y necesidades del observatorio, con lo que de alguna manera tendrían incidencia en el diseño de la torre, especialmente en los aspectos astronómicos de la misma.

La solución apareció en la inconclusión de uno de los largos corredores cubiertos aunque abiertos con arcadas a los jardines que se extendía desde el Palacio Apostólico hasta la Villa Belvedere. En lugar de completar este proyecto tal y como estaba prevista, se optó por variar su diseño para incorporar los espacios necesarios para su uso como centro de observaciones.

Su construcción se inicia en 1578 y estará operativa tras dos años. Sin embargo, pese a que los historiadores coinciden en señalar la fecha de su establecimiento en 1582, coincidiendo con la publicación del documento *Inter gravissimas* que anuncia la reforma del Calendario Juliano por el Papa Gregorio XIII para lo que se llevaron a cabo observaciones astronómicas en el Vaticano desde la Torre de los Vientos [NOTA: Chinnici (2018): "Practicing Science and Faith: A Short History of the Vatican Observatory", p. 219], no quedará concluida hasta 1583 [NOTA: Papoulia (2015): *Unveiling Gregorian Rome: The urban and ecclesiastical patronage of Pope Gregory XIII, 1572-1585*, p.60].

Con todo, resulta complicado considerar la Torre de los Vientos como un observatorio, puesto que pese a que su diseño (aun partiendo de una estructura anterior) se fundamenta en el uso astronómico, carecía inicialmente de un programa de investigaciones y de un personal que registrase una actividad científica regular. Por lo tanto, en esta fase inicial, más que un observatorio se debe entender esta construcción como un puesto de observaciones.

El Papa Gregorio XIII encargó el proyecto de la torre al arquitecto Ottavio Mascherino quién aprovechando la inconclusa construcción del corredor oeste del Patio Belvedere, entre éste y el Patio della Pigna, incorporó sobre éste la *Galleria delle Carte Geografiche* (traducido como Galería de los Mapas), una sala alargada que ocupaba el tercer piso de esta obra y que conectaría el Palacio Vaticano con la Torre de los Vientos

[NOTA: Papoulia (2015): *Unveiling Gregorian Rome: The urban and ecclesiastical patronage of Pope Gregory XIII, 1572-1585*, pp.60,259].

Esta sala debe su nombre a la decoración enciclopédica con cuarenta mapas de la península de Italia, algunas islas del Mediterráneo y los principales puertos italianos representados en sus paredes. Además la bóveda que cubría la galería se ilustró con escenas históricas de Italia y la Iglesia. Todo esto fue llevado a cabo por varios artistas dirigidos por Egnazio Danti, cosmógrafo y cartógrafo papal [NOTA: Papoulia (2015): *Unveiling Gregorian Rome: The urban and ecclesiastical patronage of Pope Gregory XIII, 1572-1585*, pp.60,259]. La planificación del proyecto, su construcción y su decoración fueron consecutivas, lo que denota cierto grado de coordinación por parte de sus respectivos encargados [NOTA: Courtright (2013): *The Papacy and the art of reform in sixteenth century. Rome. Gregory XIII's Tower of the Winds in The Vatican*, p.xviii].

Hacia la mitad del corredor referido se elevaría la citada torre, con una construcción de planta cuadrangular y llegando a alcanzar una altura de setenta y tres metros sobre la cota del terreno. Esto lo convirtió en el punto más alto del Vaticano tras la Basílica de San Pedro, elevándolo sobre los edificios circundantes para evitar la presencia de obstáculos que dificultasen la actividad astronómica y haciéndolo visible desde la ciudad de Roma.

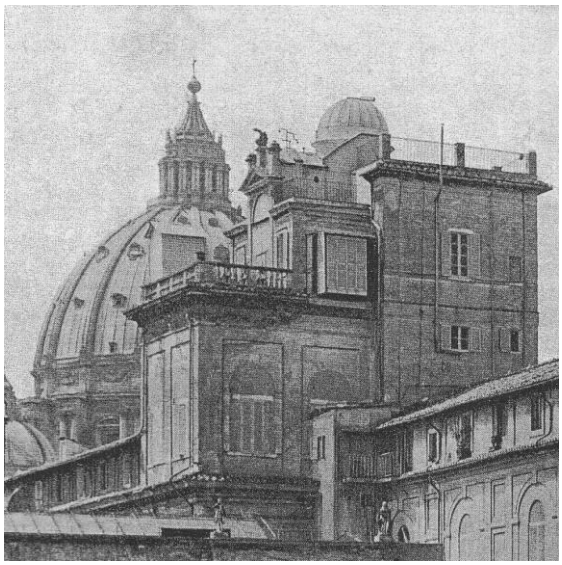




Figura 3.13 – Torre de los vientos hacia 1950. Se aprecia una pequeña cúpula en la parte superior.
Figura 3.14 – Torre de los vientos en la actualidad. Tras la restauración desapareció su función astronómica.

El volumen de la torre que destacaba sobre la galería se ordenaba en dos plantas, con una entreplanta en la parte trasera de la construcción (al oeste) donde se encontraba la zona más privada. Quedaba compuesta por seis salas de menor tamaño y uso secundario desconocido almacenaje, toma de datos… y en la parte superior la Sala Meridiana.

Esta sala, que ocupaba la totalidad de la planta más alta del conjunto, albergó la principal actividad científica del edificio, incluyendo tanto la investigación astronómica como el estudio meteorológico. Teniendo una planta algo más pequeña que el nivel inferior, se retranqueaba hacia el oeste, dejando una terraza balaustrada hacia el este desde la que podrían llevarse a cabo observaciones con instrumentos portátiles. Contaba con ventanas en las fachadas norte y este, contando en esta última con su principal (y casi único) ornamento: un atrio abierto hacia la terraza a través de un alzado serliano, con un arco rematado por un frontón entre dos ventanas rectangulares.

El nombre de la sala viene dado por la línea meridiana que diseñó el propio Egnazio Danti, una línea de mármol orientada de norte a sur con un medallón marcando la posición central que, gracias a un orificio ubicado en la pared sur y a las correspondientes marcas zodiacales en la línea, determina el día en que el sol entra en cada constelación a través de la proyección de un haz de luz que atraviesa dicha apertura al medio día [NOTA: Maffeo (2002): *The Vatican Observatory: In the Service of Nine Popes*, p.4]. El orificio para la entrada del sol de mediodía tiene forma cónica, con una profundidad de unos cuarenta centímetros, y está protegido al exterior con un cristal que impide la entrada de lluvia, polvo o viento. Este fenómeno era incluso visible incluso en un día claro con las ventanas abiertas [NOTA: Sigismondi (2014): "La meridiana di Egnazio Danti nella Torre dei Venti in Vaticano: un'icona della riforma Gregoriana del calendario", pp.2,4].

Respecto a la actividad meteorológica, el centro del techo de la sala presentaba una gran rosa de los vientos definida por el propio Danti de la que sobresalía una flecha móvil, la cual, gracias a un ingenioso sistema de engranajes y varillas, trasladaba la dirección del viento detectado en una veleta situada sobre esta sala a la flecha del interior. Se entiende que esta singularidad da nombre a la torre [NOTA: Maffeo (2002): *The Vatican Observatory: In the Service of Nine Popes*, p.4].

Como ya se ha referido la decoración pictórica formaba parte importante del propio proyecto de la torre lo que, además de en la rosa de los vientos y de otros nichos o medallones decorados bajo las indicaciones de Danti con alegorías o temas bíblicos asociados con los vientos, se hace patente en algunas de las habitaciones cuyos frescos generan la ilusión de reflejar la ubicación real del espectador plasmando vistas del paisaje que hipotéticamente se vería desde esa posición elevada, evocando una ficticia ausencia de cerramiento y una conexión con la naturaleza [NOTA: Courtright (2013): *The Papacy and the art of reform in sixteenth century. Rome. Gregory XIII's Tower of the Winds in The Vatican*, pp.528-533].

Durante los primeros años de su existencia gozo de renombre y tuvo gran influencia, resultando fundamental para la reforma del calendario en 1582, sin embargo, tras este hito cayó en desuso [NOTA: Parr (1903): "The Vatican Observatory", p. 499]. Su decadencia lo llevó incluso a ser usado como apartamento de invitados durante el siglo XVII.

La torre experimento diversas reformas a lo largo de los siguientes años, recuperando su vigencia a finales del siglo XVIII, con una dedicación a la observación astronómica condicionada por la presencia de la cúpula de San Pedro.

Pese a que llegó a albergar durante algún tiempo un torreón con cúpula sobre la Sala Meridiana su posición como parte de la Specola Vaticana (el Observatorio Vaticano fundado oficialmente en 1890 por el papa León XIII) nunca llegaría a ser predominante, quedando finalmente relegado como un vestigio de la historia de esta ciencia tras el traslado definitivo del Observatorio [NOTA: Parr (1903): "The Vatican Observatory", p.498].

Su uso devino en archivo hasta que en la segunda mitad del siglo XX se vació y se restauró. Todavía en pie, de nuevo sin el torreón con cúpula y aún con parte de sus huecos en fachada cerrados, mantiene una presencia semejante a la que tenía recién construida. Actualmente permanece cerrada al público.

Pese a que ya se ha argumentado que sus limitaciones no permiten identificarlo como algo más que un puesto de observación, es indudable que sienta las bases y es un claro antecedente del Observatorio Vaticano.

Cámara oscura

No será hasta avanzado el siglo XVII cuando comiencen a aparecer otros observatorios astronómicos que tengan la entidad institucional que presentaron los de Tycho Brahe (como veremos en apartados posteriores). Lo cual vuelve a poner de manifiesto el adelanto de los proyectos de Hven. Asimismo, subraya la singularidad de encontrar una coincidencia de un astrónomo con tanta ambición y un patrón dispuesto a financiar una empresa de esa magnitud.

A pesar de carecer de la arquitectura adecuada para la observación, los astrónomos renacentistas mantuvieron su desempeño investigador acorde a sus importantes limitaciones operativas. Esto es, acomodando las construcciones y espacios ya existentes a una función astronómica como ya hiciera el Landgrave Wilhelm en Hesse-Kassel.

En este sentido, la evolución de esta ciencia de forma ramificada conllevaba diferentes técnicas de estudio que, a veces, se alejaban de una observación directa. Como era de esperar, estas nuevas metodologías requerían de unas condiciones contextuales diferentes que, ante la imposibilidad de construir observatorios adaptados a las mismas, terminaron por recurrir a la adaptación.

En particular, una de las vertientes astronómicas que apuntaba en esta línea fue la dedicada al estudio del Sol y sus singularidades.

Aunque las manchas solares son algunos de los fenómenos más luminosos de nuestro cielo, habitualmente son muy reducidas y hasta las mayores tienden a perderse entre el brillo del sol. Por ello, pese a algunos testimonios que se remontan hasta la antigüedad y la edad media, [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.104] resultan muy difíciles de ver.

Las primeras pesquisas sobre el Sol se realizaban mediante observación directa, recurriendo a diversas argucias o artificios para atenuar la luminosidad del astro. Entre otros: vidrios tintados de oscuro, finas láminas de piedra, diferentes grados de nublado o, incluso, el polvo atmosférico en suspensión. De cualquier modo, pese a que estas técnicas conseguían amortiguar el brillo de la estrella, arrastraban ciertas perturbaciones e interferencias que reducían la definición y limitaban su utilidad.

La respuesta a este problema tiene su origen en el siglo XIV, cuando Gersonides propone usar una habitación sin luz, *cámara oscura*, para definir los diámetros angulares de los planetas proyectando su imagen. Teoría recuperada por diferentes autores durante el siglo XVI y ponderada por los matemáticos Regnier Gemma Frisius y Giambattista della Porta como apropiada para el estudio de los eclipses solares, por ofrecer una imagen geométricamente igual al Sol pero lumínicamente suavizada para permitir la observación [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.106].

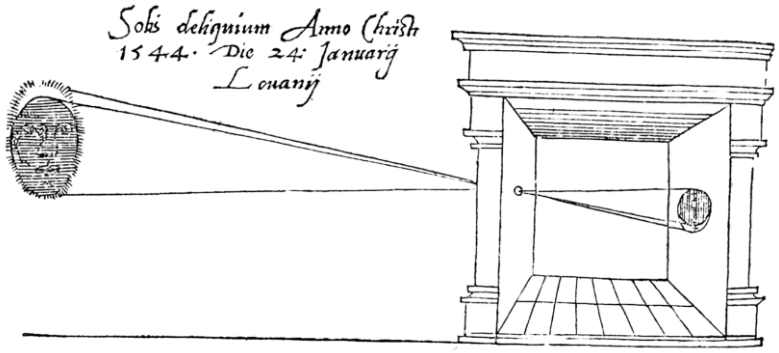


Figura 3.15 – Boceto de Regnier Gemma Frisius de la cámara oscura (1544).

Sorprende la obviedad de la cámara oscura representada por Gemma Frisius, quien directamente representa un marco habitacional característico de dicho periodo, con elementos arquitectónicos tan evidentes como la solería, las pilastras, las molduras o el friso.

En esencia, estas cámaras oscuras, son habitaciones opacas con una entrada de luz puntal controlada que proporciona una proyección que puede ser trazada sobre una hoja de papel para medir, sombrear o teñir con una precisión científica muy superior al tradicional dibujo a mano alzada.

Parece lógico que ante la dificultad de conseguir subvención para la construcción de nuevos observatorios, esta técnica de observación es propicia para ser implantada en una habitación ya existente bloqueando ventanas y otras entradas de luz. De este modo, se interviene sobre una arquitectura ya construida con una finalidad distinta para adaptarla a un nuevo uso.

Además de para el estudio del Sol, una cámara oscura podía ser usada para medir la variación en la oblicuidad de la elíptica al igual que con un gnomon. Sin embargo, tal y

como ocurre con este instrumento la precisión aumenta con el tamaño. Por otro lado, la definición de la luz en la cámara oscura es muy superior a la imprecisa sombra que determina la medida del gnomon.

Esto hace que se mire hacia monasterios, iglesias y catedrales como candidatos perfectos para dar lugar a cámaras oscuras: algunos de los edificios más grandes de esta época con espacios muy poco compartimentados y, frecuentemente, una moderada entrada de luz que puede ser regulada mediante cortinajes u otra solución similar. Además, se da la circunstancia de que muchos de los religiosos asociados a algunas de las congregaciones vinculadas a estas iglesias son estudiosos con nociones matemáticas y cierta curiosidad científica, lo cual favorece dicha posibilidad.



Figura 3.16 – Grabado de Santa Maria dei Fiori como cámara oscura y línea meridiana. En Del vecchio e nuovo Gnomone Florentino de Leonardo Ximenes (circa 1750).

Más allá de su funcionamiento como cámara oscura, en algunos de estos edificios religiosos con función astronómica se implementaría un elemento más: la línea meridiana. Ésta consistía en una construcción geométrica definida por una marca longitudinal perfectamente alineada de norte a sur en la que un rayo de Sol incidiese justo al alcanzar el mediodía. Este instrumento permitía establecer con mucha precisión la fecha del año y la oblicuidad de la eclíptica.

Incorporar la línea meridiana no resultaba una tarea tan elemental como trazar la directriz en el interior del edificio, sino que requería una acomodo a la construcción que asegurase su arraigo, durabilidad y funcionalidad. Era necesario establecer una apertura reducida que produjese la entrada de un haz de luz en una zona adecuada e introducir una solución constructiva para visualizar la propia línea. En esta tarea se empleaban tanto astrónomos como arquitectos, constructores y artesanos para conseguir un elemento perfectamente orientado e imbricado en la construcción.

De cualquier modo, el uso astronómico de estas obras chocaba en muchas ocasiones con su función original: bien por su utilización religiosa, bien por la mera disposición del propio mobiliario. Esto no hace más que poner nuevamente de manifiesto que la adaptación de un edificio a un uso para el que no fue concebido suele presentar inconvenientes.

Algunos de los edificios históricos más relevantes que cuentan con este instrumento son la catedral Santa María del Fiore de Florencia, la basílica de San Petronio de Bolonia, Santa María degli Angeli e dei Martiri de Roma, la iglesia de Saint-Sulpice de París o el Monasterio del Escorial en Madrid.

Primeras teorías sobre la arquitectura para la observación astronómica

Frente a la subjetiva interpretación que se puede deducir de las creaciones de autores pasados (arquitectos, artistas, inventores…), se da la afortunada circunstancia de que el que se puede considerar padre de los observatorios modernos, Tycho Brahe, dedica un apartado de su obra *Astronomiae Instauratae Mechanica* a una lectura arquitectónica estos edificios: *De Architectonicis Structuris Astronomicis Obfervationibus accomedis* [NOTA: Brahe (1602): *Astronomiae Instauratae Mechanica*, Apéndices]. Asimismo se incluyen otros pasajes dedicados a circunstancias particulares de Uraniborg y Stjerneborg. De este modo, Tycho deja de lado otros puntos de interés de sus construcciones como el laboratorio de alquimia o los jardines para centrarse en aquellos aspectos que relacionan la astronomía con la arquitectura.

Tycho subraya la importancia de la elección del lugar de implantación como una característica clave del observatorio. Por este motivo apunta hacia sitios de cotas elevadas, en especial respecto al entorno inmediato, para conseguir una perspectiva del

cielo visible lo más amplia posible y libre de obstáculos. Además, también considera la ubicación geográfica en la que se instalará el observatorio, reconociendo tanto la luminosidad y mejor climatología de las latitudes meridionales como la extensión de las noches de invierno de las latitudes más septentrionales. No obstante, asume que dicha localización tiende a verse comprometida por circunstancias económicas y políticas ajenas a criterios astronómicos o arquitectónicos.

En lo relativo a los edificios, dado que Tycho no es arquitecto por lo que permanece ajeno a la corriente arquitectónica renacentista, sin entrar a profundizar en sus ideales. Evita las alusiones acerca de las proporciones, los órdenes de columnas, los ornamentos o cualquier vocación estética. La única concesión en este sentido alude a elementos simbólicos y a la ostentación propia de su posición y de su benefactor. Contrariamente su interés arquitectónico se limita a una cuestión de funcionalidad.

Según Tycho, los espacios de los observatorios deben responder a una función práctica. Por esto tienen que ser amplios y con una forma tal que permitan acoger los instrumentos de observación con sus usuarios, de manera que estos puedan trabajar de forma confortable. Incluso, los espacios deben de posibilitar la instalación permanente de estos equipos. Este detalle define un poco más las necesidades de la edificación: los instrumentos requieren de una visión tan libre como sea posible del cielo, mientras que deben poder protegerse de la intemperie. Por esto, resulta esencial que los espacios que contengan instrumental fijo queden cerrados por paramentos móviles en fachada o cubierta para permitir su abertura o cierre cuando se considere oportuno.

También les dedica una atención especial a los usuarios del observatorio. Dado que Tycho es astrónomo conoce las circunstancias menos evidentes que rodean los largos periodos de observación. Consciente de la necesidad de puestos de trabajo o del reposo durante la espera de una posición astronómico, incorpora estas funciones en los edificios. Además, atiende al confort térmico, apuntando la necesidad de calentar parte de los observatorios. Todas estas cuestiones no son sólo por el bienestar de los astrónomos sino incluso por una cuestión práctica: la falta de descanso o los síntomas del frío continuado (castañeteo y congelaciones) dificultan la observación y la recogida de registros.

En cuanto a la materialidad, desde la experiencia de sus proyectos en la isla de Hven, Tycho da mucha importancia a la estabilidad. Por ello, remite a la albañilería con

piedra o ladrillo para los elementos estructurales de base, incluyendo profundos cimientos de piedra. Por otro lado, la necesidad de movilidad de las cubiertas en los habitáculos donde hay instrumentos implica otras soluciones de mayor ligereza, como pudieran ser el metal o la madera.

En definitiva, el trasfondo teórico que Tycho desarrolla se basa en la experiencia que adquiere durante la construcción y el funcionamiento de Uraniborg y Stjerneborg, con sus errores y sus aciertos. Aunque en la citada obra no se hace alusión a los criterios arquitectónicos que se aplican en los laboratorios, sí parece evidente que se reflexionó sobre la arquitectura que necesitaba el espacio adecuado para la investigación alquímica.

Como hemos mencionado anteriormente, los conocimientos de Tycho sobre arquitectura eran inexistentes. Tal vez por ese mismo motivo, el astrónomo era ajeno a las ataduras estilísticas de la época y su visión de un edificio para la observación se limitaba a dar respuesta a una cuestión de funcionamiento. Siendo él astrónomo, conocía el funcionamiento logístico intrínseco al programa de observaciones, lo que provoca que su consideración del observatorio como edificio resulte de la convergencia de arquitectura, astronomía y usuario.

Algunos años más tarde, en la segunda mitad del siglo XVII, el autor Juan Caramuel de Lobkowitz dedicará un artículo de su tratado *Architectura civil recta y obliqua* a esta misma cuestión. No obstante, su perspectiva, aun manteniendo una visión funcional, resulta mucho más aséptica e idealizada que la de Tycho, dado que Caramuel, al no ser astrónomo, no se implica ni dedica tanta atención al usuario del edificio.

Juan Caramuel fue un monje cisterciense y polímata español cuya carrera eclesiástica lo llevó desde España hasta Portugal, Países Bajos, Alemania o Italia. Ávido inagotable de conocimiento, desde su infancia y a lo largo de su vida estudió toda suerte de materias: matemáticas, astronomía, gramática, ortografía, arquitectura, teología, filosofía y numerosas lenguas. Además, fue un prolífico escritor. En 1678 publica este tratado en el que recoge sus reflexiones sobre arquitectura que lo habían obsesionado desde hacía más de cincuenta años [NOTA: Pena Bujan (2007): *La Architectura civil recta y obliqua de Juan Caramuel de Lobkowitz en el contexto de la Teoría de la Arquitectura del siglo XVII*, pp.45-51]

En algún momento, Caramuel debió tener conocimiento de los observatorios de Tycho, al menos de Uraniborg atendiendo a lo que expresa en sus escritos: "Es pues esta Facultad, poniendo en propios términos su Definición, una *Ciencia aparte, que se ocupa solamente en fabricar Palacios en que se puedan observar las Estrellas*. Juzgó Tycho, que hasta su tiempo no había nacido esta Ciencia: o, si había nacido, que había estado ociosa, sin poner en obra sus Ideas; porque en todas las Ciudades, y Villas de Dinamarca no halló una casa siquiera, que diseñada a propósito para observar el Cielo; y así se resolvió a hacer una de nuevo, haciendo los cimientos seguros, y levantándola hasta el último capitel de la torre. Y después de haberla edificado, para que todos tuviésemos noticia de ella, y admirásemos el ingenio de su autor, nos la representó en diferentes planos, que se ven al fin del primer Tomo de sus Cartas" [NOTA: Caramuel de Lobkowitz (1678): *Architectura civil recta y obliqua*. Tomo II. Tratado VII. Artículo VI. p.64. Haciendo alusión a *Epistolae astronomicae* deTycho Brahe].

De alguna forma, Caramuel reconoce en Tycho al precursor de la Arquitectura de la Astronomía, aunque matizando que su observatorio no podía incluirse en esta materia: "Digo pues, que Tycho no tuvo noticia de la Arquitectura Celestial; y que el Palacio, que erigió en Hven, fue Civil, no Astronómico" [NOTA: Caramuel de Lobkowitz (1678): *Architectura civil recta y obliqua*. Tomo II. Tratado VII. Artículo VI. p.65]. Dado que habla en singular, probablemente Caramuel no llegase a tener noticias de Stjerneborg que presentaba una relación forma-función mucho más clara y marcada que Uraniborg. En este caso, es posible que el segundo observatorio de Tycho se aproximase conceptualmente más a la idea de Caramuel, aunque distase mucho de la concepción de este edificio que él planteara.

En lo relativo a su visión funcional, Caramuel entiende que las necesidades de la astronomía no se adecúan a la arquitecturas convencionales (a la civil, a la militar o a la eclesiástica), y pone de manifiesto su singularidad dentro de los posibles usos de un edificio con varios ejemplos: "Para que sirvan, si se edifican los Palacios y Casas: como diferentes Personas necesitan de diversas comodidades, éstas han de dar los edificios. Carecerá un Príncipe y su familia de muchos lugares necesarios, si se hubiere de aposentar en un Monasterio de Monjas: porque en él no tendrá salas, cámaras, ni antecámaras, ni dónde poner sus caballos, y coches. De un modo se edifica una Cancillería, de otro una Universidad, de otro un Hospital, de otro un Convento. Luego también las Tiendas de un Barbero, un Confitero, un Herrero, un Cerrajero, un Platero,

se han de diferenciar entre sí. Y siendo esta verdad, quién dudará de que un Astrónomo, cuya ocupación es observar las Estrellas, ha de tener casa a propósito. […] La ciencia que ha de dirigir en esta obra al Maestro es la que llamamos *Architectura Astronómica*" [NOTA: Caramuel de Lobkowitz (1678): *Architectura civil recta y obliqua*. Tomo II. Tratado VII. Artículo VI. p.64].

No hay que olvidar que Caramuel se aproxima a la arquitectura, en general, desde la teoría. Su visión se basa en la coherencia y la honestidad, una gran innovación ya que estos conceptos continúan siendo manejados por los críticos y estudiosos de la arquitectura en la actualidad. La coherencia implica una ley intrínseca al proyecto, por lo que los criterios aplicables a una parte deben ser extrapolables al resto. La honestidad en el sentido de que la forma y materiales (e incluso los elementos decorativos) deben responder a un uso o función.

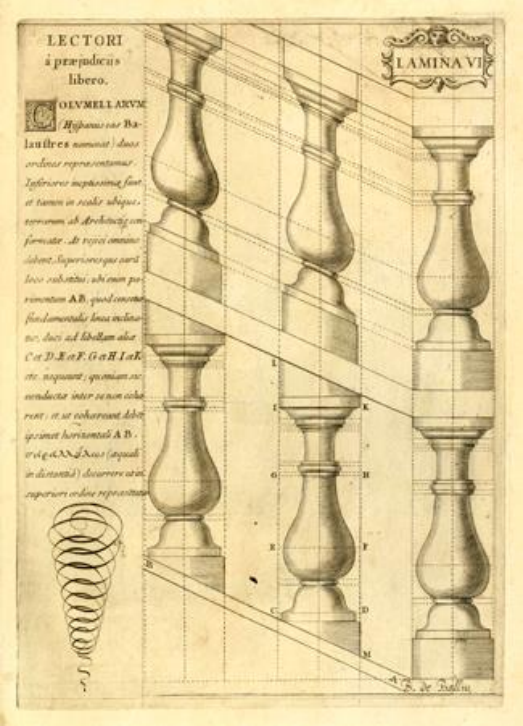


Figura 3.17 – Diagrama de balaustrada de Caramuel.

Él lo ejemplifica con numerosos detalles, como por ejemplo, en su afamada resolución de balaustrada.. Lo convencional es que a lo largo de los tramos rectos e inclinados se utilice un único tipo de balaustre, salvando los desniveles de las pendientes con cuñas de relleno. Sin embargo Caramuel ve un sinsentido en este procedimiento, resolviendo la cuestión con un nuevo tipo de balaustre sesgado que se

adecúa a las inclinaciones de la base y el pasamanos. Esta solución es extrapolable al resto de elementos de la construcción.

En su extrapolación a los observatorios astronómicos, Caramuel formula sus principios a través de la definición de su propio proyecto.

Como punto de partida, el edificio que idea Caramuel tiene que estar alineado perfectamente de norte a sur. Este punto resulta clave para la propuesta ya que los alzados del edificio se configuran a partir de grandes instrumentos astronómicos que necesitan esta orientación. Es decir, dado que estos útiles requieren un gran tamaño para mejorar su precisión científica, Caramuel opta por proponer un edificio que se adapta a estos. Así que, su proyecto se articula en torno a cuatro funciones astronómicas.

A primera vista, en la fachada oeste destacan dos grandes escaleras simétricas de un solo tramo que conducen desde la cota suelo hasta una terraza en la segunda planta. Estos elementos no son fútiles, sino que dan servicio a sus correspondientes instrumentos. En este caso dos enormes cuadrantes que ocupan todo el alto de la fachada y se enfocan respectivamente hacia norte y sur. La función de las escaleras es permitir las mediciones con estos instrumentos independientemente de la altitud del astro observado.

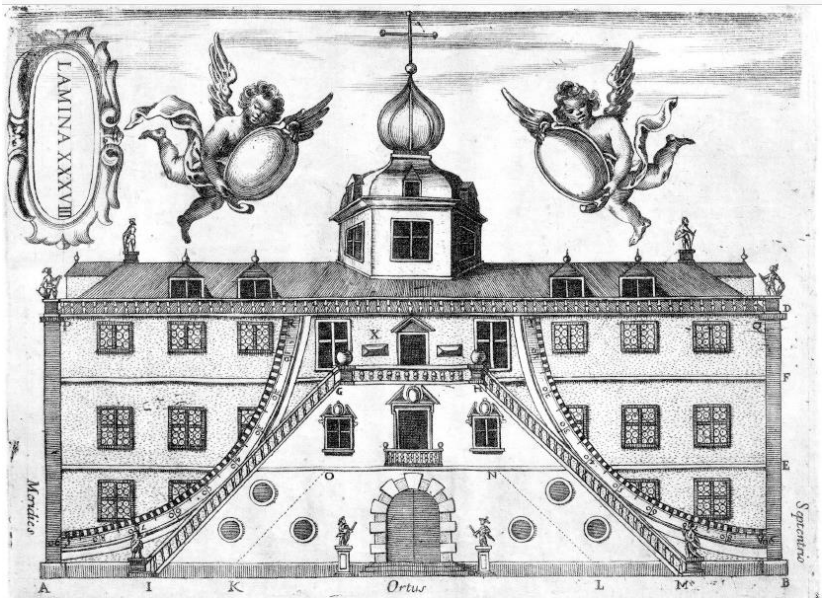


Figura 3.18 – Propuesta de alzado oeste para el observatorio de Caramuel.

La fachada este presenta otro gran instrumento formado por dos líneas en ángulo recto, quedando la de mayor tamaño (equinoccial) alineada con el plano del ecuador y la

menor (polar) con el polo celeste, que junto con un reloj con segundero permite conocer la diferencia de ascensiones rectas entre dos estrellas.

En ambas fachadas, en la mitad del segundo piso, hay una abertura con una cruceta, por la que entraría la luz directa del sol al amanecer y al atardecer, permitiendo estudiar su amplitud ortiva y occidua, para examinar los movimientos solares.

Por último, la cruz que remata el edificio, lejos de ser un ornamento vacuo tiene su propia función astronómica. Caramuel precisa que, conociendo la altura exacta de la cruceta y la distancia en planta desde un punto cualquiera de observación con el suelo bien nivelado, con unos cálculos trigonométricos se puede conseguir la altitud y acimut de cualquier astro.

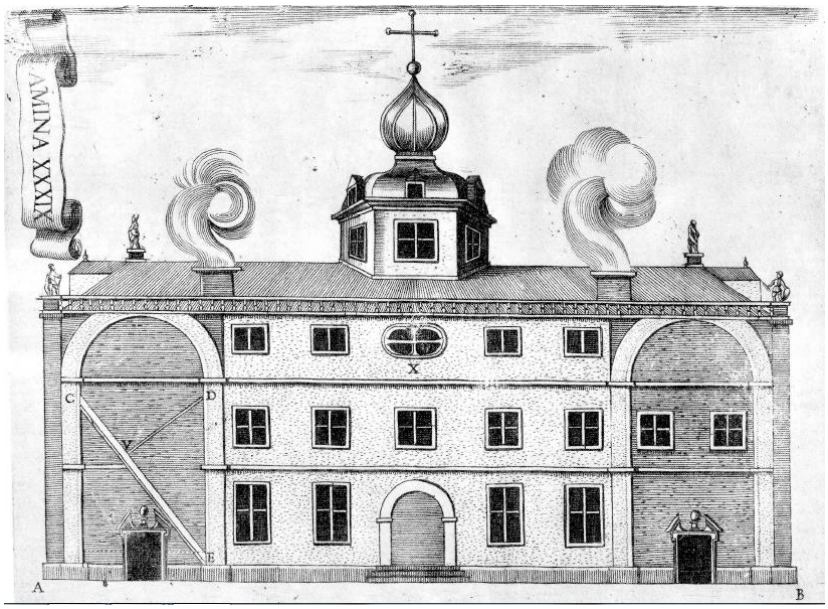


Figura 3.19 – Propuesta de alzado este para el observatorio de Caramuel.

Es necesario insistir en que Caramuel no es arquitecto, sino un estudioso que elabora un tratado con una idea de observatorio destinada a servir como modelo. Lo cierto es que su propuesta, desde una perspectiva arquitectónica, resulta bastante imprecisa ya que se limita en gran parte a resolver tan sólo la envolvente, ignorando el interior del edificio o su representación en plantas o secciones.

Además, aunque su intención declarada sea vincular la definición del observatorio estrictamente a su función, termina resultando incongruente al caer en el uso de elementos decorativos propios de la época: frontones, balaustradas, molduras, cornisas, remates, etcétera.

Comprendiendo las limitaciones de su conocimiento de la materia, hay que reconocerle a Caramuel una visión innovadora y transgresora según la cual la arquitectura debe responder a la función que alberga. En este caso, el observatorio tiene que satisfacer la necesidad astronómica.

Sin embargo, lo drástico de su premisa margina a la propia arquitectura de la ecuación, convirtiéndola en un mero pretexto, y suprime, en buena parte, las necesidades del usuario. El observatorio de Caramuel deja a la arquitectura y al usuario subyugados a la astronomía.

Llegados a este punto, Kwan afirma que "la astronomía típica renacentista no requería mucho diseño arquitectónico a gran escala. Lo que se corrobora, en cierto sentido, por el hecho de que los autores astronómicos no tenían nada que decir sobre los observatorios, más allá de que estaban ubicados en determinadas poblaciones, casas o torres" [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.23].

Sin embargo, por nuestra parte entendemos que los autores no hablaban de observatorios porque era difícil catalogar como tal muchos de los semiimprovisados espacios de observación.

Recordemos ahora en palabras de Caramuel la importancia del arquitecto en los observatorios: "cuanto dista el Cielo de la Tierra, dista (la Astronomía) de la Arquitectura; y vendrá a ser poner en manos de Vitrubio un Astrolabio, que un pico o un azadón en las de Ptolomeo" [NOTA: Caramuel de Lobkowitz (1678): *Architectura civil recta y obliqua*. Tomo II. Tratado VII. Artículo VI. p: 64].

Desde un aspecto meramente práctico, el observatorio protege al astrónomo y su equipo de las inclemencias meteorológicas, permitiendo unas observaciones mucho más duraderas y precisas. Más allá de esto, el observatorio propicia un lugar de estudio, de intercambio de conocimiento e incluso de residencia. Todo esto favorece unas condiciones de investigación más favorables imposibles de cuantificar.

En definitiva, seguiremos a lo largo de los siguientes apartados comprobando cómo la evolución de los observatorios como edificios resulta esencial para el avance de la astronomía, aunque se ha ido demostrando hasta el momento.

Surge el telescopio

Aunque ahora parezcan indisociables, la astronomía y los telescopios no siempre han ido de la mano. De hecho, esta ciencia aparece bastantes siglos antes de que el telescopio sea una realidad. Como hemos visto a lo largo de apartados anteriores, la evolución de la astronomía ha sido constante pese a basarse en medios simplemente oculares, y esto se ha reflejado en los espacios desde los que se estudiaba el cielo: los propios observatorios.

La ampliación, característica esencial de los telescopios, se conocía mucho antes de la invención de estos. Ya en la civilización islámica medieval se recurría a un útil denominado piedra de lectura, un vidrio semiesférico para agrandar el texto que se iba a leer. Incluso, pese a que la invención de los anteojos se produce en Italia hacia 1284 y a que a principios del siglo XV los fabricantes de gafas se extendían por toda Europa, no se alcanzaría esa relación de problema-solución hasta doscientos años más tarde. Habría que esperar para confirmar que, como algunos pensadores había intuido durante cientos de años, había mucho más de los pequeños puntos borrosos de luz que se veían a simple vista [NOTA: Barter (2005): *Telescopes*, p. 10].

La invención del telescopio, como sucede en otros muchos inventos, está rodeada de controversia. Existen diversas alusiones a inventores varios, todos ellos alrededor del 1600. Sin embargo, la versión más ampliamente aceptada es la que asigna su autoría al fabricante de gafas Holandes, Hans Lippershey [NOTA: Moore (1997): *Eyes on the Universe: The Story of the Telescope*, p.7]. La historia comúnmente aceptada afirma que el aprendiz de Lippershey jugaba con dos lentes alineándolas y mirando a través de ellas hacia un campanario cuando la imagen borrosa se definió magnificada. Lippershey reconoció la importancia del hallazgo. A partir de aquí construyó un armazón de madera a modo de tubo que albergase las dos lentes, dando lugar a lo que llamó “looker”, observador o mirador.

Lippershey ponderó la importancia de ver a distancia en un contexto militar y, después de años de mejoras, en 1608, vendió su “looker” al ejército holandés. Ese mismo año solicitó la patente, que le fue negada por la aparición de demandas de otros

supuestos autores de la invención [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p: 3].

La repercusión del invento se extendió rápidamente por Europa y otros fabricantes lo copiaron. Al año siguiente se vendían en París o Londres para cazadores y marineros. La popularidad del "looker" llegó hasta Italia, donde un comerciante ofreció uno a las autoridades, que lo derivaron a un consejero científico, quien lo examinó y describió detalladamente a Galileo Galilei, el fabricante más reputado de Venecia, para que se encargase de construir uno propio [NOTA: Barter (2005): *Telescopes*, p.12]. Lo bautizaría como "cannocchiale".

Un año después Galileo había construido ya varios telescopios basados en el diseño de Lippershey, sin embargo, antes de elevar su mirada al cielo para revolucionar la astronomía, Galileo intuyó un uso militar para el dispositivo. En una carta al Duque de Venecia afirma que: "El poder de mi cannocchiale para mostrar objetos lejanos tan claramente como si estuvieran cerca nos debe dar una ventaja inestimable en cualquier acción militar en tierra o mar. En el mar, podremos ver sus banderas dos horas antes de que puedan vernos; y cuando hayamos establecido el número y el tipo de las naves enemigas, podremos decidir si perseguirlo y comprometerlo en la batalla, o tomar vuelo. De manera similar, en tierra debería ser posible desde posiciones elevadas observar los campos enemigos y sus fortificaciones". Y en otra: "Tengo muchos y admirables dispositivos; Pero sólo los príncipes podrían ponerlos en práctica, porque son ellos los que pueden llevar a cabo guerras, construir y defender fortalezas, y para su deporte real hacer gastos más espléndidos " [NOTA: Barter (2005): *Telescopes*, pp.12-14].

A principios de 1610, Galileo se sorprende al apuntar su telescopio hacia la Luna y descubrir la definición de su superficie con montañas, llanuras y cráteres. Dirigiendo su mirada hacia Júpiter descubrió que tenía cuatro lunas. En marzo de ese mismo año, Galileo publicó *Sidereus Nuncius*, un libro de veinticuatro páginas en el que se detallaba una descripción de sus observaciones del cielo nocturno inéditas para ningún otro científico. En éste se explicaba: "Al no ahorrar ni trabajo ni gastos, logré construir para mí un instrumento tan superior que los objetos vistos a través de él parecían magnificados casi mil veces y más de treinta veces más cercanos que si los veía sólo mediante las capacidades naturales de la vista" [NOTA: Moore (1997): *Eyes on the Universe: The Story of the Telescope*, p.10].

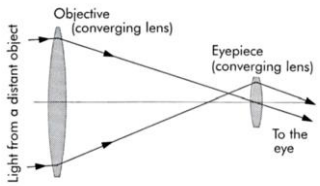


Figura 3.20 – Diagrama del telescopio refractor de Lippershey y Galileo .

Tanto el modelo de Lippershey como el de Galileo se basaban en la refracción de la luz al pasar a través de lentes curvas de vidrio con sus caras pulidas. Es por ello que se los conoce como telescopios refractores. Los fabricantes de telescopios que siguieron este diseño pretendían evolucionar hacia una mayor ampliación y mejor definición o nitidez. Sin embargo, esta ambición se enfrentaba con un inconveniente: la aberración cromática. La luz, al pasar por una lente, se descompone en diferentes colores en función de su longitud de onda, lo que da lugar a una visión irisada y borrosa del astro observado.

Los primeros intentos por subsanar este problema recurrieron a lentes especiales de longitud focal muy alta que contrarrestaban esta interferencia, lo que implicaba otras complicaciones. [NOTA: Moore (1997): *Eyes on the Universe: The Story of the Telescope*, p.14] Finalmente, la forma más sencilla de reducir la aberración cromática era reducir la curvatura de la lente para minimizar la dispersión lumínica, lo cual disminuía el aumento. Para compensar esta pérdida y mantener la ampliación, había que incrementar la longitud focal, luego acrecentar la separación entre lentes y, por ende, alargar la envergadura del telescopio.

La obsesiva búsqueda de instrumentos de mayor aumento desembocó en una disputa por construir el telescopio más largo, que pronto superaría la decena de metros. Estos artefactos debían ser móviles, por lo que se montaban en unas estructuras ligeras. En lugar de introducir las lentes en tubos, como en los de menor tamaño, éstas se situaban sobre marcos abiertos, tensadas con cables y con cuidados equilibrios. Esto les confirió la denominación de telescopios aéreos.

Además de lo problemático que resultaba encontrar un espacio adecuado en el que instalar dichos artefactos, es fácil imaginar cómo semejante escala implicaría unas importantes complicaciones de transporte y manejo. El telescopio refractor parecía tener unas limitaciones intrínsecas.

A mitad del siglo XVII, el científico escocés James Gregory, consciente de que el crecimiento de los telescopios refractores no solventa la interferencia de la aberración cromática comienza a estudiar soluciones alternativas. En 1663, publica *Optica Promota*, en donde describe el primer telescopio reflector, basado en la reflexión de los espejos en lugar de en la refracción de las lentes. Gregory propuso capturar la luz mediante un sistema de espejos cóncavos. Aunque esto implicaba un mayor diámetro del tubo del telescopio, reducía significativamente su longitud para igualar los aumentos de los refractores. Pese a que Gregory nunca consiguió construir este modelo de telescopio, su diseño señaló el camino a los que vendrían detrás de él, por lo que aun hoy se conoce como telescopio "gregoriano" [NOTA: Barter (2005): *Telescopes*, pp.18-19].

Sólo unos pocos años más tarde sería Isaac Newton quien conseguiría desarrollar un modelo de telescopio basado en la reflexión de espejos, como había anticipado Gregory. No obstante, su diseño presentaba suficientes diferencias como para que se le distinga del "gregoriano" y se le reconozca como "newtoniano".

El primer reflector de Newton fue presentado en 1671, aunque pudiese tener algún prototipo desde 1668. Pese a que era de un tamaño muy reducido, y su aumento era moderado, sirvió para demostrar su funcionamiento. En 1673 Laurent Cassegrain presentó otro modelo de telescopio reflector, una variación del diseño de Gregory. Sin embargo, las variaciones de este lo hicieron muy popular puesto que consiguen una misma ampliación con menores dimensiones que los "gregorianos" y "newtonianos". Son conocidos como telescopios "Cassegrain" [NOTA: Moore (1997): *Eyes on the Universe: The Story of the Telescope*, pp.21-22].

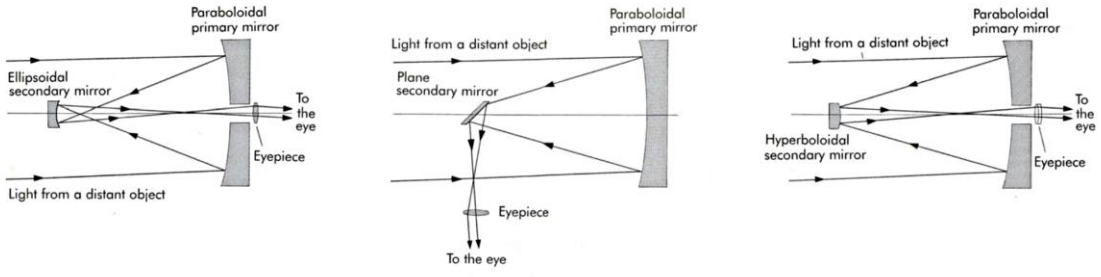


Figura 3.21 – Diagramas de los telescopios reflectores de Gregory, Newton y Cassegrain .

Hay que matizar que los primeros reflectores presentaban algunos importantes inconvenientes como el empañamiento de los espejos o la necesidad de repulirlos

frecuentemente, lo que mermaba su calidad de visión, en contraposición a los refractores, que prácticamente carecían de mantenimiento.

Independientemente del principio físico en que se basase cada modelo de telescopio, lo cierto es que su incorporación al estudio de los astros significó un salto evolutivo de la astronomía que modificó las condiciones de observación y necesidades de los astrónomos, lo que implicó una trascendente repercusión en sus espacios de trabajo. "El telescopio cambió todo. Cambió la forma en que vemos el universo, cómo vemos el mundo, cómo nos miramos a nosotros mismos y, en consecuencia, cómo nos comportamos" [NOTA: Krupp (2011): "Going Public", p.461]. Evidentemente, el telescopio cambió la astronomía para siempre, lo que necesariamente tendría su impacto en los observatorios.

El telescopio como variable

Si anteriormente hemos hablado de como la arquitectura de los observatorios debía adecuarse a las condiciones de observación, resulta sencillo anticipar cómo la incorporación del telescopio como principal herramienta de trabajo marcaría el devenir del diseño de los observatorios para la astronomía telescópica. Además de satisfacer unas necesidades básicas para permitir su adecuado funcionamiento, el progresivo aumento de precisión demandaba unos requerimientos mecánicos y de confort de uso acordes a los avances ópticos para evitar que la arquitectura representase un freno para la investigación científica.

No obstante, dado que los primeros telescopios solían ser de un tamaño reducido y bastante manejables, numerosos astrónomos llegaron a la conclusión de que podrían realizar sus observaciones desde las ventanas, balcones, terrazas o jardines de su propia residencia. O desde dependencias públicas. Es por esto que, durante este periodo, el desarrollo de los observatorios tiende hacia estructuras sencillas o, directamente, a añadidos sobre edificaciones preexistentes para instalar plataformas desde las que conseguir mejores visuales del cielo.

Por ejemplo, en 1633 se funda en Holanda el observatorio de la Universidad de Leiden, siendo el más antiguo de Europa integrado en una institución pública, retoma la vocación plural de los observatorios islámicos. [NOTA: En relación a su funcionamiento

como institución pública. Desarrollado en el apartado “El observatorio islámico”] La universidad había adquirido un cuadrante para el que se construyó una ampliación sobre la cubierta existente: una pequeña torre de planta rectangular coronada por una plataforma. Poco después se le añadió una planta más y se terminó rematando con una planta octogonal cubierta con huecos de fachada practicables hacia todas direcciones. En torno a 1689 se levantaría una segunda torre, idéntica a la primera, y se unirían mediante una pasarela abierta. [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, pp.4-5] Todavía en activo, aunque con poco parecido al original, representa el observatorio universitario más antiguo del mundo.



Figura 3.22 – Grabado de la Universidad de Leiden. Tras la cubierta asoma la plataforma.

Por su parte, las universidades jesuitas instalaron varios observatorios en sus instituciones de toda Europa. Especialmente representativo fue el de la Universidad de Ingolstadt, en Alemania, donde se comenzó situando la zona de observación improvisada en una torre existente para terminar elevando una torre de madera en 1635. La construcción, denominada “turris mathematica”, tenía aberturas orientadas hacia los cuatro puntos cardinales. En 1650 se agrega una plataforma extra sobre la logia del profesorado. El centro astronómico se mantendría activo hasta su incendio en 1684 [nota: Udías (2003): *Searching the Heavens and the Earth: The History of Jesuit Observatories*, pp.26-27].

A lo largo del siglo XVII se irguen diversas estructuras con vocación de observatorio por Centroeuropa: en Viena, en Utrecht o en Jena, entre otros. Sin embargo, merece una atención destacada la propuesta de Copenhague. Un caso, en el

que pese a la mayor complejidad arquitectónica, las bases astronómicas siguen siendo muy elementales: el Rundetaarn, literalmente ‘torre redonda’.



Figura 3.23 – Grabado del Rundetaarn.

Esta construcción fue levantada bajo mandato de Christian IV por recomendación del astrónomo Longomontanus y años más tarde, bajo el gobierno de su nieto Christian V, quedaría dirigida por Ole Rømer. Este proyecto, originario de 1637, representa la parte dedicada a la astronomía del complejo Trinitatis, que aglutinaba las tres principales instituciones de erudición del siglo XVII en Dinamarca.

La torre, que como todo el conjunto aún se conserva en buen estado, tiene un desarrollo ascendente helicoidal de forjado inclinado, con bóveda de gran escala, apto para recorrerlo a caballo o, incluso, en carruaje. La rampa se levanta en torno a un núcleo cilíndrico hueco, apropiado para experimentos de péndulo, y cerrado al exterior con una envolvente con aberturas acristaladas. En la cúspide, a más de cuarenta metros de altura, desemboca la rampa en una plataforma ligeramente inclinada con vistas de trescientos sesenta grados alrededor del núcleo.



Figura 3.24 – Interior del Rundetaarn. Rampa helicoidal.

Pese a lo aparentemente idóneo de las condiciones de la plataforma, ésta carecía de las características necesarias para una buena observación y como reconocería Peder Horrebow, el ayudante y sucesor de Rømer, no era adecuada para instrumentos que necesitaban "un sitio firme, estable y también a salvo del peligro de cada pequeña oscilación y divergencia" [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.137].

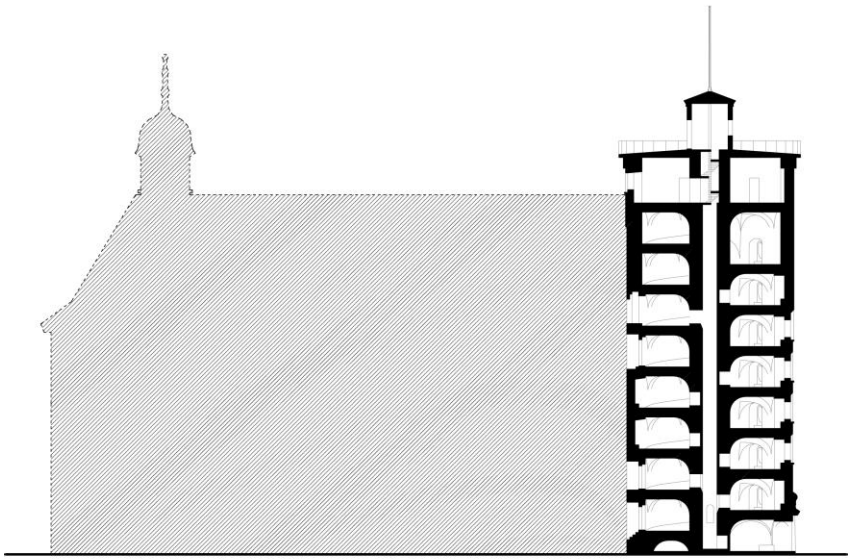


Figura 3.25 – Rundetaarn. Sección.

En realidad, este 'observatorio' era poco más que una plataforma elevada hasta una posición privilegiada y descubierta, sin protección contra el viento o el frío ni lugar de trabajo a resguardo de las inclemencias meteorológicas, con lo que difícilmente podamos reconocerlo como tal. Posiblemente, atendiendo estrictamente a su diseño, su verdadera función se aproximase más a servir de mirador para los nobles que a un centro de investigación astronómico.

El crecimiento de los telescopios en aras de una mayor ampliación dio lugar a problemas de estabilidad durante el enfoque de objetos en el cielo, lo cual se solventó en los instrumentos de índole cenital. Los telescopios se instalaban verticalmente adosados a algún tipo de estructura que aseguraba su fijeza y equilibrio.

Es el caso del telescopio de Robert Hooke (1674) en el Gresham College para medir el paralaje, quien ante la necesidad de una instalación en un espacio alto y estrecho, sin perturbaciones, durante un periodo extenso de tiempo, optó por

acomodarlo en su propia residencia. Se montó de forma vertical, atravesando la cubierta y un forjado, para que pudiese realizar las observaciones desde el nivel inferior. Además le incorporó un sistema que permitía su cubrición y resguardo con mal tiempo o cuando no estaba en uso.

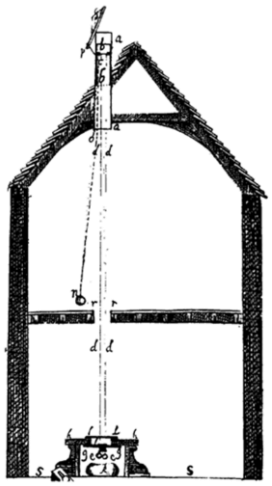


Figura 3.26 – Diagrama del puesto astronómico de Hooke en el Gresham College.

Hooke llegó a la conclusión que las claves eran la masa y la rigidez, ambos caros a escala arquitectónica y difíciles de conseguir. [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.163] Además, la altura de la estructura emparejada al telescopio limitaba la longitud máxima de éste. Aprovechando su relación con el arquitecto real Christopher Wren y el contexto de reconstrucción tras el gran incendio que había asolado Londres, Hooke pudo colaborar en el diseño de grandes obras, incorporando a los proyectos una vertiente astronómica. Esta intervención se limitó a incluir en construcciones altas una vertical ininterrumpida, ocasionalmente mediante trampillas, que permitiese la instalación de grandes telescopios o experimentos que requiriesen de mucha altura.

En todo caso no hay constancia de la implantación de dichos telescopios o de la práctica de esos experimentos, por lo que no puede decirse que sus actuaciones resultasen exitosas, al menos en lo relativo a la astronomía. En estos proyectos el objetivo principal no era, en ningún caso, la ciencia, sino que tenían otro uso, siendo la astronomía un injerto que se adaptaba al diseño de la arquitectura preconcebida con otra finalidad.

Un trabajo similar es el de John Flamsteed (1676), que busca esa estabilidad vertical profundizando en la tierra en lugar de creciendo hacia el cielo con una construcción, en una evolución semejante a la llevada a cabo por Tycho Brahe en su segundo observatorio. Flamsteed instaló su telescopio en un pozo seco de unos treinta y cinco metros de profundidad. En la parte inferior se situaba la zona de observación, a la que se accedía mediante una escalera de caracol y desde la que surgía un telescopio que alcanzaba la pequeña construcción que cubría el pozo. [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.175-178] Este proyecto también presentaba inconvenientes, como la humedad o los insectos que podían deteriorar el propio telescopio. De cualquier modo, aunque con algunas mejoras pudiese haber representado una buena solución para los telescopios cenitales, su ámbito de aplicación era bastante limitado, por lo que no llegó a consolidarse en ningún modo.

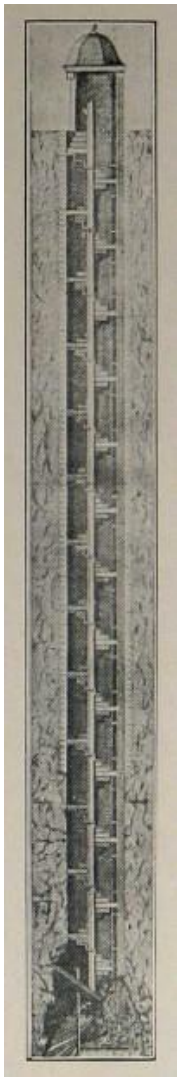


Figura 3.27 – Instalación astronómica en el pozo de Flamsteed.

Estos astrónomos habían recurrido a una solución imprevista y poco planificada que, si bien les permitió avanzar en sus investigaciones y conseguir ciertos descubrimientos, no significó avances en el diseño de los observatorios.

Por otro lado, hacia la segunda mitad del siglo, comenzó una carrera por conseguir el telescopio de mayor longitud, por lo que se desarrollaron modelos aéreos cada vez más largos y más complicados de utilizar. Estos instrumentos se hicieron tan largos que ya no cabían en el interior de edificios. Además del problema de conseguir una ubicación en el que instalarlos, su exposición dificultaba su manejo y las tareas de medición o recogidas de datos necesarias para la investigación.

Pongamos por ejemplo un telescopio de Robert Hooke de unos doce metros de largo, instalado alrededor de 1660 en el Gresham College de Londres para uso del arquitecto y astrónomo Christopher Wren. El telescopio era suficientemente largo como para que resultase demasiado complicado ubicarlo y manipularlo en un espacio interior. Por ello se terminó estableciendo en un patio, izado hacia la mitad de su longitud de un poste de quince metros de alto. Si bien la altura de la edificación perimetral coartaba parte de la visión del cielo, también es cierto que reducía la exposición al viento y controlaba el acceso de público. De forma que pese a conllevar algún inconveniente, la ubicación en el patio ofrecía algunas contraprestaciones que favorecieron las buenas observaciones [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.141-148].

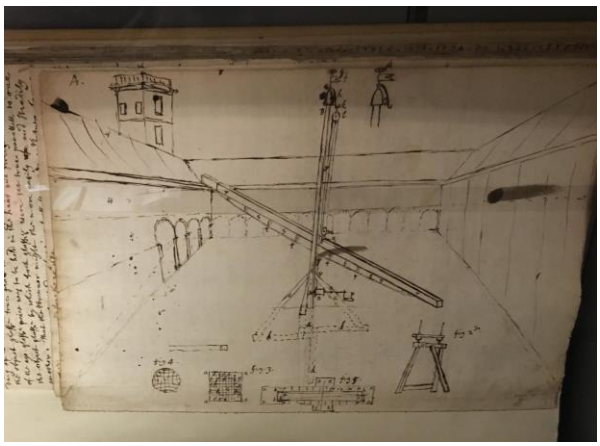


Figura 3.28 – Dibujo del telescopio de Hooke en el patio del Gresham College expuesto en la Royal Astronomical Society .

Algunos años más tarde, en 1681, y con la experiencia de haber participado en algunas instalaciones astronómicas, Wren describiría un observatorio ideal con “un gran

cuadrante fijado a un muro alineado con el meridiano", "postes para levantar grandes telescopios" y con "espacio para manejarlos" y con un edificio sin techo para albergar otros instrumentos, compuesta sólo por una envolvente de cuatro fachadas que puedan "ser retiradas en su totalidad cuando los instrumentos se utilizan, como quitando la tapa de una caja, o con bisagras […] como una trampilla" para permitir observaciones cercanas al horizonte [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.26, citando una carta al Dr. John Fell, Obispo de Oxford].

Wren, como arquitecto, identifica el problema que supone la propia obstrucción del edificio para los útiles de observación, y plantea ya entonces alguna manera en la que solventar dicha complicación. De algún modo, se adelanta a las soluciones para las envolventes de observatorios posteriores.

Continuando con esta tendencia de los grandes telescopios, el astrónomo holandés Christian Huygens desarrolló telescopios aéreos cada vez de mayor longitud focal, luego más largos, hasta sobrepasar los treinta metros de distancia focal. Sus telescopios carecían de un armazón completamente rígido, contrariamente sólo los dos extremos, con sus lentes, se encontraban en sus respectivas carcasas con sus respectivas estructuras de apoyo, solo unidos entre sí por un cordel. Estos telescopios se ubicaban necesariamente en espacios abiertos, lo que atraía el interés de los ciudadanos de la región [NOTA: Moore (1997): *Eyes on the Universe: The Story of the Telescope*, p.15]. Poco antes de morir, en 1692, llegó a presentar ante la Royal Society de Londres un modelo de treinta y siete metros de largo [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.10]

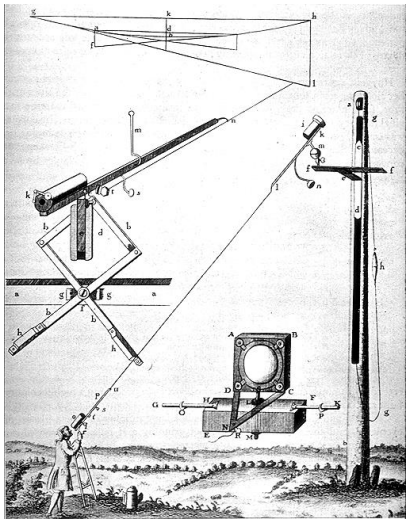


Figura 3.29 – Esquema de un telescopio aéreo de Huygens.

Otro caso es el de su coetáneo Johannes Hevel, también conocido como Hevelius de Danzig, actualmente Gdansk. Él poseía tres casas adyacentes y hacia 1641 unió sus tres cubiertas, con una gran plataforma continua, para uso astronómico, donde situó sus telescopios aéreos con armazón rígido. Aunque hay referencias hacia esta construcción que la identifican como un observatorio, lo cierto es que, desde nuestra perspectiva, parece ser una solución improvisada que recuerda bastante a la plataforma del palacio del Landgrave Wilhelm IV [NOTA: Desarrollado en el apartado "Génesis del observatorio moderno"]. Luego por coherencia, consideramos esta solución como un puesto de observación cuya única relevancia radica en la pionera instalación de estos grandes instrumentos de forma permanente sobre una construcción.

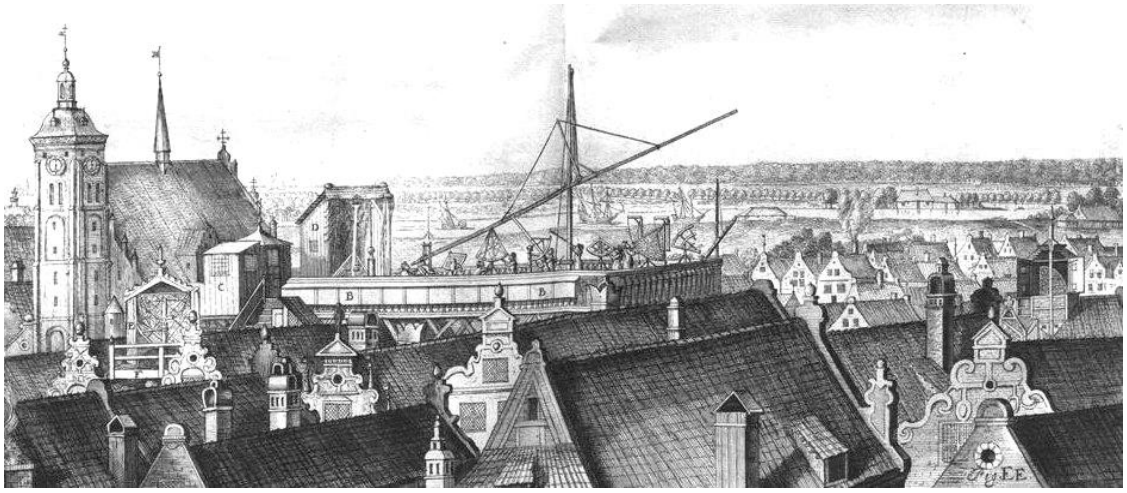


Figura 3.30 – Grabado de la plataforma astronómica sobre las viviendas de Hevel.

Respecto a sus telescopios, primero montó uno de dieciocho metros de longitud, luego otro de veintiuno. Finalmente, terminaría construyendo uno de unos cuarenta y cinco metros de largo, que sobrepasaba los límites de lo que podía establecer en su plataforma. Por lo tanto, se vio obligado a sacar este telescopio a campo abierto a los alrededores de la ciudad, instalándolo sobre un poste de veintisiete metros de alto y suspendido por varios tirantes a lo largo de toda su longitud [NOTA: Moore (1997): *Eyes on the Universe: The Story of the Telescope*, p.14].

La observación con un telescopio de esas dimensiones no debió ser algo sencillo, al contrario. Para facilitar esta tarea, el instrumento contaba con una silla especial para Hevel, que le permitía permanecer sentado a diferentes alturas para mejorar la comodidad durante el estudio del cielo. Era necesario un pequeño grupo de colaboradores para trasladar, erguir y montar perfectamente alineadas las secciones del

telescopio de campo. Algo similar sucedía con las observaciones: parece ser que Hevel podía manejar por sí mismo los telescopios de su plataforma, pero éste era demasiado aparatoso para manipularlo él sólo. Por ello, requería de un equipo de operarios perfectamente coordinados para mover el telescopio con precisión mediante cables y poleas, mientras él permanecía sentado mirando por el ocular [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.149-150].

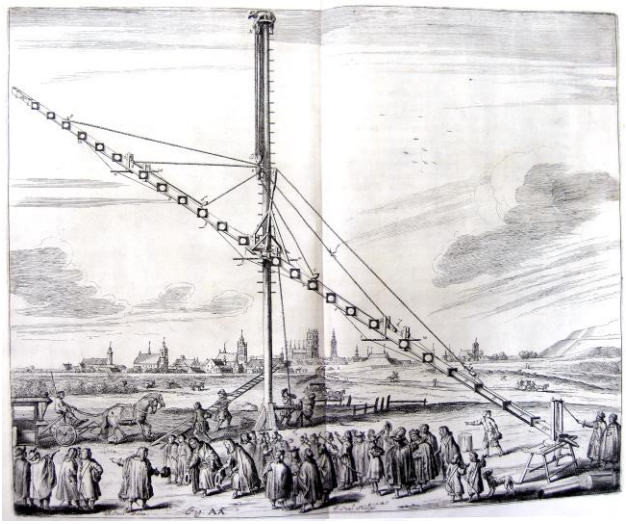


Figura 3.31 – Grabado de uno de los telescopios de Hevel.

A las dificultades propias de elaborar un telescopio de manera artesanal de esas dimensiones se le añade la complejidad de conseguir una estructura estable, ligera y móvil al mismo tiempo. El mástil, por ser un elemento tan esbelto, tendería a la oscilación. Además, las cuerdas podrían dilatarse o contraerse con los cambios de humedad, dificultando el calibrado del instrumento.

Por otro lado, a la compleja operatividad del telescopio, por su tamaño, hay que sumar las dificultades de trabajar expuesto a los elementos y las fatigosas posturas para adecuarse a la observación. De ahí que Hevel tratase de reducir, en la medida de lo posible, la incomodidad mediante el diseño de la silla complemento, especialmente concebida para la observación con estos instrumentos. De aquí se puede extraer la importancia que este astrónomo le confería al confort del usuario.

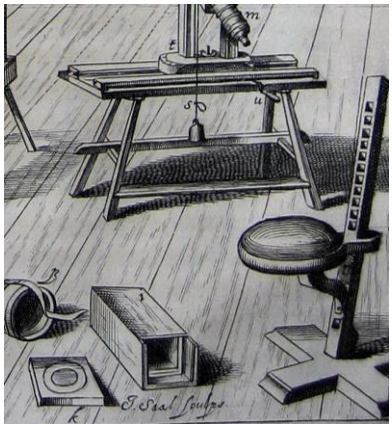


Figura 3.32 – Grabado de la silla de observación diseñada por Hevel.

Dando un paso más, Hevel presenta en su *Machinae Coelestis* de 1679 un proyecto de observatorio. El diseño se basa en la superposición de dos elementos bien diferenciados. En primer lugar, presenta una gran plataforma de madera elevada sobre el terreno mediante una retícula de pilares, desde la que poder realizar observaciones con varios telescopios simultáneamente. Además, el suelo sería retirable, al menos en parte, para permitir la visión del cielo desde la parte inferior para otros trabajos o experimentos. En segundo lugar, plantea una torre centrada en la plataforma, que la sobrepasa unos veinte metros en altura y que queda rematada por una cubierta que descansa sobre un anillo del que salen cuatro travesaños con poleas y aretes de los que colgar los largos telescopios aéreos. La principal innovación de la propuesta consiste en que toda la cubierta, con los travesaños, queda sobre un sistema de engranajes que posibilita el giro de la estructura.

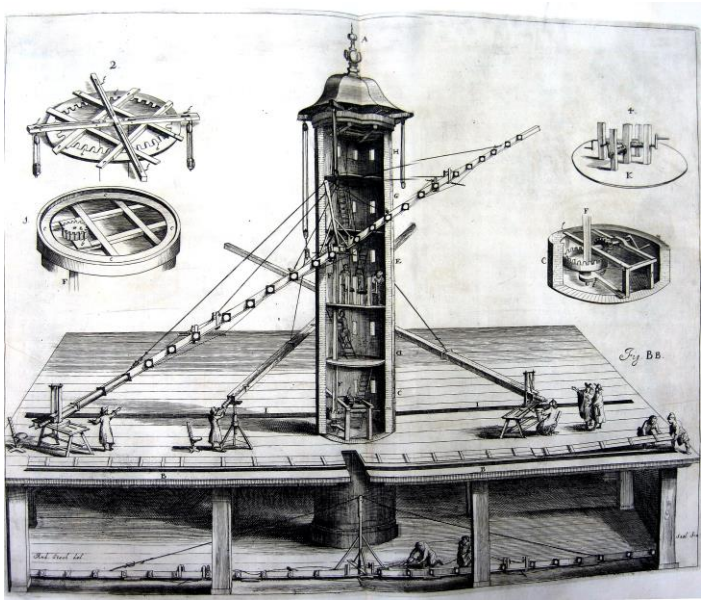


Figura 3.33 – Grabado de la *Machinae Coelestis* de Hevel.

El gran acierto de Hevel en su diseño radica en incorporar el movimiento a la construcción. La observación implica un seguimiento prolongado en el tiempo durante el que la rotación de la Tierra parece desplazar los cuerpos celestes por el cielo cuando estos no se desplazan por su propio movimiento. La observación no es un proceso estático y Hevel refleja esto en su propuesta, anticipando un rasgo que se terminaría consolidando en la arquitectura de los observatorios muchos años más tarde.

Por el contrario, el interior de esta estructura carece de interés, ya que sólo parece servir de acceso a la parte superior para, tal vez, tareas de mantenimiento. Dado que sólo es un proyecto teórico no es posible aventurar si, en caso de haberse materializado, se hubiese habilitado y dotado de un uso ese espacio.

Con este proyecto, Hevel imagina que "nunca tendría que instalar esos largos y pesados telescopios con tanta pérdida de tiempo y tantos problemas" [NOTA: Hevel (1679): *Machinae Coelestis*, p.55], profetizando que los telescopios, al menos algunos, dejarán atrás su portabilidad para instalarse como instrumento principal en los observatorios, en una relación simbiótica con la construcción.

No obstante, esta asociación no se materializaría hasta años después y, mientras tanto, la progresión en el crecimiento de los instrumentos había alcanzado e, incluso, sobrepasado ampliamente la escala de los edificios que pretendían albergarlos. Por este motivo, los grandes telescopios empezaron a requerir unos volúmenes que implicaban el abandono del cobijo de la arquitectura, dejando atrás los observatorios.

La consecuencia directa conllevó algunas complicaciones difícilmente salvables: la incidencia directa del viento disminuía la precisión de las observaciones, la nieve o la lluvia impedían la correcta toma de notas y, en general, la exposición climática no era adecuada para las largas observaciones del astrónomo; además el telescopio quedaba abierto a un público que podía deteriorarlo o dañarlo. Parece evidente, por lo tanto, que el tamaño de los telescopios aéreos tenía un límite.

Así que, de igual modo que Tycho había huido de la exposición de sus plataformas de Uraniborg buscando el resguardo, Rømer traslada las observaciones al contexto arquitectónico de su propia casa, en la que ocupa una habitación orientada a sur para dicho uso, donde instalará su "machina doméstica" en torno a 1690. Este instrumento se basa en un telescopio de tránsito meridiano, perfectamente orientado en un plano norte-

sur y con una estabilidad fiable, para captar el instante en que el astro observado cruza el meridiano y tomar las correspondientes referencias.

En este sentido, pese a que en este periodo era habitual el uso de telescopios largos, "muchas de las observaciones importantes de la segunda mitad del siglo XVII se hicieron con instrumentos más cortos, que eran más fáciles de manejar y alojar". [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.14]

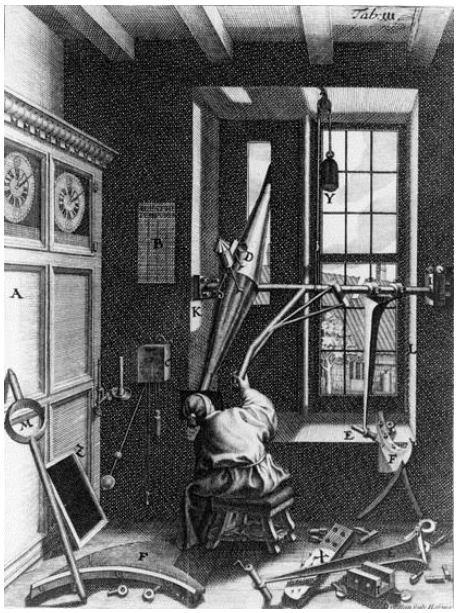


Figura 3.34 – Grabado de puesto de observación doméstico de Rømer.

Atendiendo al grabado de Horrebow, en su *Basis astronomiae*, sobre el observatorio doméstico de Rømer, es posible entender cómo el astrónomo cegó uno de los frentes del ventanal manteniendo la apertura mínima para la operatividad del telescopio [NOTA: Horrebow (1675): ilustración en los apéndices de la obra citada]. De este modo, podía trabajar realizando observaciones manteniendo el confort climático aun en condiciones meteorológicas adversas. Además, mientras no estuviese en uso, se podría cerrar la abertura con una tabla evitando la pérdida de calor. Nótese cómo en el grabado se percibe, a través de la ventana, un recorte en el tejado de la vivienda visible. Probablemente esta apertura responda a la vocación de Rømer de extender sus observaciones hasta las menores altitudes.

De cualquier forma, es imposible saber con certeza hasta qué punto condicionó la arquitectura sus observaciones. Es decir, ¿diseñó Rømer un dispositivo que, por pura casualidad, podía adaptarse al espacio que ya tenía o ideó su "machina doméstica" para adecuarse a la arquitectura de su casa? Pese a que sea imposible descartar la primera

alternativa, parece más probable, menos aleatorio, el segundo escenario. Lo cual nos da una muestra más de la importancia de la arquitectura en los observatorios.

Una arquitectura siguiendo a la astronomía

Durante este periodo de varias décadas en la que aparecen los primeros observatorios astronómicos europeos se produce un proceso de aprendizaje, en muchas ocasiones mediante ejercicios de ensayo-error, que no termina por definir un modelo de edificio concreto que represente lo que debe ser un observatorio moderno. Estos vaivenes en el diseño de los proyectos son el resultado de una planificación en base a algunas ideas elementales o la propia experiencia (ya sea por el conocimiento de otros centros existentes o por intentos previos más o menos fallidos). No obstante, cada paso que se daba en la definición de los observatorios resultaba estar un paso por detrás de las necesidades de la astronomía.

Los usuarios requerían un resguardo del viento, del frío o de la lluvia, una zona donde anotar sus mediciones, recopilar datos, contrastar información e incluso descansar y avituallarse entre largas jornadas de observación. Todo esto eran aspectos que un observatorio podía -y estaba obligado a- resolver tal y como lo hacía cualquier otro edificio.

Sin embargo las necesidades de la ciencia no eran tan fáciles de satisfacer: dando la visibilidad por supuesta (lo que dependería tanto del contexto geográfico o edificatorio del centro como de las condiciones circunstanciales del mismo), la importancia de la estabilidad estructural surge desde los inicios al significar su ausencia una merma importante de la precisión y fiabilidad de las observaciones. Más allá de esta estabilidad, los avances astronómicos y los nuevos tipos de observación demandaban nuevas condiciones sin las que era imposibles ponerlos en práctica: del mismo modo que las observaciones del tránsito meridiano exigían una perfecta alineación norte-sur, las observaciones de cámara oscura de precisión demandaban unas proporciones de espacio vacío con un hueco de fachada determinado. A todo esto hay que sumar la aparición del telescopio, que revolucionaría la observación astronómica y cuya evolución iría aparejada a cambios en las propiedades exigidas al edificio que lo albergase para facilitar y optimizar su operatividad.

Desde que el telescopio comenzó a ser utilizado para fines astronómicos y los astrónomos empezaron a ser conscientes del potencial de dicha herramienta, aparecerían ciertos titubeos en una búsqueda de las mejores condiciones posibles de observación para una u otra estrategia investigadora. Por esto mismo, durante unos años de incongruentes avances y retrocesos en la materia se pasaría desde la ubicación de grandes equipos portátiles, aunque difícilmente transportables, en espacios abiertos (patios, jardines o en campo abierto) hasta su instalación en vertical fijado en una estructura vertical existente (pozos, columnas o chimeneas), o a su situación en terrazas elevadas o plataformas sobre las cubiertas para liberar las vistas de obstáculos. Todo ello sin sacar en claro una conclusión patente sobre la mejor solución para la utilización de estos instrumentos.

La construcción de observatorios traería de forma aparejada los escritos de los primeros pensadores que se parasen a teorizar sobre las condiciones y necesidades mínimas de uno de estos centros de investigación astronómica. Estos postulados se limitaban a aventurar unos requisitos basados en una corta experiencia, cuando no en presunciones o especulaciones. De este modo, las teorías abarcaban desde la enumeración de rasgos propicios para la función astronómica de una construcción hasta estrategia para producir un proyecto híbrido entre edificio e instrumento astronómico. Pese a lo ingenuo y al poco contrastado trasfondo de estos trabajos, lo cierto es que existía cierta verdad subyacente en ellos: si bien la evolución de los observatorios no avanzaba (por el momento) hacia el "instrumento habitable" de escala arquitectónica, sí que devendría en un edificio en perpetua evolución tras los avances de la astronomía. El observatorio debía dar servicio al usuario que albergase sin convertirse en un obstáculo para la finalidad científica a la que estaba destinado.

Hasta donde se ha visto en este apartado, la arquitectura se había convertido en un medio para conseguir unas condiciones o alcanzar una posición que permitiese desarrollar el trabajo astronómico, pero en ningún caso representaba un objetivo. Ése había sido el mayor error de este periodo.

Con la irrupción del telescopio, la astronomía y la arquitectura debían de llegar a un nuevo punto de encuentro, a un compromiso, que diese lugar a un espacio o edificio que satisficiese determinados requisitos para una correcta observación. Cuanto más tendría que ser así cuando la búsqueda de mayores ampliaciones y menores aberraciones había

dado lugar a telescopios tan grandes que habían comenzado a adquirir un tamaño superior a las de muchas habitaciones o, directamente, dimensiones casi de magnitud arquitectónica.

Capítulo 4. Evolución del observatorio moderno

La aparición de un edificio diseñado para servir a la astronomía marca un antes y un después en esta ciencia. No obstante, como hemos visto, aunque podemos establecer los hitos que desencadenan este progreso e incluso podemos identificar el punto de inflexión del nacimiento del observatorio moderno; no se puede decir que esta evolución se propagase inmediatamente por todo el mundo. Contrariamente, este cambio del paradigma sufrió diversos vaivenes a lo largo de un siglo hasta que se consolidó la idea de que un centro destinado a la observación científica requería de un edificio concebido expresamente para dicha finalidad: el observatorio astronómico.

Tycho planteó sus observatorios sin olvidar nunca que su objetivo era el estudio de los cielos y aprendió de los errores de su primera propuesta para evolucionar y subsanarlos en su segundo intento. Caramuel, desde una aproximación teórica del observatorio propuso un edificio concebido como un verdadero instrumento astronómico. Desde principios del XVII y a lo largo de la centuria aparecerían diferentes observatorios por toda Europa que respondían al mismo patrón: una plataforma elevada sobre las edificaciones circundantes, en ocasiones cobijada por la propia construcción. De forma paralela surgen otras tentativas de carácter doméstico que adaptan viviendas para este uso (Hooke y Rømer). A finales de ese siglo aparecen algunas propuestas teóricas que identifican los déficits endémicos del observatorio y aportan soluciones, anticipando la evolución futura de la tipología: Wren trabaja con la problemática de la autoobstrucción y, por otro lado, Hevel incorpora el movimiento de las estrellas en el diseño de la construcción.

En todo caso, de lo expuesto en relación al surgimiento y la evolución inicial de este tipo edificatorio se puede extraer que el germen del observatorio moderno se fundamenta en la planificación.

La construcción de un observatorio, como sucede con cualquier otro edificio de cierta complejidad, no puede sostenerse en la improvisación. Al contrario, su diseño debe derivarse de un análisis exhaustivo de las necesidades de uso, las condiciones adecuadas para los usuarios, los requerimientos técnicos y el marco contextual en el que se plantea su ejecución.

En primer lugar, resulta imprescindible conocer cómo se desarrolla la actividad científica, cuáles son los útiles que intervienen en el estudio de los cielos, cómo funcionan, y qué factores intervienen en ese proceso.

Por otro lado, se debe atender al factor humano, quién usará los instrumentos y cómo lo hará. Qué otros servicios necesitará para poder cumplir su desempeño adecuadamente.

También, existen otras particularidades no evidentes para considerar que, como se ha expuesto con anterioridad, pueden interferir y lastrar el trabajo astronómico: la estabilidad mecánica, la estabilidad térmica, la protección frente a las inclemencias meteorológicas, etcétera.

Por último, es necesario contemplar el contexto en el más amplio sentido de la expresión. Las circunstancias políticas o sociales, que en principio nada tendrían que ver con los observatorios, podían condicionar el respaldo y sufrago de la construcción. Igualmente, las limitaciones presupuestarias podían condicionar sustancialmente la entidad del proyecto. Todo ello sin olvidar la trascendencia del lugar de implantación. La ubicación del observatorio afectaba a lo que se podía ver desde él o a cómo le incidía el viento, pero también a cómo alteraba el entorno en que se insertaba.

Todo esto propicia un periodo de frecuentes colaboraciones entre los arquitectos a los que se les encargaba el diseño del observatorio y los científicos que se encargarían de asumir el liderazgo de dicha institución, dando lugar a proyectos complejos de gran valor con muchas más virtudes que defectos.

El observatorio moderno termina por definirse a lo largo de los siglos XVII y XVIII. Unas veces con fines estratégicos (por su importancia para la navegación marítima), en otras ocasiones por ambición cultural y en otras, tal vez, por imitación, comienzan a surgir estos edificios por toda Europa, desde donde se acabarían extendiendo al resto del mundo.

El Observatorio de París (1667)

Este edificio, indisociablemente vinculado a la institución científica, surge en el contexto de una Francia progresista con un profundo interés por la alta cultura y la

ciencia, y una importante pujanza económica que marcaría el reinado de Louis XIV. Y pese a que las primeras propuestas para su construcción se remontan hasta el 1634 [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.14], tendrían que pasar tres décadas para que el primer observatorio nacional del mundo [NOTA: Howard-Duff (1984): "Paris Observatory in 1784", p.26] viese la luz. Esta propuesta se uniría a otros proyectos como los del Louvre, la Biblioteca Real, las Tullerías o Versalles, para perpetuar la impronta de grandeza de la Francia del siglo XVII y su monarca.

En 1665, el astrónomo francés Adrien Auzout, inició las gestiones ante el Rey para la formación de una entidad que agrupase las ciencias y las artes. Un año más tarde, en 1666, Louis XIV funda de la mano de su ministro, Jean-Baptiste Colbert, la Academia de las Ciencias (*Académie des Sciences*), cuya sede se ubicaría de forma temporal en el Barrio Latino [NOTA: Taton (1976): "Les origenes et les débuts de l'Observatorie de Paris", pp.65-67] [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.192].

Entre los académicos, además de matemáticos, escritores, ingenieros, o médicos existía una amplia representación de los más importantes astrónomos de la época, como Adrien Auzout, Christian Huygens o Jean Picard, quienes realizaban sus observaciones desde los jardines y alrededores de la sede inicial. No obstante, los avances de esta ciencia, en lo que a la precisión de sus instrumentos se refiere, dejaban patente que dichas condiciones suponían un hándicap para la investigación, haciéndose cada vez más necesario contar con un lugar diseñado expresamente para esta finalidad.

Así, se pone en conocimiento del ministro Colbert la demanda de un observatorio: "La primera cosa que el Señor Colbert ha escuchado a quienes fueron escogidos […] para componer esta academia fue que para un observatorio adecuado para la astronomía, deben escoger un lugar que juzguen apropiado para una buena observación, y será construido un edificio que no solamente sobrepase en grandeza, belleza y comodidad lo observatorios de Inglaterra, Dinamarca y China, sino que todos digan que responde de alguna forma a la magnificencia del príncipe que lo hizo construir" [NOTA: Perrault (1909): *Memoires de ma vie*, pp.219-220].

Aportando fundamentos más pragmáticos Auzout apuntaría que un observatorio podría ayudar a la geografía para que el Rey pudiese delimitar con mayor precisión las fronteras del estado. Partiendo de esta premisa, Colbert advierte la consecuencia

económica de dicho razonamiento, que posibilitaría un mayor control de la actividad recaudatoria impositiva y una mejor explotación de los recursos naturales [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.193].

Además de la relevancia que pudiese tener para el avance científico o su rédito económico y político, construir un gran observatorio, el más importante de su tiempo, tendría un valor simbólico que redundaría en prestigio para Francia y para el propio Rey. Lo cual incluso podría implicar una capacidad de llamamiento y congregación para los mejores astrónomos y científicos de Europa, que potenciaría la investigación y favorecería los resultados y avances. Y precisamente así sucedería, ya que Huygens, Helvenius, Leibnitz o Cassini, entre otros, se verían atraídos por París

Más allá de la evidente función astronómica, Colbert decidió que el edificio se convertiría en el lugar de encuentro de la Academia, por lo que tendría que incorporar otros usos administrativos y de otra índole científica. Así que, el observatorio debería incluir un área de reuniones, un espacio para ubicar colecciones de modelos mecánicos y depositario de especímenes de historia natural, una zona para experimentos químicos y hasta habitaciones para los ocupantes [NOTA: Colbert (1870): *Lettres, instructions et mémories*. p.512].

Habiéndose tomado ya la decisión de construir un observatorio, se hizo necesaria una reflexión sobre la idoneidad de su ubicación. Si inicialmente se había elegido Montmartre como lugar para el asentamiento atendiendo a topografía, se comprobó que pese a tener una posición elevada respecto a la urbe estaba demasiado próximo a ella, quedando la vista del cielo entorpecida por los humos de París. Finalmente, se optó por una parcela al sur de la ciudad, en una zona bastante llana con escasa edificación, lo que aseguraba una buena vista de los cielos.

El 21 de junio de 1667, coincidiendo con el solsticio de verano, los científicos y matemáticos fijaron, en una ceremonia solemne en sitio elegido, la posición de la línea meridiana sobre la que se centraría la construcción con sus fachadas alineadas a las direcciones cardinales

Uno de los miembros de la Academia era Claude Perrault, afamado arquitecto a la par que médico y polifacético científico. Quien gracias a su privilegiada posición y

conocimiento de los experimentos, prácticas y funcionamiento de la institución fue seleccionado por Colbert para elaborar el diseño del observatorio. Precisamente el hecho de que Perrault se encontrase traduciendo el tratado clásico *De Architectura* (también llamados los *Diez Libros*) de Vitrubio tiene su correspondencia en la definición del edificio, que posee un lenguaje, estilo y proporciones propias de la arquitectura clásica romana.

En todo caso, el proyecto concebido por Perrault, pese a su autonomía y determinación inicial, terminaría siendo el resultado del compromiso entre la arquitectura y la ciencia.

Perrault pretendía alumbrar un edificio monumental e icónico que respondiese al patrocinio real concedido a través de Colbert, trasladando la pureza y perfección de los órdenes clásicos a una arquitectura moderna que respondiese con una nueva tipología edificatoria a un nuevo uso: el observatorio astronómico.

Dado que el edificio iba a servir de lugar de reunión para la recién creada Academia y debía responder a una variada y compleja función científica, se contó con la participación de los académicos para determinar los principales requisitos de la construcción. Sin embargo, dado que la finalidad del observatorio no era sólo el estudio astronómico, sino que también tenía un objetivo político-estratégico, se ignoraron algunas de las directrices planteadas, con lo que el proyecto inicial no podría llegar a cumplir del todo su empresa [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, pp.15-16].

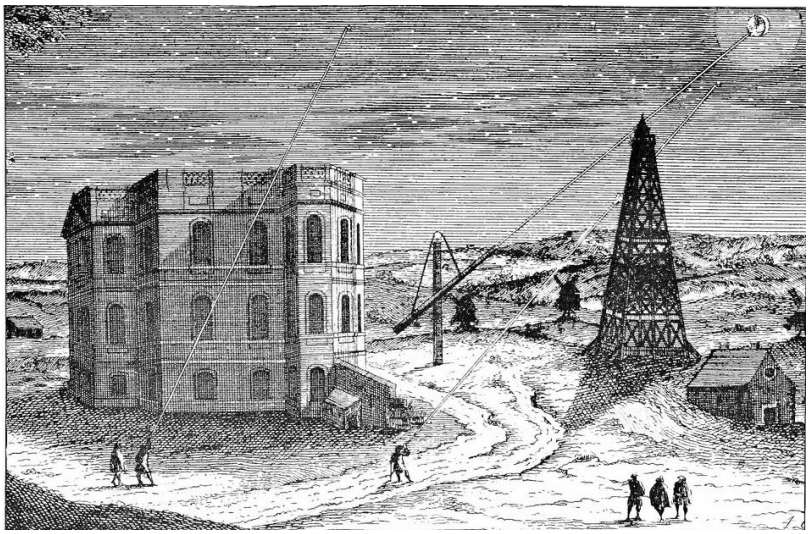


Figura 4.1 – Grabado del Observatorio de París en su ubicación final.

La mayor parte de los planos y la maqueta del edificio que se aprobó originalmente se perdieron durante un incendio, siendo posible acceder a algunas reproducciones aún conservadas o escritos de otros autores que estudiaron el observatorio. En todo caso, el propio autor parece que dejó varias notas en los planos que no ardieron que apuntan los aspectos claves del proyecto, que evidencian la función astronómica del proyecto [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.195] que son: acoger los principales instrumentos de observación astronómica, añadir una línea meridiana en la planta superior, incorporar dos pabellones de observación (en las torres octogonales) sobre la planta de cubierta, para evitar obstáculos en la visión del cielo e incluir un óculo que atraviese el edificio desde el sótano a la cubierta.

Asimismo, el arquitecto insiste en la finalidad científica de la construcción. En palabras del propio Perrault: "El edificio del Observatorio se construirá de manera que pueda abastecerse de todos los principales instrumentos astronómicos que se utilizan para las observaciones" [NOTA: Perrault, Charles, *Memoires de ma vie*. p.221]

Pese a la intención de Perrault, su diseño inicial presentaba muchos inconvenientes para ser un observatorio, fruto, sin duda, de la carencia de los conocimientos y experiencia astronómica y de la ausencia de un colaborador que cubriese ese déficit. Lo cual se pondría de manifiesto con la llegada del astrónomo italiano Giovanni Domenico Cassini (también conocido como Jean-Dominique o, simplemente, Cassini I) durante la construcción, quien se sumó al proyecto. Los cambios de diseño derivados de esta incorporación terminarían por dar lugar a un edificio mucho más adaptado a la actividad científica que el previsto originalmente. El Observatorio de París sería la consecuencia de la colaboración entre arquitectura y astronomía.

El proyecto originalmente ideado por Perrault es de 1667, encontrándose pequeñas variaciones entre los sucesivos dibujos que se conservan, como es frecuente en las fases iniciales de diseño. La primera intención apuntaba hacia un edificio con forma de cubo con tres torres adosadas: dos las esquinas al sur y la otra en el centro de la fachada norte, siendo todas de planta cuadrada y con las esquinas exteriores achaflanadas. Además esta construcción se levantaría encastrada a una gran meseta aterrazada en dos niveles a modo de baluarte con una apariencia homóloga al de las murallas de pólvora. Aún antes del inicio de las obras la planta sufrió cambios: aparecen modificaciones en la

distribución interior, la escalera principal cambiaría de posición y las torres pasarían a ser de planta octogonal. Sin embargo, aparentemente no hay nada en el diseño que nos haga indicar que se trata de un observatorio en lugar de un edificio *civil*.

Cuando Cassini [NOTA: Por su recurrencia en este estudio, al mencionar a Cassini, a menos que se especifique lo contrario, se hace referencia a Giovanni Domenico Cassini, denominando a sus descendientes de manera que se identifiquen sin confusión] llega a París en 1669 los muros del edificio ya están elevados hasta el primer nivel [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.16]. Desde un primer momento, Cassini detecta algunos aspectos del diseño que en lugar de favorecer el uso astronómico pueden suponer una traba para dicha función.

Las propias torres septentrionales representan un error de concepto para Cassini, ya al quedar adjuntas al bloque principal tenían una fachada cegada cada una, por lo que su uso implicaría duplicar los instrumentos o, al menos, trasladarlos entre una y otra torre a medida que los astros se desplazaban por el cielo de este a oeste. Este transporte supondría también una recolocación y recalibrado constante, sin obviar una tarea de planificación que evitase requerir de un determinado instrumento que enfocase hacia oriente y occidente en un breve periodo de tiempo.

Cassini hubiese preferido que el edificio careciese de torres, como se deduce de sus propias palabras: “Me hubiese gustado que el mismo edificio del Observatorio hubiese sido un gran instrumento, lo que no va a ser posible a causa de estas torres” [NOTA: Wolf (1902): *Histoire de l’Observatoire de Paris*, p.24]. Además, el hecho de que sean de planta octogonal también le parece un error, puesto que al ser sus parámentos estrechos y estar perforados por ventanas y puertas tampoco le ofrecen espacio para instalar útiles de observación de gran tamaño. Por esto, propone terminar las torres en el primer piso, dejando el perímetro de la segunda planta liberado para disponer una vasta habitación que ocupe toda la planta rodeada por una galería abierta. Todo ello con el fin de tener un espacio desde el que poder observar en todas direcciones y disponer grandes cuadrantes de mucha precisión en las fachadas. [NOTA: *Ibidem* / Wolf (1902): *Histoire de l’Observatoire de Paris*, p.24]

Todo estos cambios no hubiesen sido viables sin alterar las plantas inferiores, que ya estaban parcialmente construidas, implicando una demolición y reconstrucción que Perrault no contempló.

Como alternativa, Cassini plantea convertir toda la cubierta en una plataforma de observación elevada y modificar el diseño final de las torres, para que se acomoden de manera más acertada a la astronomía, a lo que Perrault transige, adaptando el diseño final a algunos de los requerimientos del científico.

Si bien las demandas de Cassini eran, en general, razonables desde una perspectiva astronómica, se basaban en un conocimiento sobre las innovaciones en los medios de observación que eran ajenos para Perrault, quien podía ofrecer poco más que una visión sin obstáculos de todo el cielo con espacios de servicio apropiados para esa finalidad. Además, no hay que perder de vista que el edificio no estaba concebido únicamente para la astronomía, sino que debía contener otra actividad científica así como servir de sede para la Academia [NOTA: Petzet (2009): "Opening lecture: The Observatory of the King Sun and Classical Astronomy", p.29].

De algún modo, tanto Perrault como Cassini querían alcanzar la mejor resolución posible, aunque tenían diferente criterio. El científico sólo velaba por los intereses de la astronomía, supeditando cualquier decisión a la funcionalidad en la línea del trabajo de Juan Caramuel [NOTA: véase el apartado "Primeras teorías sobre la arquitectura para la observación astronómica", p.83]. Por el contrario, el arquitecto debía considerar los otros usos que contendría el proyecto, incluyendo además el valor estético y representativo de un edificio destinado a ser un referente.

En cuanto a su diseño final, el Observatorio presentaba una forma cúbica con sus fachadas alineadas hacia norte, sur, este y oeste, respectivamente, sobresaliendo de este volumen principal tres torres. Dos de ellas, de planta octogonal, flanqueaban la privilegiada fachada al sur, ocupando las esquinas sureste y suroeste. La otra, de planta cuadrada, se situaba en el centro de la fachada norte componiendo la principal entrada al inmueble. El edificio presentaba una planta rectangular de treinta por veinticinco metros, en donde quedaban adosadas las tres torres, y se elevaba hasta los treinta metros. Además, la construcción se engarzaba en el terreno, quedando la planta de acceso parcialmente enterrada: abierta hacia el norte y semicubierta hacia el sur.

El exterior se resolvió en piedra color arena, con una composición limpia, simétrica y bien ordenada, determinada por unos resaltes horizontales marcando en fachada los forjados, y la repetición de un elemento vertical: un ventanal terminado con un arco de medio punto marcando los ritmos del edificio. Tal vez, este gran hueco practicable sea

el único indicio estético de la función astronómica. El conjunto quedó rematado hacia la cubierta por una pequeña cornisa y una balaustrada que evidenciaba la utilización de la parte superior del edificio.

La planta de acceso del Observatorio tiene su entrada en la parte inferior de la torre norte, desde donde se accede a un recibidor con un hueco octogonal que lo conecta con el segundo nivel. Asimismo, desde este punto se puede acceder a dos pequeñas escaleras de caracol que recorren verticalmente la construcción. A continuación, se encuentra el vestíbulo central que distribuye la circulación en la planta. Este espacio presenta una perforación, a modo de óculo, que se repite atravesando todos los forjados del edificio desde la cubierta hasta los sótanos. Al oeste del vestíbulo se encuentran las cámaras dedicadas a la residencia del conserje, encargado del mantenimiento del inmueble y sus instrumentos. Al este, la cocina y una gran escalera que organiza la comunicación vertical del proyecto. Todo el frente sur de esta planta esta soterrado, presentando sólo unas pequeñas troneras, más para ventilar que para iluminar, por lo que se dedica fundamentalmente al almacenaje [NOTA: Pese a no haber aspectos arquitectónicos que permitan identificar sin incertidumbre los usos interiores del edificio, se recurre a la obra de Wolf para rellenar gran parte de estos vacíos].

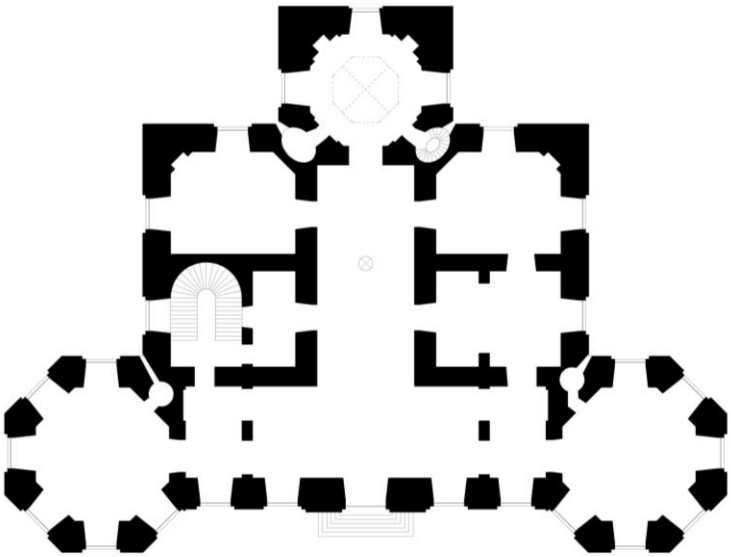


Figura 4.2 – Observatorio de París. Planta.

En la planta intermedia, desde la gran escalera se pasa a través de una pequeña habitación de servicio hasta otro gran vestíbulo en el que la actividad científica se evidencia por la presencia tanto del recurrente óculo como por una línea meridiana

trazada en el pavimento. Todo el frente sur se destina a la ciencia: la torre sureste para la geografía y cartografía, la torre suroeste para la astronomía, y el resto de esos espacios para dar servicios a estos usos (planificar, revisar notas, preparar útiles de observación…). El resto del ala oriental se reserva como residencia del director del Observatorio, inicialmente el propio Cassini. La sala noroccidental queda como habitación común para descanso de los científicos. En cuanto a la torre norte, se desconoce si tenía alguna función específica, como los experimentos de péndulo, o si la apertura de su forjado responde sólo a criterios de diseño. Se incluyen también en esta cota tres salidas, desde el centro de la fachada meridional y desde las dos torres octogonales, hacia los jardines al sur.

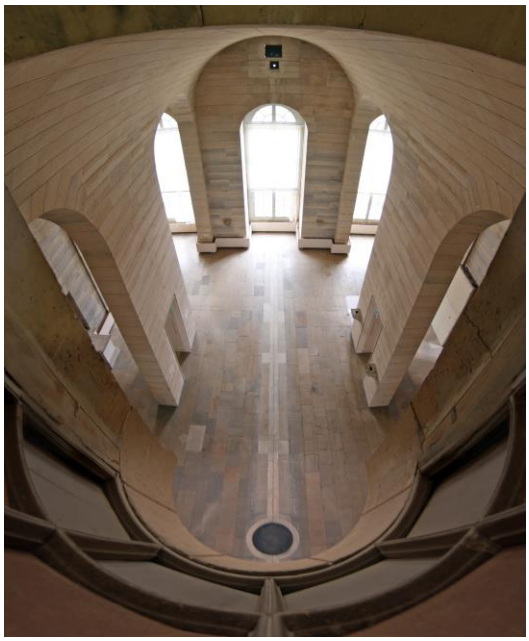


Figura 4.3 – Vista interior de la sala astronómica con su línea meridiana del Observatorio de París.

Al alcanzar la planta superior, la sala de la gran escalera desembocaba en un amplio espacio diáfano que abarcaba desde la fachada meridional hasta la septentrional. Gracias al trabajo mediante bóvedas y cúpulas, se unifica la galería orientada al sur con la torre norte en una cámara destinada a la astronomía sin soportes ni obstáculos, incorporando una línea meridiana a lo largo de todo el suelo, sólo interrumpida por el óculo. El sector este quedaba nuevamente destinado a un uso residencial, en este caso las habitaciones de los principales astrónomos de la institución. En el ala opuesta, se destina la sala restante como depósito de instrumentos y útiles científicos de la Academia. Las torres al sur se reservan para la astronomía. La suroeste, por su orientación, especialmente destinada a las observaciones de puestas de sol. Por su parte, destaca la singularidad de

la torre sureste que, aquí sí, la caracteriza para la función astronómica: carece de cubrición, lo que posibilita las observaciones verticales y el uso de telescopios muy largos que podían apoyarse en unos soportes ubicados en el perímetro para dicho fin.

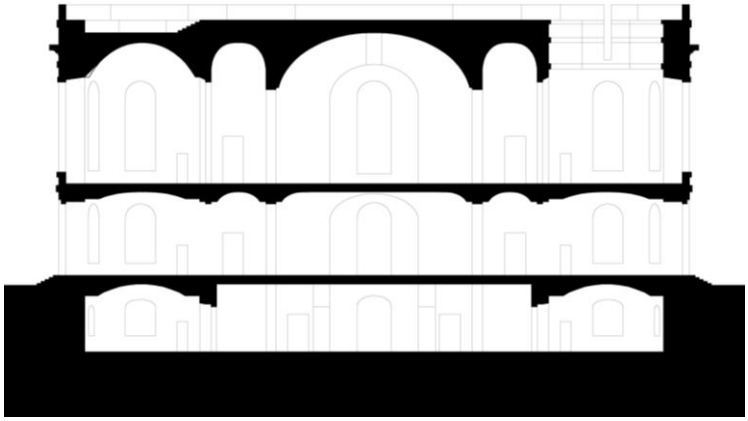


Figura 4.4 – Observatorio de París. Sección este-oeste.

En cuanto a los sótanos, el proyecto plantea una serie de túneles que sobrepasan ampliamente la proyección de la planta del edificio, así como algunas cámaras cuyo uso previsto se desconoce; con la excepción de la sala bajo los óculos, con una clara vocación astronómica de observaciones cenitales [NOTA: la obra de Wolf recoge una lámina de dichos subterráneos pero carece de explicaciones o comentarios al respecto].

Parece evidente que las premisas del diseño interior de Perrault, en lo que a la ciencia se refiere, no eran del todo acertadas. No obstante, el arquitecto incorpora en su proyecto un hecho diferenciador que resultará capital para la función astronómica: una cubierta plana y transitable. Toda la superficie del volumen principal queda establecida a una misma cota, con la salvedad de la cubierta correspondiente a la torre suroeste ligeramente rehundida y algo elevada de la torre norte, para incorporar un pequeño observatorio adicional [NOTA: Recuérdese que la torre sureste no está cubierta]. Además mantiene el óculo que atraviesa todo el edificio. El hecho de disponer de esta extensión elevada permitía instalar aquí los útiles astronómicos para realizar observaciones y experimentos sin obstrucción alguna.

Esta decisión supone una importante innovación ya que se convierte en el primer edificio con cubierta plana de la arquitectura moderna occidental. Las cubiertas planas son históricamente propias de la arquitectura vernácula tradicional de zonas con pluviometría muy escasa, como por ejemplo el norte de África. Esta construcción ancestral se basa en la superposición de capas de tierra o arcilla sobre una estructura

portante de madera o cañas, en las que el deterioro causado por la infrecuente lluvia se subsana con asiduidad. Esta solución conlleva que las cubiertas carezcan de pendiente prevista. Por su parte, Perrault, diseña una cubierta basada en la *ruderatio* de Vitrubio [NOTA: Vitrubio (1997): *Los diez libros de la Arquitectura*, Libro VII, 5-7 pp.172-173] con una leve inclinación que facilita la evacuación de aguas sin impedir la confortable operatividad del usuario. Incluso en este caso, para evitar gárgolas o vierteaguas, se incorporan tuberías bajantes en los parámentos verticales para canalizar la lluvia.

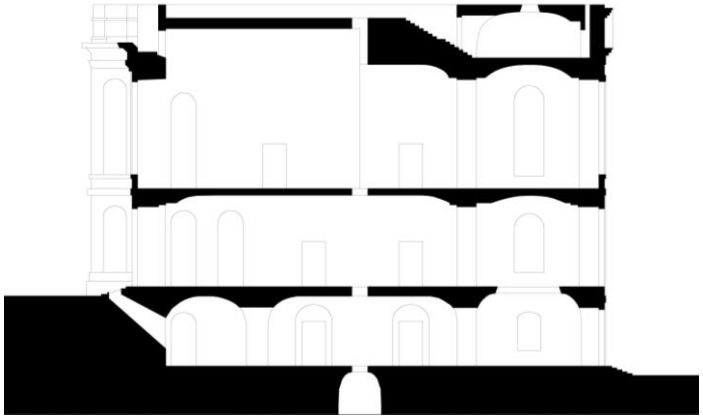


Figura 4.5 – Observatorio de París. Sección norte-sur.

Aunque su funcionamiento en lo relativo al uso científico resultó todo un éxito, ya que la cubierta acaparó la mayor parte de la investigación astronómica, las abundantes lluvias de París eran demasiado para la solución constructiva, que en poco tiempo comenzaría a dañarse y permitir la entrada de agua en la planta superior, obligando a subsanar el fallo de diseño hacia 1780.

Cuando se comienza a diseñar el observatorio no se tiene en cuenta, o no se prevé, la trascendencia que el telescopio va a tener en el desarrollo de este campo, considerándolo, en el mejor de los casos, como un instrumento más. Es por ello que algunas de las adaptaciones que se incorporan con la llegada de Cassini están enfocadas a posibilitar y potenciar su utilización.

Oficialmente, su construcción concluyó en 1682, coincidiendo con la visita de Louis XIV. El Observatorio se consideraría un monumento que, por su simplicidad, sería adecuado como instrumento científico y se seguiría considerando un modelo hasta finales del siglo XVIII [NOTA: Petzet (2009): "Opening lecture: The Observatory of the King Sun and Classical Astronomy", p.29]

Finalmente, el Observatorio no llegaría a convertirse en el núcleo intelectual que aventuraba Colbert, convirtiéndose sólo puntualmente en sede de las reuniones de la Academia de las Ciencias [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.208]. De hecho, ni siquiera hay un espacio específicamente destinado para esta finalidad, pudiendo ésta tener lugar en alguno de los principales vestíbulos o salas de trabajo.

De igual modo, el edificio tampoco albergaría nunca una comunidad científica significativa. Precisamente la definición arquitectónica tampoco propiciaba este hecho, dado que la habitación común, no era adecuada para estancias prolongadas, mientras que el resto de espacios residenciales tenían una ocupación casi permanente. Aunque en la planta superior sí había apartamentos aptos para esta finalidad, la zona residencial de la planta inferior permanecía como vivienda del conserje y la del nivel intermedio se destinaba al director; cargo y residencia que ocupó el linaje Cassini durante cuatro generaciones: primero Giovanni Domenico Cassini, seguido de su hijo, Jaques Cassini (o Cassini II), su nieto, César-François Cassini de Thury (o Cassini III) y, por último, su bisnieto, Jean-Domenique Cassini (o Cassini IV) [NOTA: Howard-Duff (1984): "Paris Observatory in 1784", p.26].

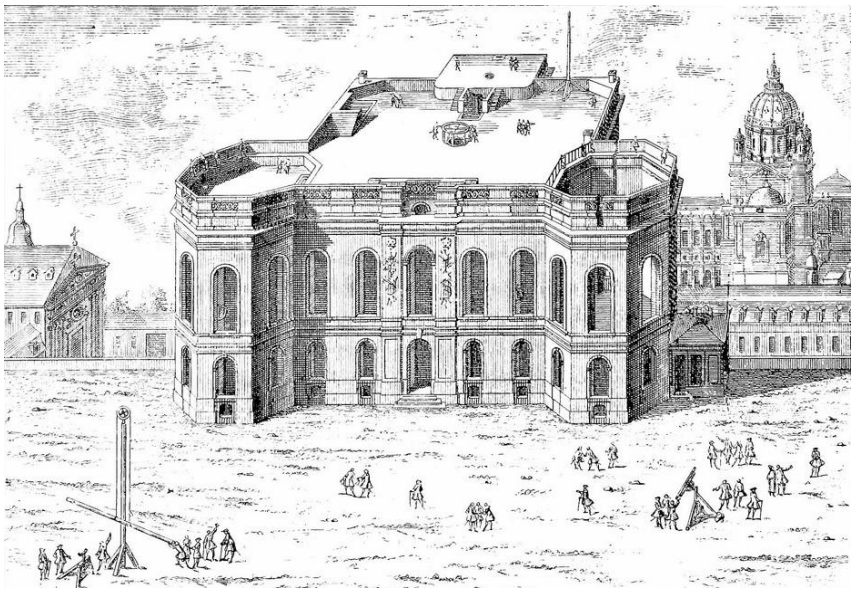


Figura 4.6 – Grabado del Observatorio de París. Perspectiva exterior.

Analizado ya el proyecto del Observatorio de París, resulta inevitable encontrar conexiones con Uraniborg [NOTA: véase el apartado "Uraniborg", p.57]. Además de considerar otras actividades científicas ajenas a la astronomía, se incorporan funciones

propias de la arquitectura residencial (cocina o dormitorios) y usos secundarios de servicio a la observación (zonas de trabajo y cuartos de descanso), tal y como sucede en el antecedente danés, por lo que, conocida la relevancia que había adquirido el complejo astronómico de Tycho Brahe, es probable la influencia del mismo: se le puede considerar el heredero de Uraniborg. No obstante, mientras que la construcción de Hven tenía cierta ornamentación (como las cúpulas bulbosas), el proyecto de Perrault era contenido, austero y sencillo; destinado por Louis XIV a servir de modelo para la nueva arquitectura [NOTA: Petzet (2009): "Opening lecture: The Observatory of the King Sun and Classical Astronomy", p.27].

Aun con sus deficiencias, este proyecto tiene más luces que sombras. Desde una lectura arquitectónica, cuida la disposición de los usos, agrupando los usos científicos en la fachada sur y el residencial en el ala este, alejándolos en la medida de lo posible de las circulaciones principales en la zona oeste y reservando los espacios enterrados para el almacenaje. Sin obviar la trascendente solución de cubierta transitable. Es decir, que aunque su diseño tenga un carácter funcional, no pierde de vista los valores de la buena arquitectura.

El Observatorio de París todavía se conserva en buen estado y mantiene su función científica, compartiendo su actividad con otras subsedes, lo que unido a los numerosos descubrimientos que tuvieron lugar ahí, pone de manifiesto la importancia del proyecto. Así lo afirmarían numerosos científicos y estudiosos a lo largo de los años. Su coetáneo Jean Picard diría que: "Su Majestad está dispuesto a hacer ver que tiene especial cuidado para avanzar en esta noble ciencia, haciendo construir un observatorio que […] permanecerá como un signo eterno del feliz Reinado de Louis el Grande" [NOTA: Petzet (2009): "Opening lecture: The Observatory of the King Sun and Classical Astronomy", p.32]. Lalande lo describiría como "el monumento más importante consagrado a la astronomía" [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.14]. Y Weider afirmaría que "su establecimiento había abierto una nueva era en la astronomía". [NOTA: *Ibidem* / Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.14]

El Observatorio de Greenwich (1675)

El proceso que derivaría en el levantamiento de este observatorio surge, como es razonable, a raíz de las circunstancias coyunturales de su contexto histórico: las potencias europeas, en el intento de extender su dominio y aumentar su poder económico, se volcaron hacia el mar. Será entonces cuando el establecimiento de rutas comerciales marítimas o el dominio militar de los océanos hagan necesario un desarrollo de la navegación y la cartografía.

Un mejor desarrollo de estas ciencias otorgaría una importante ventaja para la exploración, el comercio o la guerra. A su vez, todo esto dependía en buena medida de la precisión de la astrometría, lo que justificaba plenamente una inversión estatal o patrocinio real en la astronomía y, por ende, en un observatorio.

En este marco, el rey Charles II nombraría una Comisión Real para investigar la inversión en astronomía. En este comité se encontraría Sir Christopher Wren, profesor de astronomía en Oxford además de arquitecto que, posteriormente, ocuparía un papel crucial en el desarrollo del observatorio al ser designado como su arquitecto. En marzo de 1675, la Comisión resolvió la recomendación de un observatorio bajo la dirección de un astrónomo [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.20].

El 2 de junio de 1675 Charles II emitió la orden que daría lugar al Real Observatorio "…para descubrir la longitud de los lugares para perfeccionar la navegación y la astronomía, hemos resuelto construir un pequeño observatorio en nuestro parque en Greenwich" [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.20]

Todavía en el siglo XVII, pese a que desde un barco en alta mar (sin tierra a la vista) era posible medir la latitud sin problema, resultaba imposible conocer su longitud, es decir, cuan al este u oeste se encontraba. Una importante dificultad era conocer el tiempo independientemente de la posición, por lo que se requería conocer la 'hora normal' para lo que hacía falta un reloj fiable que, a su vez, necesitaba de algunos puntos fijos para tomar como referencia, siendo las estrellas la solución. El Observatorio surge entonces con el fin específico de rectificar las tablas de las estrellas y de los movimientos de los cielos para averiguar la longitud en el mar como clave para perfeccionar la navegación.

El Real Observatorio de Greenwich se convertiría en la primera institución científica financiada por el estado en Gran Bretaña [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.20].

La contribución de Flamsteed a la evaluación del método de la longitud resultó clave para el desarrollo de la astrometría y le valió su nombramiento como Observador Astronómico del Rey en marzo de 1675, que luego se terminaría conociendo como Astrónomo Real. Inicialmente se instalaría en la Torre de Londres con su valedor Jonas Moore, Topógrafo general de Artillería, quien lo había traído a la corte. Sería allí donde se improvisaría un primer Observatorio Real temporal [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.210].

En cuanto a su localización, parece que durante el reinado de Charles I ya existía la intención de erguir un observatorio en Greenwich, aunque no llegase a concretarse nada. En este punto, Moore planteó Hyde Park y Flamsteed propuso Chelsea College, ambos en el mismo Londres. Pese a que estas propuestas pudiesen parecer más acertadas, en su contexto, por su proximidad a la corte, Wren apuntaría hacia la pequeña población de Greenwich (al este de la capital) que finalmente sería la ubicación elegida [NOTA: Forbes (1975): "The Greenwich Observatory origins and early development", p.588]. Precisamente esta distancia de Londres pudo terminar resultando positiva puesto que permitía alejarse de las frecuentes nieblas de la urbe. Además, otro punto a favor fue el hecho de que el Observatorio se situara en la parte superior de una colina, en un terreno elevado, lo que le confería unas vistas del cielo sin la obstrucción de edificios, vegetación o de la propia topografía.

Por otro lado, la ubicación también debía tener en consideración el aspecto estético o simbólico, ya que iba a ser sede de un sitio real. Esto implicaba un tratamiento compositivo acorde a la arquitectura palaciega. Su posición, fijada en el extremo norte de la cima de la mencionada colina, favorecía este hecho, ya que al pie de la misma discurría el río Támesis que completaría la escena en la que la fachada norte del edificio ocuparía un papel crucial en la imagen de conjunto.

Otro punto más a favor de su definitiva localización en Greenwich sería el pragmatismo económico. Se aprovecharon las ruinas de la Torre Humphrey (también conocida como Castillo de Greenwich), un edificio originario del siglo XV, para

levantar el nuevo Observatorio, lo que permitía aprovechar unos cimientos estables que asegurasen la precisión de los instrumentos de observación además de la consecuente reducción de tiempo de construcción y costes [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.20]. Las obras se iniciaron en 1675 y concluyeron en 1676 [NOTA: véase www.royalobservatorygreenwich.org] para el principal edificio del conjunto, llamado *Flamsteed House* [NOTA: *Flamsteed House* es el principal edificio del Real Observatorio de Greenwich en su periodo inicial, en el que aparecerán otras construcciones complementarias y de menor trascendencia. Con el paso de los años se levantarían más edificios y se derribarían otros. Aun así, pese a su pérdida de trascendencia científica, ésta seguirá siendo la construcción más representativa del conjunto]. El aspecto económico, en el contexto de la reconstrucción de Londres tras el Gran Incendio [NOTA: En 1666, un fuego se propagó y arrasó buena parte del centro de Londres, destruyendo numerosos edificios institucionales, iglesias y miles de viviendas], resultaba trascendente. Por ello, también se recurrió a la reutilización de materiales provenientes de otras ruinas por demoliciones o derrumbamientos [NOTA: Forbes (1975): "The Greenwich Observatory origins and early development", p.588].

Como contrapartida, el uso de unos cimientos preexistentes impidió las mediciones destinadas a definir la alineación con el meridiano, quedando las fachadas del Observatorio irremediablemente establecidas en un ángulo de trece grados y medio respecto del eje norte-sur, imposibilitando la instalación de instrumentos de tránsito meridiano en la estructura del edificio. [NOTA: véase www.royalobservatorygreenwich.org]

Tal y como sucedió en Uraniborg o en el Observatorio de París [NOTA: Para más información acudir a los correspondientes apartados desarrollados con anterioridad], el diseño de Greenwich surgió de la colaboración entre un arquitecto, Christopher Wren, y un astrónomo, John Flamsteed, contando además con la supervisión de la construcción por parte de Robert Hooke.

Precisamente, la primera construcción que se levantaría para el conjunto del observatorio sería, además de un centro de estudio, una residencia para el Astrónomo Real (Flamsteed, en ese tiempo) y sus ayudantes o estudiantes. Es por este motivo por el que se la conoce como *Flamsteed House*, nombre que perduraría cuando pasasen los años y fuese habitada por sus sucesores en el cargo: Halley, Bradley, etc.

El observatorio original ocupaba la zona norte de la cumbre de un cerro, acotando el edificio principal dentro de un recinto ajardinado de planta rectangular de veinticinco por cuarenta metros de lado que quedaba rodeado por una pequeña muralla. Las dos esquinas al norte del muro convergían en idénticas edificaciones: sendas torres bajas cubiertas. Estos elementos carecían de un uso específico, siendo su función prioritariamente compositiva al quedar ubicados en la fachada principal del conjunto. Este recinto protegía del viento, y de otras posibles interferencias, al espacio que acotaba gracias a su muro perimetral.

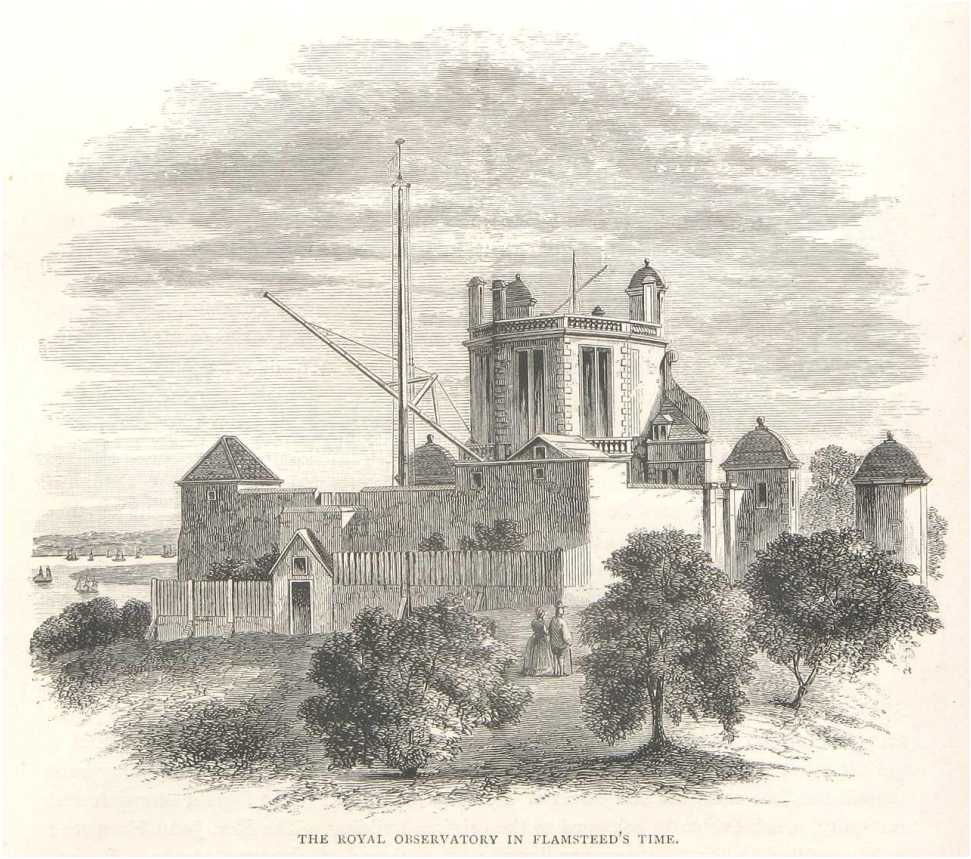


Figura 4.7 – Grabado del Observatorio de Greenwich. Perspectiva exterior.

En este patio tendrían lugar diversos trabajos de observación y sería en esta área donde se instalarían los telescopios de mayor precisión y, por ende, tamaño durante este periodo inicial. De ahí que hubiese un gran poste instalado en la zona de jardín [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.22]. Además, en el centro del extremo meridional se incluyó un reloj solar.

Como ya se ha adelantado, debido a la inconveniente orientación de la construcción preexistente, *Flamsteed House* no podría acoger instrumentos que requiriesen una alineación norte-sur, siendo algunos de estos necesarios para la actividad astronómica.

Por consiguiente, se levantarían dos pequeños habitáculos convenientemente orientados, en la zona sur del recinto, adosados al muro perimetral. El primero de ellos, en la esquina sureste, corresponde a la habitación del sextante y, adjunta a la misma, se encuentra la habitación del cuadrante meridional, bastante estrecha y alargada.

En todo caso, la frustración de Flamsteed no era tanto por la inadecuada orientación del observatorio como por la carencia de presupuesto para financiar todos los instrumentos astronómicos que habría requerido [NOTA: Donnelly (1973): *A short history of observatories*, p.23].

La sala destinada al citado cuadrante contaba con una abertura en la cubierta para estudiar las mayores altitudes sin quedar del todo expuesto a las inclemencias meteorológicas. Además, a causa del tamaño del propio cuadrante, el suelo quedaba escalonado para permitir la visión de las menores altitudes sin necesidad de recurrir a mobiliario. Pese a la modesta dimensión de esta habitación, a causa del instrumento que acogía se convertiría en un importante núcleo de la investigación [NOTA: Recuérdese que el telescopio se encuentra en sus primeras fases de desarrollo y el cuadrante mural cumple todavía un papel principal en la actividad astronómica].

De cualquier modo, pese a la relevancia científica de estas habitaciones, pronto quedarían en desuso. Su configuración se adaptaba a las necesidades de los instrumentos que contenían y estos quedarían desfasados por la innovación tecnológica: principalmente por los avances del telescopio. Dichos habitáculos se desmantelarían para liberar un espacio que se acabaría dedicando a posteriores ampliaciones del observatorio.

Además de esas dos salas, en la planta del conjunto se identifica otra construcción colindante con el muro perimetral: unas letrinas. Este hecho, seguramente de importancia menor, no debe ser despreciado ya que incidía en la dotación de unas condiciones de habitabilidad del observatorio, una conciencia de las necesidades de los astrónomos que fuesen a trabajar allí.

Por su parte, el edificio principal se encuentra situado en la zona norte del recinto, aunque retranqueado tres metros respecto de la muralla. El volumen central de la construcción queda definido por un cuerpo cúbico de doce metros de lado en el que la mitad superior de dos de sus esquinas quedan achaflanadas. Este cubo, está flanqueado

a su vez en el lado septentrional por otros dos bloques de menor altura con planta cuadrada de cuatro metros de lado. Por último, la estructura queda rematada por dos pequeños torreones, también en el lado norte.

El diseño exterior de la edificación debía corresponder a la representación de una institución real, sin embargo, las limitaciones económicas que conllevaba la reconstrucción tras el incendio de la ciudad condicionó la solución definitiva. El observatorio se volcaría hacia la portada principal, al norte, visible desde el camino de aproximación más habitual, dejando en un segundo plano la definición y detalle de las demás fachadas.

El edificio cuenta con dos plantas sobre rasante y un sótano. Mientras que la altura del nivel inferior se equipara con la de los bloques adyacentes, la del nivel superior es bastante mayor. Su construcción se basa en paramentos de ladrillo rojo con las esquinas rematadas mediante mampuestos aparejados de piedra blanca. Una buena parte de las fachadas queda ocupada por altos ventanales marcando un ritmo vertical que se equilibra con una trazas horizontales de piedra blanca: una cenefa entre los dos niveles, una cornisa en la parte superior y, sobre todo ello, una balaustrada.

El alzado norte es el que funciona como fachada principal del edificio, y es la imagen reconocible del mismo. Todo el conjunto presenta una composición simétrica respecto de un eje vertical. En primer plano se encuentra la muralla baja con sus pequeñas torres terminadas en una cubierta de plomo con un remate de bola, que oculta la parte inferior de la construcción principal. Tras ésta, se irgue *Flamsteed House*. La base del edificio es más ancha que la parte superior, con cinco ventanales en la planta baja y tres en la alta. Como elemento de transición entre ambas, aparecen dos grandes volutas (una a cada lado). Por encima del volumen central, sobre la cornisa blanca, se destacan las dos torrecillas que se elevan sobre las esquinas de la fachada con una terminación de cubierta igual a la de las torres de la muralla. Entre éstas una balaustrada. En el centro de toda la composición, el ventanal de en medio del nivel superior se extiende hasta dar paso a un balcón protegido por otra balaustrada más.

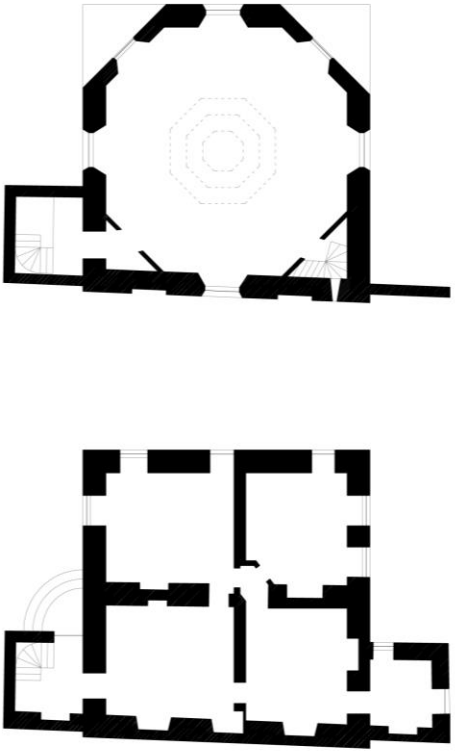


Figura 4.8 – Observatorio de Greenwich. Plantas.

El acceso al edificio no tiene lugar por un gran pórtico, atrio, o punto representativo de una de las fachadas, sino que se produce por un recoveco: por el ángulo donde se encuentran el volumen central con el anexo nororiental. Cuatro escalones conducen hasta una puerta que da paso a un pequeño recibidor, del que unas escaleras ascienden hasta la parte superior. Desde este cuarto se cruza hacia el salón principal que ocupa la zona noreste. Esta estancia estaba destinada a las relaciones entre los ocupantes o las recepciones y, a su vez, desembocaba en el resto de salas de este nivel y las escaleras hacia el sótano. Hacia el oeste queda la habitación particular de Flamsteed que comunica con un estudio-biblioteca privada donde se archivaban los datos recopilados y que ocupaba el anexo noroccidental. Al sur quedan dos cuartos destinados a los astrónomos colaboradores.

Tanto el dormitorio de Flamsteed como los de los otros residentes contaban con chimeneas adosadas a las paredes exteriores, lo que evitaba que pudiesen condicionar la organización del espacio del nivel superior. El salón principal, que inicialmente carecía de calefacción, pronto incorporaría una solución igual al resto de las salas de la planta [NOTA: véase http://www.royalobservatorygreenwich.org/articles.php?article=916].

Descendiendo hacia el sótano se encontraban los espacios de servicio. La cocina, con sus fuegos, ocupaba la esquina suroeste. Junto a ésta, había un salón sin calefactar. Al norte de la planta se encontraban las zonas de almacenaje: las bodegas en el cuadrante noreste y otros almacenes en el noroeste. Aunque no aparezca en planos, parece ser que había un pasaje subterráneo que conectaba el sótano con las habitaciones del cuadrante y sextante, el cual, en todo caso, habría sido desmantelado durante las sucesivas reformas [NOTA: véase http://www.royalobservatorygreenwich.org/articles.php?article=916].

Al subir las escaleras hasta la primera planta se desembocaba en una pequeña sala de paso que conducía hasta el núcleo científico del edificio: la *Octagon Room* (castellanizado, la *Sala Octogonal*) o *Gran Sala*. Su nombre se debe a la forma de su planta como un polígono regular de ocho lados iguales, siendo ésta, además, la habitación de mayor tamaño del observatorio, ya que ocupaba la práctica totalidad del volumen central. Está concebida como un espacio público, donde varios astrónomos puedan colaborar o trabajar de forma simultánea sin molestarse. También destaca su considerable altura, que supera los seis metros. Este cuarto cuenta con seis grandes ventanales verticales, tres de ellos orientados al sur y los demás al resto de puntos cardinales, cuyas vistas carecen de obstáculos gracias a la menor altura de los anexos. Todo esto con una finalidad: la investigación astronómica. Las ventanas permitían la observación de los astros en todas direcciones, incorporando, además de instrumentos astronómicos, varios grandes relojes de péndulo para obtener referencias temporales de sus observaciones.

Pese a que el edificio ofrecía resguardo durante las observaciones, las grandes ventanas abiertas dificultaban mantener una temperatura de confort, con las correspondientes dificultades que esto implicaba para los astrónomos. La *Octagon Room* carecía de su propia chimenea y aunque los conductos de las del nivel inferior transitaban por las paredes de la sala, se hizo imprescindible contar con braseros portátiles para contrarrestar el frío.



Figura 4.9 – Grabado del interior de la *Octagon Room* del Observatorio de Greenwich.

Oculto tras los paneles del lado noroeste, queda un espacio que acoge una escalera que sube hasta una de las pequeñas torres, que desembarcan en la cubierta plana, donde se instalarían útiles de navegación y medición del tiempo, sin considerar en sus orígenes los instrumentos de observación [NOTA: Maunder (1900): *The Royal Observatory. Greenwich*, p.126], aunque con el tiempo se montarían diversos telescopios. Poco después de su construcción se incorporaría una escalera exterior para acceder directamente desde el recinto a la cubierta.

Aunque pueda ser comprensible a causa de la poca experiencia, el Real Observatorio de Greenwich incurrió en fallos similares a los de algunos de los observatorios que lo precedieron: no relacionar estrechamente la arquitectura con el diseño. En este caso, incluso errando en un aspecto tan trascendente para la astronomía de este periodo como la alineación meridiana. *Flamsteed House*, tal vez por el hecho de estar vinculado a la corona, había supeditado algunos aspectos de la funcionalidad en favor de la representatividad.

Sin embargo, estos errores terminarían dando lugar a algo positivo. A causa de estos déficits de diseño se produjo un proceso de adaptación del observatorio a las nuevas necesidades astronómicas que resultaría crucial para el éxito y la importancia de Greenwich como referente internacional.

Como ya parecían insinuarlo los cuartos del cuadrante y sextante, *Flamsteed House* no era un proyecto acabado, sino que formaba parte de un conjunto del observatorio que

se iría ampliando y reestructurando a lo largo de más de dos siglos con reformas o, directamente, nuevos edificios. El Real Observatorio fue creciendo hacia el sur, ocupando gran parte del Parque de Greenwich, aumentando el número de astrónomos y otros trabajadores vinculados a la institución.

Aunque algunos edificios se derruyeron o se sustituyeron por otros, Flamsteed House se mantiene en pie (con algunas ampliaciones). La labor investigadora del observatorio se trasladó a otro centro de trabajo. Actualmente está catalogado como monumento histórico y es un centro divulgativo abierto a visitantes.

El Observatorio de Cádiz (1753)

En el siglo XVIII, la ciudad de Cádiz y el conjunto de emplazamientos de su bahía ocuparían un importante papel en las decisiones políticas de España. El traslado de la Casa de Contratación a la población gaditana en 1717 haría que en su puerto convergiesen los intercambios mercantiles con América y convirtiese a Cádiz en origen y destino de todos los viajes comerciales allende el Atlántico. Además, en ese mismo año, se instituiría el Departamento Marítimo de Cádiz y se fundaría la Real Compañía de Caballeros Guardias Marinas, cuya Academia también se ubicaría en la ciudad andaluza. Todos estos hechos, coincidentes en el tiempo, convirtieron a Cádiz en el principal núcleo de actividad marítima de la corona desde principios de siglo, aglomerando labor institucional, comercio y defensa.

En dicho contexto, la primera alusión a un observatorio gaditano aparece en una carta remitida desde Londres por el insigne marino Jorge Juan y Santacilia [NOTA: Jorge Juan y Santacilia fue un importante marino español que en la fecha a la que se alude ya ostentaba el rango de capitán. Además era un hombre cultivado con conocimientos en matemáticas, astronomía e ingeniería naval] al Marqués de la Ensenada el 26 de diciembre de 1949 [NOTA: Boloix (2004): "250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada", p.2]. En esa misiva se justifica su constitución para que los oficiales de la Armada pudiesen adquirir conocimientos sobre astronomía, como una ciencia básica para la navegación; y será el propio Jorge Juan quien asumirá la tarea: "formaré un Observatorio […] en el cual no solo aprenderán los Guardias Marinas, sino muchos aficionados" [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*.

pp.80-81 citando fragmentos de la referida carta]. Con esta frase, también se pone de manifiesto la voluntad de divulgar el conocimiento de esta ciencia más allá de los estudiantes.

En este sentido, la propuesta se presenta como un centro para el adiestramiento de los cadetes que hasta la fecha se enviaban a Londres para adquirir su formación, redirigiendo los fondos dedicados a estas estancias para establecer un centro docente vinculado a la Academia de Guardias Marinas. Todo ello favoreció la aceptación institucional, ya que el gobierno quería contar con instituciones científicas como el resto de potencias europeas [NOTA: González González (2013): "Jorge Juan y la Astronomía: el Real Observatorio de Cádiz", p.357].

Jorge Juan, quien conoce de primera mano la importancia de la astronomía y su aplicación práctica, seguro del beneficio de estos conocimientos para los marinos, argumenta su iniciativa desde un triple planteamiento: político, al equiparar a España con otras naciones de Europa que ya cuentan con un observatorio; científico, al fundar el primer centro de investigación astronómica del país; y práctico, al desarrollar un centro de formación que mejorará la capacidad y seguridad de navegación para la Armada [NOTA: Boloix (2004): "250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada", p.2].

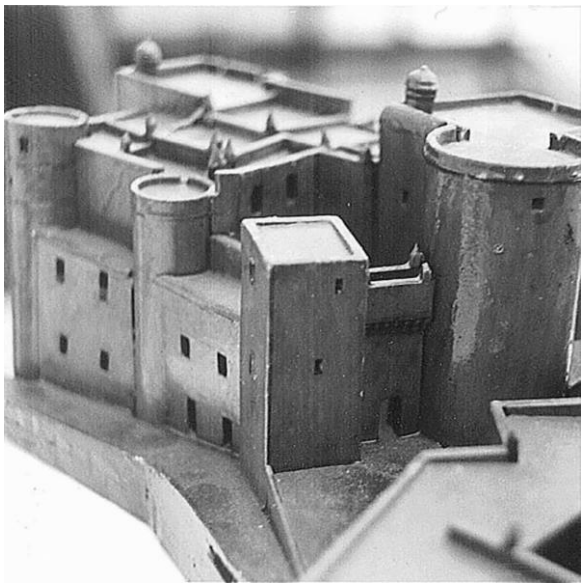


Figura 4.10 – Maqueta del Castillo de la Villa donde tuvo su origen el Observatorio de Cádiz.

El lugar propuesto para ubicar el observatorio astronómico sería el Castillo de la Villa de Cádiz, una construcción de origen medieval donde también se encontraba la

joven Academia de Guardias Marinas [NOTA: González González (1992): "Una institución ilustrada para las ciudades de la bahía: Cádiz, la Isla de León y el Observatorio de la Marina", p.89]. El centro de investigación se instaló en una torre que había sido acondicionada para tal fin. Ya que el castillo se encontraba en un cerro, el observatorio ocuparía la parte superior del edificio que se situaba en la posición más elevada de la ciudad, conocido como el Monturrio [NOTA: En la actualidad no queda presencia del castillo, que los años y falta de cuidados fueron desmoronando, ni del Monturrio, rebajado durante una intervención urbana del siglo XVIII].

Tras la aprobación de la iniciativa por parte del Marqués de la Ensenada, se nombraría al astrónomo francés Louis Godín como primer director de la Academia de Guardias [NOTA: González González (2013): "Jorge Juan y la Astronomía: el Real Observatorio de Cádiz", p.357] y comenzarían las tareas de adquisición y preparación de los instrumentos de observación.

Se puede decir que con la instalación en 1753 del cuadrante mural en la torre del Castillo de la Villa, se inician los primeros trabajos de observación y, por lo tanto, nace el Observatorio de Cádiz, que se convertiría en la principal institución astronómica española de su siglo. Las líneas maestras marcadas por Jorge Juan implicarían que la institución, más que una escuela de formación de artes de navegación, llegara a convertirse en un centro de enseñanza superior y difusión de las ciencias. Además, lo que se concibió como un centro educativo, viró hasta devenir en una herramienta para uso geodésico, cartográfico e hidrográfico, clave en la política de la nación [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. pp.7, 81].

Obviamente, el Observatorio de Cádiz tenía por modelo a los de París y Greenwich, sin embargo, mientras que estos dos surgían como una ampliación de una sociedad científica, el gaditano surge como un centro de formación con vínculos militares. Esto conllevaría cierta reticencia o falta de apoyo inicial. Además, la propia institución carecía de autonomía suficiente para definir sus objetivos o diseñar programas de investigación a largo plazo [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p.10]

Por el contrario, las condiciones de contexto en las que se instalaba eran muy favorables. El de Cádiz sería el observatorio más meridional de Europa hasta el momento, con un altísimo número de días de cielo despejado al año y condiciones

climáticas propicias. Además, la construcción medieval en la que se instalaba contaba con gruesos muros que proporcionaban una estabilidad estructural que impedía la aparición de vibraciones que lastrasen la precisión de las observaciones.

Tras la determinación de la línea meridiana, la latitud y la longitud (para poder generar resultados en términos absolutos), se inician las primeras observaciones, orientadas principalmente a mejorar la precisión de las posiciones de los astros y proveer a los marineros las nociones necesarias para la navegación astronómica [NOTA: Boloix (2002): "El Real Instituto y Observatorio de la Armada", p.353].

Cabe destacar que, en este periodo ilustrado, precisamente esta vocación dual, a medio camino entre la investigación y la educación, favoreció el crecimiento y la importancia de su biblioteca. Se entendió como un útil científico más, y los directores harían lo posible por conservar y aumentar sus fondos [NOTA: Boloix (2002): "El Real Instituto y Observatorio de la Armada", pp.363-364].

Pese a que no queden restos visibles de la sede original del observatorio, hay evidencias que permiten hacerse una idea de lo que fue. Entre otras hay una maqueta de la ciudad, de finales del siglo XVIII, en donde se reconoce el Castillo de la Villa. Por otro lado, queda también el testimonio de Vicente Tofiño [NOTA: Tofiño fue un marino y astrónomo, que dirigió la Academia de Guardias Marinas entre 1768 y 1789] y José Varela que escribieron: "La pieza destinada para las observaciones astronómicas es una sala que tiene 11,5 varas en cuadro y está formada sobre la fuerte y espesa bóveda de un torreón antiguo, cuya construcción y figura dan bastantes señas de ser obra de los romanos. La anchura de sus muros y firmeza de sus cimientos hacen de este edificio uno de los más sólidos de Cádiz, y por consiguiente muy a propósito para el destino que se le dio por orden del Señor Don Fernando el VI..." [NOTA: González González (2013): "Jorge Juan y la Astronomía: el Real Observatorio de Cádiz", p.357. Citando la Introducción de *Observaciones Astronómicas hechas en Cádiz, en el Observatorio Real de la Compañía de Cavalleros Gruardias-Marinas*]

En sus primeros años, los resultados astronómicos fueron escasos a pesar del esfuerzo económico que había supuesto para la Armada su constitución y equipamiento, tanto de personal como de instrumentos. Aunque sus observaciones resultaron de poco interés, más allá de determinar la posición de la propia institución [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p.115], dieron lugar al

nacimiento de la cartografía española [NOTA: Boloix (2004): "250 años del Real Instituto y Observatorio de la Armada", p.4].

De cualquier modo, pese a que las observaciones iniciales carecían de continuidad o sistematización, poseen cierto valor histórico y representan el inicio de inicio de una actividad científica seria que se extendería a otros campos técnicos como la oficina de cálculo o el Obrador de relojería.

A mediados de siglo, el Marqués de la Ensenada promovería la formación de un asentamiento en la Isla de León, actualmente San Fernando, junto a Cádiz, denominada Población Militar de San Carlos, donde se trasladaría la sede del Departamento Marítimo [NOTA: González González (1992): "Una institución ilustrada para las ciudades de la bahía: Cádiz, la Isla de León y el Observatorio de la Marina", pp.91-92] y a la que poco después seguiría la Academia misma. Si bien la idea del traslado de la Academia a esta localización estaba prevista, el desplazamiento de Departamento lo hizo imprescindible por una cuestión logística. Finalmente, esta migración se llevó a cabo en 1769 [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p.113], dejando sólo al observatorio astronómico como remanente en la torre del Castillo de la Villa de Cádiz.

La separación acentuó los problemas del observatorio, cuya ligazón con las tareas docentes se resintió por la distancia de los estudiantes, que perdieron contacto con la práctica experimental. Asimismo, el aislamiento institucional, en especial de la Academia de Guardias Marinas, y la reducción de personal permanente penalizaban la observación sistemática, con lo que se avocó al centro a orientar la actividad científica hacia sucesos puntuales como eclipses o tránsitos solares.

Esta circunstancia limitó los recursos económicos y personales para mantener y restaurar el Castillo de la Villa, cuyo estado de conservación era deficiente y estaba en peligro de ruina. Especialmente deteriorado se encontraba el edificio donde se impartían clases [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p.113], lo que era una prueba más del abandono en el que estaba quedando el observatorio. Esa dejación asimismo afectó a los instrumentos astronómicos, que también sufrieron un importante deterioro en esos años.

Aunque ya en las primeras propuestas de 1769 para adaptar el nuevo edificio destinado a la Real Compañía de Caballeros de Guardas Marinas, Vicente Tofiño había pretendido un proyecto que contase con la inclusión del observatorio [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p.115], y pese a las reiteradas peticiones de éste para que se restaurase su sede o se le construyese una nueva, no sería hasta 1792 cuando se aprobaría su traslado a la Isla de León [NOTA: González González (1992): "Una institución ilustrada para las ciudades de la bahía: Cádiz, la Isla de León y el Observatorio de la Marina", p.100].

El cambio de ubicación del observatorio, además de aproximarlo a la Academia a la que estaba vinculado, ofrecía la posibilidad de diseñar desde cero un edificio concebido para esta finalidad, que se adecuase a sus necesidades y a los principales instrumentos (en especial a los de gran tamaño e importancia) que fuese a contener.

Para determinar la localización en la que se implantaría la nueva construcción, el teniente general de la Armada, José de Mazarredo [NOTA: Mazarredo fue un marino cuya vida estuvo muy vinculada con Cádiz y su Academia de Guardas Marinas; donde se formó como cadete para hacer carrera desde alférez hasta alcanzar altos cargos en la Armada], contó con la ayuda del arquitecto Gaspar de Molina, más conocido como el Marqués de Ureña. La localización definitiva se fijaría en un emplazamiento que satisficiese tanto los criterios estratégico-navales como los arquitectónicos: el Pago (o Cerro) de Torrealta, en la Isla de León; ubicación desde la que se controlaba casi toda la bahía.

En 1791, Mazarredo determinaría las claves del edificio del observatorio, en lo que a la función astronómica se refiere. "Un torreón u Observatorio rectángulo, con los frentes mayores a sur y norte, y los menores a este y oeste. […] tres ventanas por lo menos en cada uno de los frentes mayores y dos en los menores, de cuatro varas de altura a contar desde el friso […] capaces de abrirse hacia una azotea a los cuatro frentes" y con un "nicho para alojar permanentemente un cuarto de círculo". Además "en el piso inferior, alojamientos, oficinas y otras dependencias", incluyendo también una segunda edificación en las proximidades para alojar personal extra. Según Mazarredo, sin estas características "el edificio podrá ser de gran mérito en su fábrica, pero estará falto para la Astronomía" [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio*

de Cádiz (1753-1831). pp.292-293 citando unos papeles sin clasificar del propio Mazarredo de la Biblioteca del Instituto y Observatorio de la Marina]

Aunque Tofiño se interesó y planteó una propuesta para el edificio, Mazarredo se decantó por el proyecto que presentó el Marqués de Ureña. Tras esto se iniciaron las obras en 1793, que se prolongaron hasta 1798. Una vez concluidas, la Academia de la Real Compañía de Caballeros Guardias Marinas tuvo a su disposición un observatorio compuesto por el edificio principal y una casa de astrónomos (residencia anexa). Entonces el Real Observatorio de Cádiz, nombre oficial, pasaría a denominarse Real Observatorio de la Isla de León, posteriormente de San Fernando.

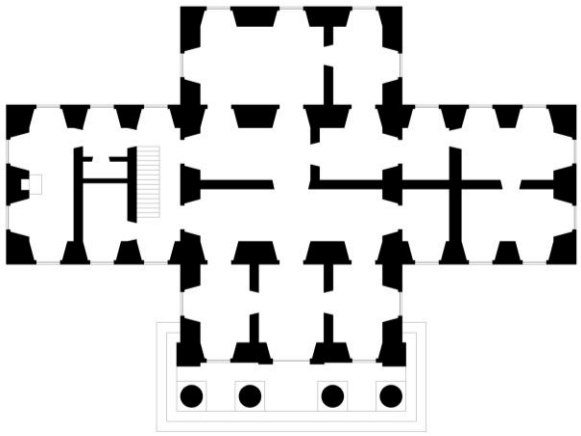


Figura 4.11 – Observatorio de Cádiz. Planta

El edificio del observatorio quedaba conformado por un volumen principal con una planta en forma de cruz de treinta y cinco metros de largo en su lado mayor por veinticinco en su lado menor y una altura de veinte metros. Sobre este cuerpo, surgía un cilindro achatado rematado por una cúpula rebajada, que hacía una altura total de veinticinco metros para la construcción. El proyecto seleccionado constaba de una planta en cruz con tres niveles, siendo los dos inferiores de igual contorno, y el superior de planta rectangular, quedando dos terrazas. A todo esto se sumaba una entreplanta entre los niveles primero y segundo.

El diseño exterior de la construcción poseía un lenguaje neoclásico, salpicado de elementos clásicos y simetrías. Su fachada principal quedaba orientada hacia el sur, dividiéndose visualmente en tres bloques. El central se destacaba de los otros mediante un próstilo de cuatro columnas dóricas elevado sobre una plataforma escalonada generaba un acceso en tránsito hasta la puerta de entrada. Por lo demás, toda la fachada

se ordenaba a través de los huecos, grandes y verticales en la planta inferior y siendo abalconados en el nivel intermedio. Sobre esto, un friso continuo remataba el parámento que terminaba en un marcado alero. Encima sobresalía el perfil del cuerpo superior, con ventanas semejantes a las inferiores. Finalmente el tambor con su correspondiente cúpula. El resto de los alzados mantenían un diseño coherente, aunque con menor densidad de huecos.

En lo relativo al interior, desde el atrio se entraba al edificio atravesando la puerta principal hasta un recibidor que quedaba flanqueado por dos habitaciones: a la izquierda el cuarto del portero y a la derecha la sala del cuerpo de guardia, que incluía un pequeño espacio entreplantas para descansar. A continuación, se accedía a un vestíbulo alargado que comunicaba con sendos cuartos de escaleras en sus extremos y en cuyo frente estaba el paso a las dependencias del Alcaide. La habitaciones del Alcaide estaban constituidas por tres salas privadas, que ocupaban el ala norte, y cuatro cuartos destinados a almacenar la colección de instrumentos y útiles científicos, que ocupaban el ala este y a los que sólo se podía acceder desde dicho espacio privado. El ala oeste quedaba destinada a los espacios servidores, incluyendo entre estos una cocina con su correspondiente hogar, unas letrinas y un dormitorio para el personal de servicio. La escalera situada en el volumen oriental comunicaba con la entreplanta, destinada como dormitorios de los observadores. En el volumen occidental se encontraba la escalera principal, que servía como núcleo de comunicación entre los diferentes niveles.

La planta intermedia tenía un carácter más institucional. A ambos lados del desembarque de la escalera quedaban las zonas de trabajo, destinadas a hacer anotaciones, cálculos o contrastar notas. Los tres cuartos que componían el espacio central funcionaban como salas de reuniones y conferencias. El ala oeste quedó reservada como biblioteca, acogiendo los fondos trasladados desde la torre del Castillo de la Villa.

Por último, todo el nivel superior estaba destinado a la astronomía, con un cuadrante mural de posición fija, y el resto de los instrumentos portátiles. Contaba con un salón central de mayor tamaño, que estaba rematado por una cúpula rebajada, y otros gabinetes más pequeños que ocupaban los extremos. Las alas norte y sur carecían de envolvente, formando dos terrazas para el uso de los útiles de observación portátiles a

cielo descubierto desde las que se tenía una visión del firmamento libre de obstáculos en todas direcciones.

Formando parte del observatorio mismo, pero como una construcción independiente, se levantaría poco después la Casa de Astrónomos. Un edificio mucho menos complejo que el inmueble principal aunque manteniendo el estilo neoclásico para manifestar la unidad con éste. Su función se limitaba a albergar habitaciones para el alojamiento de astrónomos o estudiantes.



Figura 4.12 – Fotografía exterior del Observatorio de Cádiz hacia 1900.

El observatorio se proyectó para responder a las necesidades de uso científico y funcional que eran requeridas, prevaleciendo el interés astronómico en su diseño y dotándolo de independencia (en cuanto a su funcionamiento) respecto de la Academia. Sin embargo, posiblemente por la falta de conocimiento empírico, algunas de las decisiones de proyecto resultaron poco acertadas o, directamente, contraproducentes. El astrónomo José Joaquín Ferrer y Cafranga afirmaría en esta época que el edificio carecía de solidez, refiriéndose a estabilidad, para fijar grandes instrumentos [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. pp.292-293 aludiendo a una carta de Ferrer al Ministro de Marina].

Además resultó especialmente inapropiada la cubrición de la sala central de astronomía, lo que imposibilitaba la observación directa del cielo. Con todo, pese a que hubiese terrazas desde las que realizar esta actividad, el hecho de carecer de paredes que ofreciesen resguardo junto con el uso de instrumentos portátiles y el ventoso clima gaditano, afectaba negativamente a la precisión de las observaciones. Junto a esto, la

construcción padecía recurrentes filtraciones de agua de lluvia, que con el consecuente deterioro producido, implicaban constantes reparaciones.

Todo ello, unido a las deficiencias de diseño mencionadas, conllevó que tres décadas después de la finalización de las obras se planteasen posibles reformas o incluso la posibilidad de derrumbar la cúpula [NOTA: González González (2007): "Un edificio neoclásico para la astronomía de la ilustración: el Real Observatorio de la Armada", p.235].

Bajo su actual denominación oficial, el Real Observatorio de la Armada (ROA) como institución ha mantenido su sede original, evolucionado durante los más de doscientos cincuenta años de historia que tiene y desarrollando su labor docente y científica en sus ampliadas y mejoradas instalaciones. En cuanto a la construcción principal que marca su traslado a San Fernando, originalmente la Isla de León, sufrió diversas reformas, siendo la de 1857 la más importante. En la actualidad, además de ser un edificio abierto a las visitas con una clara función museística divulgativa, cuenta con una importante biblioteca histórica y todavía mantiene activos algunos de los servicios científicos y equipos de investigación.

El Observatorio de Madrid (1790*)

La llegada al trono de España del rey Carlos III en 1759 viene acompañada del pensamiento ilustrado que contagia Europa. Una idea que se traduce en la vocación de un pueblo más próximo al conocimiento y en la voluntad de equiparar Madrid con otras importantes capitales continentales. Por esto, más allá de equipamientos, infraestructuras u otros aspectos de la ordenación urbana, se impulsó la creación de centros y espacios urbanos para la ciencia, la cultura y el arte.

Tras la experiencia acumulada en Cádiz, sería de nuevo Jorge Juan quien promoviese la creación de un observatorio astronómico en Madrid [NOTA: Gil de Zárate (1859): "Introducción", p.III]. Pese a la destitución del Marqués de la Ensenada, su gran valedor, como Primer Ministro en 1754, su prestigio científico y probado servicio a la corona le valió el favor del Rey. Nombrado Director del Real Seminario de Nobles de Madrid desde 1770 [NOTA: Aguilar Piñal (1980): "Los Reales Seminarios de Nobles en

la Política Ilustrada española", p.333], Jorge Juan fomentaría la enseñanza de las matemáticas y la física, e induciría al rey al establecimiento de un centro especial para el estudio de la astronomía en Madrid [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.18].

Atendiendo favorablemente la propuesta del marino y astrónomo, Carlos III decretaría su fundación en 1785, dando inicio la adquisición de material científico [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.117] y concretando dos decisiones elementales: señalar a Salvador Jiménez Colorado como futuro director del observatorio astronómico y encargar el proyecto del edificio al destacado arquitecto Juan de Villanueva.

Antes de la definitiva puesta en marcha, se convoca a los sabios de la corte para dilucidar los aspectos a considerar y aclarar las necesidades de un observatorio, encargándole a Jiménez Colorado revisar el estado de la astronomía en el extranjero.

Para la implantación del complejo científico se tomaría como enclave el Cerrillo de San Blas, la cumbre de una colina con una ermita dedicada a dicho santo. Estos terrenos se encontraban a las afueras de la ciudad, al sureste, en una posición elevada y carente de obstáculos para la observación del cielo, lo que resultaba idóneo para las necesidades de este establecimiento. Además, se encontraba próximo a otros centros de interés ilustrado, como el Real Gabinete de Ciencias Naturales, actualmente el Museo del Prado, o el Real Jardín Botánico, prolongando un importante eje científico-cultural para Madrid.

La complicada topografía del entorno seleccionado junto con las edificaciones preexistentes, la ermita y un frontón, suscitan la elaboración de un plan de ordenación de todo ese entorno por parte de Villanueva, para evitar que el contexto merme la presencia del nuevo observatorio [NOTA: López Aparicio (1999): *Origen y desarrollo de un eje periférico de la capital, Paseo de Agustinos Recoletos, Paseo del Prado Viejo de San Jerónimo y Paseo de Atocha*. p.487]

Su constitución oficial se produce ya bajo el reinado de Carlos IV. Una Real Orden dictada en 1790 decretaba los principales objetivos del observatorio: desarrollar la teoría

y la práctica de la astronomía, la geodesia, la geofísica y la cartografía. Esencialmente trabajar las ciencias comunes de los observatorios de esa época [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.18].

Pese al retraso en el trabajo de Villanueva causado por la falta de fondos, ese mismo año se inicia la construcción, que avanzaría con normalidad hasta que nuevamente las dificultades de financiación lastrasen el avance de los trabajos [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.18.; López Aparicio (1999): *Origen y desarrollo de un eje periférico de la capital, Paseo de Agustinos Recoletos, Paseo del Prado Viejo de San Jerónimo y Paseo de Atocha*. p.487]. Mientras tanto, de forma paralela a esta atribulada obra, se levantó un observatorio provisional, de materiales económicos y construcción sencilla, en el que se pudieron iniciar algunas actividades meteorológicas y astronómicas [NOTA: Feráandez Alba, A. *El Observatorio Astronómico de Madrid*. p. 18].

Aun con las limitaciones económicas existentes, se hizo un importante esfuerzo para que el complejo científico contase con los mejores instrumentos y equipos técnicos posibles. Especialmente destacó el telescopio encargado al acreditado constructor William Herschel, el más importante de su tiempo: un reflector con un espejo de sesenta centímetros y siete con seis metros de distancia focal.

El problema de la financiación produjo un lento avance de las obras, que ya entrado el nuevo siglo continuaban sin finalizar. Así, en 1808, durante la Guerra de la Independencia entre España y Francia, las tropas francesas tomaron la construcción como centro estratégico y almacén de armas, destruyendo la mayor parte de las instalaciones, las edificaciones provisionales, los fondos bibliotecarios y los útiles científicos, incluyendo el telescopio de Herschel. [NOTA: López Aparicio (1999): *Origen y desarrollo de un eje periférico de la capital, Paseo de Agustinos Recoletos, Paseo del Prado Viejo de San Jerónimo y Paseo de Atocha*. p.487] Como mencionan los propios archivos del Observatorio de Madrid: "El edificio del Observatorio que al cabo de tantos años se hallaba aún en construcción […] empezó a arruinarse antes de estar concluido" [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.18, aludiendo a la "Noticia Histórica" del *Archivo del Real Observatorio Astronómico de Madrid*]

El edificio quedó prácticamente en estado de ruina hasta mitad del siglo XIX, cuando se encargaron los trabajos de reparación y conclusión al arquitecto Narciso Pascual y Colomer. En un contexto mucho más propicio, las obras se terminaron en pocos meses, después de una construcción que se extendió por más de cincuenta años. Al edificio principal se sumaría inmediatamente otro adyacente destinado a las habitaciones de los astrónomos.

Finalmente la institución comenzó a funcionar de manera integral a partir de 1851 [NOTA: Laca Menéndez de Luarca (1999): *El "Plan de las Inmediaciones" del Observatorio Astronómico: un proyecto desaparecido de Juan de Villanueva*, p.332].

En lo referente al proyecto del Villanueva, el arquitecto elaboró unos diseños iniciales que estaban enfocados hacia la definición de un observatorio considerablemente mayor del que terminaría siendo construido finalmente. Esta contención de escala del edificio principal favorece su contextualización en el complejo científico en el cerro, ocupando los terrenos de la antigua ermita de San Blas y dejando el suelo del observatorio provisional para que lo ocupase el edificio de los astrónomos. Atendiendo a los dibujos de la época, se puede valorar la idoneidad del emplazamiento para el fin astronómico, quedando, sobre el terreno explanado para tal fin, muy por encima del paisaje circundante.



Figura 4.13 – Grabado del Observatorio de Madrid con la ciudad al fondo.

El conjunto lo completaba un monumental cuerpo de escaleras que hacía de entrada principal, conectando la cota inferior con la plataforma sobre la que se asentaba el observatorio en un eje de acceso hasta la puerta de la fachada principal. La ahora desaparecida escalera, no fue destruida o suprimida sino que todavía se conserva, enterrada en su posición original. [NOTA: Antonio Fernández Alba y Pedro Moleón Gavilanes en la conferencia *El Observatorio Astronómico de Madrid, de Juan de Villanueva* el 22 de febrero de 2013]

Según el proyecto de Juan de Villanueva, el edificio principal cuenta con una planta en forma de cruz de treinta metros de fondo por cuarenta y dos metros de ancho, con una orientación teórica norte-sur. Sin embargo, a causa de un error de cálculo durante su construcción, el inmueble no está realmente alineado con los puntos cardinales.

El observatorio quedaba esencialmente compuesto por cuatro elementos: un volumen prismático central que ocupaba el eje menor; perpendiculares a éste, dos paralelepípedos de inferior tamaño que constituyen el eje mayor; y sobre el conjunto, un cuerpo cilíndrico coronado por una cúpula.

El cuerpo central alcanzaba los once metros de altura. Coincidiendo con su lado menor, al sur, presentaba la fachada principal. En ésta, aparecía un pórtico próstilo hexástilo en el que diez columnas de orden corintio sostenían, desde un basamento elevado, la cubrición. Al fondo, recuadros y hornacinas con esculturas flanqueaban la gran puerta de entrada. A ambos lados del cuerpo central se extendían las naves laterales, con una altura algo inferior. Su composición era más sencilla para evitar restar protagonismo a la fachada principal, presentando como elemento recurrente grandes ventanales de arcos de medio punto. En su parte posterior central, el edificio se organiza en tres pisos con huecos de iluminación de tamaño más convencional Encima de todo, en el centro de la planta, se levantaba un templete en forma de *tholos* rematado por una cúpula rebajada con una linterna.

Como otros rasgos estilísticos particulares del proyecto destacaban la presencia de una marcada cornisa definiendo la transición entre fachada y cubierta, la aparición de ventanas termales que aportarían luz al cuerpo central interior, y la adición de dos garitas cilíndricas rematadas por cupulines anexos al templete en su cara norte.

Los años transcurridos entre el inicio de la obra y su conclusión provocaron algunas variaciones sobre el proyecto, siendo algunas de ellas del propio Villanueva y otras de su sucesor, Pascual y Colomer. Entre otras cosas, dado que se previó que iban a tener una función astronómica, algunas de las ventanas de las alas laterales se estilizaron considerablemente de forma vertical para resultar más funcionales. Puesto que la cubierta iba a ser transitable y vinculada a la observación, se le incorporó una barandilla de forja a lo largo de todo su perímetro. También se duplicó el número de garitas, incluyendo otras dos en el lado sur del templete. Además, se suprimió la linterna de la cúpula, añadiendo en su lugar una veleta.

Atendiendo a sus rasgos estilísticos y definición compositiva, parece claro que Villanueva plasma en este proyecto la formación adquirida en Italia dando lugar a un claro ejemplo de arquitectura neoclásica: cuida las proporciones tanto en la planta cruciforme central como en el alzado escalonado, introduce simetrías nuevamente en los planos verticales y horizontales, e incorpora elementos arquitectónicos clásicos permitiéndose algunas licencias como la inversión de los órdenes en las columnas. En todo caso, resulta sencilla su asimilación con la Villa Rotonda de Paladio.

El acceso al edificio se producía por la fachada principal. Una escalinata de cuatro escalones desembarcaba en un atrio cubierto en el que grandes columnas flanqueaban el paso hasta la puerta de entrada, que se abría hacia un gran salón de planta circular a modo de rotonda. Este espacio estaba cubierto por una cúpula rebajada acotando una considerable altura, quedando todo iluminado gracias a cuatro grandes ventanas termales que asomaban hacia los cuatro puntos cardinales en la fachada. La función de esta cámara se asemejaba más a la del vestíbulo mayor de un palacio que a cualquier fin astronómico propio de un observatorio. Este distribuidor estaba rodeado por un corredor de espacios de servicio en donde se encontraban las escaleras para conectar con los niveles superiores.

Además de a la entrada por el atrio, la rotonda se abría hacia otras tres salas. Al norte se hallaba una habitación que contaba con un acceso secundario en la fachada trasera y a sus lados quedaba flanqueada por otros dos cuartos: una cocina y un almacén. A este y oeste del vestíbulo se encontraban los dos amplios salones destinados

a la ciencia, con grandes ventanales en todo su perímetro para posibilitar la observación astronómica y habilitados para contener instrumental de gran tamaño.

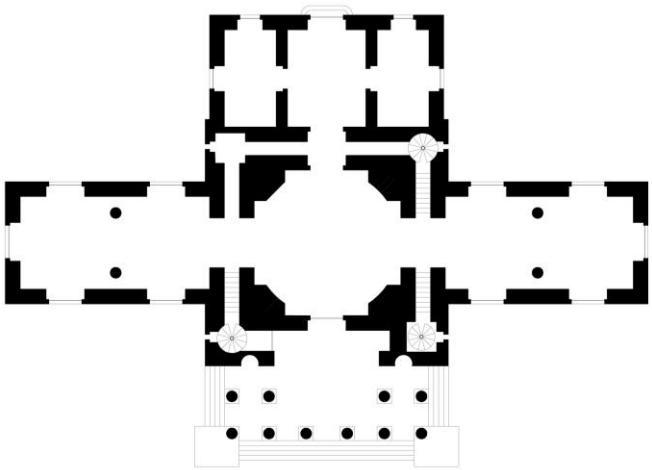


Figura 4.14 – Observatorio de Madrid. Planta

La segunda planta solo ocupaba el extremo septentrional de la construcción, sobre los espacios al norte de la rotonda. Estas cámaras albergarían las oficinas y gabinetes del observatorio, donde se realizarían cálculos o se analizarían y estudiarían resultados obtenidos durante las observaciones.

Lo mismo ocurría en la tercera planta, que sólo empleaba las superficies sobre las oficinas, donde se encontraban las dependencias del servicio: conserje e instrumentista.

Una de las escaleras desembocaba en una de las cuatro garitas de la cubierta, cuyas moderadas pendientes la hacían transitable y aptas para la instalación temporal y puntual de instrumental astronómico. Desde allí se podía alcanzar, a través de otra escalera más, el templete superior. Éste quedaba compuesto por dieciséis columnas de cinco metros de alto dispuestas en planta circular con sus correspondientes contrapilastras sobre las que se apoyaba una cúpula que cubría un espacio que se cerraba mediante un acristalamiento. Pese a que el templete no fuese concebido inicialmente para la astronomía y aunque su propio diseño no favorezca esta finalidad, lo cierto es que terminaría por ser sede de numerosas observaciones.

El dilatado periodo que transcurre desde que se inició el diseño hasta que concluyeron las obras afectaría irremediablemente al proyecto tanto en aspectos como su tamaño, programa o apariencia como también en su definición interior.

Cuando el gran telescopio de Herschel llega desde Londres, se plantea su colocación en sustitución del templete que remata el conjunto adaptándolo como sea necesario para incorporar una torre giratoria. Pese a la importante innovación que hubiese representado este hecho y su trascendencia para la evolución de los observatorios, esta propuesta es descartada tanto por cuestiones técnicas (la acción del viento sobre la torre) como por no desnaturalizar el diseño. E incluso se llegó a valorar la posibilidad de reemplazar la cúpula por una cubierta plana y bien accesible que facilite el uso científico, lo cual finalmente tampoco sucedería [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.18].

Otras significativas variaciones tendrán lugar en las naves laterales del observatorio. El ala occidental pasaría de ser un espacio para la astronomía a convertirse en la biblioteca. De este modo se tapiarían sus huecos y ventanas a norte y sur para incrementar la superficie destinada a estanterías, que iría de suelo a techo. En este mismo espacio se establecería un segundo nivel compuesto por una pasarela perimetral a la que se llegaba mediante dos escaleras de caracol para acceder a los volúmenes situados a mayor altura.

El ala oriental se especializa como salón meridiano. Esta modificación viene acompañada de la instalación de un telescopio meridiano. Su montaje pretendía solventar los fallos de orientación de la planta, con lo que se cambiaron las ventanas existentes por una abertura continúa de norte a sur que incluso rasgaba el techo, con un sistema de compuertas para controlar su apertura y cierre. Además, se realizó un pozo para establecer un cimiento independiente para este telescopio [NOTA: Fernández Alba (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*, p.44], rasgo que se terminaría consolidando en los observatorios posteriores. Alrededor del instrumento se añadieron otros elementos claves para el buen desempeño de esta actividad: una plataforma elevada, un sillón móvil y reclinable para adaptarse a las necesidades de observación y varios relojes magistrales. Esta sala concentraría durante bastante tiempo la mayor parte de la astronomía desarrollada en este centro.

Como se ha visto, el observatorio no contaba con un programa de usos muy extenso y detallado, todo lo contrario. Esto, ofreció a Villanueva la posibilidad de componer sin restricciones un proyecto a partir de unos volúmenes genéricos sin una función clara y algunos elementos estilísticos (atrio, cúpula, cupulines y templete). Las plantas, alzados y secciones del edificio se ordenan mediante relaciones de geometría, de proporción y de escala sin perder de vista el emplazamiento en el que se integraban.

Esta libertad proyectual se hace especialmente patente en el templete, que Moleón califica de "caprichoso", sin necesidad programática y pensado para definir la composición piramidal que remate un edificio concebido para la cumbre de una colina [NOTA: Antonio Fernández Alba y Pedro Moleón Gavilanes en la conferencia *El Observatorio Astronómico de Madrid, de Juan de Villanueva* el 22 de febrero de 2013]. Si bien la función convencional de este elemento es la de incorporar iluminación cenital a espacios embovedados (y generalmente en edificios religiosos), el arquitecto lo reinterpreta dotándolo de autonomía y valor como espacio singular.

Tras un largo periodo de construcción y reconstrucción, el observatorio, cuya denominación oficial en el presente es Real Observatorio de Madrid (ROM), ha desarrollado ampliamente su actividad científica durante doscientos años.

Desde finales del siglo XX, el edificio principal ha adquirido una función eminentemente museística, dedicándose a conservar y promover su patrimonio arquitectónico e instrumental, así como a tareas de divulgación científica. Actualmente es posible visitar sus instalaciones.

El Observatorio Radcliffe (1772)

Cuando Thomas Hornsby ocupó la Cátedra *Saviliana* de Astronomía en la Universidad de Oxford en sustitución del fallecido James Bradley en 1762 [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.203], destacó la necesidad de contar con un edificio específico para la observación astronómica. Pese a que el catedrático se adaptó a los recursos existentes mediante el uso temporal otras instalaciones, su predominante vocación hacia la astronomía práctica lo llevó a

considerar la observación como un aspecto fundamental del aprendizaje básico de los estudiantes y aspirantes a astrónomos.

Además de la citada cátedra, Hornsby ocupó simultáneamente los cargos de bibliotecario de la Biblioteca Radcliffe y profesor saviliano de Filosofía Natural [NOTA: Knox-Shaw (1955): "The Radcliffe Observatory", p.144].

Su cátedra le condicionaba a mantener un programa de observación [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.242], lo que Hornsby interpretaba como una obligación para la universidad de ofrecer un espacio y equipamiento acorde a dicha implicación. Esto significaba contar con un observatorio, propiamente dicho, en lugar de una torre u otra construcción improvisada.

Aunque Hornsby planteó la creación de un observatorio en Blenheim [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.203], reconoció que para conseguir una evolución en la enseñanza de la astronomía en Oxford era imprescindible que la universidad tuviese su propio observatorio con un equipamiento actualizado. Ante lo conveniente de esta posibilidad surgió el obstáculo de conseguir fondos para acometer esta obra.

Por otro lado, cuando el doctor John Radcliffe, un antiguo estudiante de Oxford y quien había sido uno de los más importantes médicos de Londres de su tiempo, falleció en 1714, dejó un importante legado económico que, tras algunas donaciones y actuaciones definidas, debía ser administrado por sus fideicomisarios para la expansión de la universidad de Oxford, becas médicas y cualquier otro ejercicio orientado al desarrollo científico considerado apropiado por los administradores.

Estos fondos ya habían proporcionado a la universidad varias construcciones: una biblioteca científica, una enfermería y el edificio conocido como la Cámara Radcliffe antes de que se aceptase la construcción de un observatorio para uso de los estudiantes de astronomía y su profesorado [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.204] [NOTA: Knox-Shaw (1955): "The Radcliffe Observatory", p.144]. Los terrenos se adquirieron al noreste de la Oxford, cerca de la enfermería.

A partir de ahí, la primera demanda del catedrático señalaba los instrumentos que necesitaba: dos cuadrantes murales, un instrumento de tránsito, un sector cenital y un sector ecuatorial, que serían encargados al reputado artesano John Bird. Estos útiles denotan la preponderancia del trabajo meridiano en la investigación astronómica de Hornsby. Además de los instrumentos ya enumerados, un reloj, barómetros, termómetros, niveles y varios telescopios de refracción acromática se irían sumando al equipamiento del observatorio.

El planteamiento de Hornsby necesitaba un edificio en el que instalar los instrumentos de observación y que albergase espacios en los que desarrollar la investigación y la enseñanza, no la sede central de una institución o un monumento para gloria de un monarca. No obstante, su propuesta también requería de una sala docente (para Filosofía Natural) y una residencia independiente, aunque anexa, para el director del centro.

Este programa de usos representa una singularidad y novedad respecto a los observatorios de su tiempo. No había otro antecedente que imbricase la función investigadora y docente salvo, quizá, los proyectos de su coetáneo observatorio de Cádiz tras el traslado a la Isla de León [NOTA: Desarrollado con anterioridad en el apartado *El Observatorio de Cádiz (1753)*].

Con todo, aún en este punto había dudas sobre la utilidad de este observatorio y la posible duplicidad de su programa astronómico respecto del existente en Greenwich [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.243].

El resultado definitivo del observatorio es producto del trabajo inicial del arquitecto Henry Keene y de la finalización de su colega James Wyatt [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.205]. Sin embargo, dado que no se les conoce ningún tipo de experiencia previa en observatorios o relación con la astronomía, parece lógico suponer la participación de algún científico que pudiese señalar las necesidades del edificio. Por lo tanto, como la construcción responde a la función astronómica en su disposición, sus espacios y sus huecos, aunque no se haya podido constatar su implicación, se intuye algún tipo de guía o establecimiento de directrices por el propio Hornsby.

Las trazas del proyecto son de Henry Keene, quien ya había colaborado con las construcciones de la universidad. Él definió las plantas (al menos la inferior) con las que se levantaría el conjunto, incluyendo la separación entre el edificio principal de observatorio y laboratorio y la residencia para astrónomos que ocuparía el director, también conocido como el 'Observador del Radcliffe'.

Pese a que las obras se iniciarían con bajo la dirección de Keene, no pasaría mucho antes de que James Wyatt le sucediese. A falta de otra justificación, parece que ese cambio se debió a la fama sobrevenida a Wyatt tras su diseño para el Panteón de la Calle Oxford de Londres: una arquitectura contagiada del estilo clásico renacentista italiano [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, pp.244-245].

Independientemente de los usos de servicio y de la función secundaria (docencia), en el edificio se reflejan, en todo caso, las condiciones propias de la actividad astronómica acorde a los métodos y las necesidades de su época. Por esto, dado que la observación del plano meridiano requiere de unas determinadas condiciones el edificio tiene una orientación concreta con unas aberturas dirigidas para este fin. Igualmente, el uso de largos telescopios demandaba habitaciones altas y amplias con sus correspondientes ventanas alargadas. Todo esto se terminaría incluyendo en el diseño del observatorio.

El proyecto resultante de las demandas de Hornsby en el que observación astronómica y la docencia de esta ciencia se ligarían y nutrirían en torno a estas instalaciones y equipamiento representaría uno de las primeras instituciones del mundo que aunaría enseñanza e investigación de astronomía [NOTA: Dado que los tiempos de construcción de este observatorio coinciden con los últimos años de actividad del Observatorio de Cádiz y su traslado a la Isla de León, no se puede asegurar cuál de estos inició antes esta dual actividad].



Figura 4.15 – Grabado del exterior del Observatorio Radcliffe.

La primera piedra del Observatorio se colocó en 1772 en una parcela de 3’5 hectáreas [NOTA: Reade (1972): “The Radcliffe Observatory, Oxford, 1772-1929”, p.377], dando inicio unas las obras que se prolongarían durante más de veinte años [NOTA: Knox-Shaw (1955): “The Radcliffe Observatory”, p.144], hasta 1794 [NOTA: Reade (1972): “The Radcliffe Observatory, Oxford, 1772-1929”, p.377].

Su ubicación, bastante alejada del centro de la ciudad así como de otras escuelas de la universidad, le aseguraba un aislamiento que, pese a dificultar su accesibilidad a los estudiantes, le confería unas mejores condiciones para la observación, como son una inferior polución y la menor presencia de obstáculos en las visuales.

En este caso, las trazas del inmueble se disponen de forma canónica según los estándares de la astronomía de su tiempo, es decir, con su lado principal alineado en paralelo al eje este-oeste y el lado menor orientado de norte a sur.

Aunque, como se ha mencionado, las obras las inició Keene, durante su construcción se produjo un cambio en la dirección, que pasó a Wyatt. No obstante, parece ser que esta variación se debió a cuestiones de índole estilísticas (apariencia neoclásica), más que a inconveniencias de funcionamiento como había sucedido durante las obras del Observatorio de París [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.256].

En este sentido, no hubo modificaciones sustanciales en el diseño arquitectónico-espacial (como pasase en el Observatorio de París) [NOTA: Cuestión explicada anteriormente en el apartado *El Observatorio de París (1667)*] ni fue necesaria la adhesión de construcciones y crecimientos para paliar carencias o déficits de funcionamiento (como en Greenwich) [NOTA: Circunstancia ya desarrollada en el apartado *El Observatorio de Greenwich (1675)*]. En el Radcliffe se tuvieron en cuenta los aciertos y errores de sus precursores para producir un edificio que diese respuesta a las necesidades funcionales astronómicas (y docentes) demandadas por Hornsby: un observatorio ajustado al tipo de actividades que iba a albergar y, en especial, en lo relativo a la operatividad de los instrumentos que acogería.

La construcción se estructura de forma muy clara en tres cuerpos bien diferenciados cuya formalización es producto de los usos que contienen, mezclándose entre ellos en una composición unitaria bien equilibrada. El volumen principal es un semicilindro de trece metros de radio y diez metros de alto, con la cara plana orientada hacia la vía pública (al sur). De éste sobresalen dos alas rectangulares alargadas de la mitad de altura y con ocho por veinticinco metros en planta. Sobre el conjunto se destaca una torre ochavada, de planta cuadrada con las esquinas achaflanadas, que recuerda a la Torre de los Vientos de Atenas.

Estéticamente el conjunto es sobrio, sin un excesivo ornamento y posee una evidente simetría. Presenta un ritmo marcado por ventanas rectangulares que en ocasiones se reemplazan por huecos en arco de medio punto u hornacinas. Además cada una de las alas inferiores cuenta con dos huecos continuos que conectan sus caras norte y sur de manera corrida. Puntualmente aparecen en las fachadas pilastras de órdenes clásicos (jónicos y corintios) y bajorrelieves, que junto con algunos frontones y los remates de cornisas y balaustrada completan los rasgos estilísticos. Las cubiertas son planas con excepción de la torre, cuya cubrición es piramidal y se remata por un globo sostenido por Atlas y Hércules.

Resulta llamativo que, pese a que la fachada principal sea la sur, la más representativa y reconocible, que posee el alzado curvo del cuerpo central, se dirija hacia el espacio abierto interior.

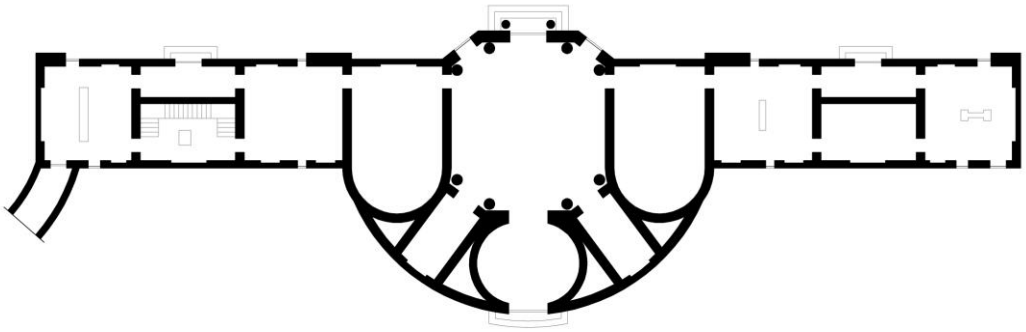


Figura 4.16 – Observatorio Radcliffe. Planta.

A pesar de que cuenta con varias puertas de acceso, la entrada principal se produce por el centro de la fachada sur, dando paso a un gran vestíbulo que recibe a los visitantes y distribuye las circulaciones a lo largo de toda la planta. Frente a éste se encuentra la sala del núcleo de escaleras, único elemento de comunicación vertical y con una salida por la fachada norte. A ambos lados del vestíbulo y aún en el cuerpo central se encuentran sendos cuartos de almacenaje y oficinas. Al este se accede a una de las alas, destinada íntegramente a la investigación astronómica, donde la arquitectura se adapta a los instrumentos de observación, en especial en lo referente a los huecos, diseñados tanto para la observación cenital como para la de tránsito meridiano y que permiten su apertura por secciones para mantener el confort climático durante las observaciones. Al otro extremo del edificio, el ala oeste tiene una definición semejante, con la salvedad de que los instrumentos eran de menor calidad, puesto que su uso estaba destinado a la práctica docente.

Subiendo la escalera se alcanzaba la segunda planta, donde se desarrollaban usos complementarios de la investigación como la biblioteca, una sala de lectura o una sala de conferencias. [NOTA: Aunque no se ha podido contar con documentación original de esta segunda planta, Knox-Shaw menciona estos usos como parte del programa del edificio en la página 144 de “The Radcliffe Observatory”, y dado que no se encuentran en el resto de plantas (de los que sí se dispone de material), se puede deducir esta posición.]

Por último, ascendiendo nuevamente se alcanza la torre, que se inspira, de manera evidente, en la Gran Sala de Greenwich (*Octagon Room*). Consiste en un espacio muy alto de planta ochavada cerrado por una cúpula en el que grandes ventanales se abren en

todas direcciones para permitir una visual de trescientos sesenta grados. Estos huecos tienen cierres practicables por tramos y persianas por secciones, lo que posibilita acondicionar el espacio para abrirse hacia un objetivo, manteniendo unas condiciones climáticas relativamente controladas. Esta sala contenía los telescopios de mayor tamaño junto con los complementos y útiles necesarios para su operatividad (escaleras, bancos, sillas y otros muebles).

Con todo esto, mientras que en la parte de abajo se desarrollaba la astronomía de posición o astrometría, en la parte superior tenía lugar la observación cualitativa y pedagógica (caza de cometas, eclipses…) [NOTA: Kwan (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*, p.253].

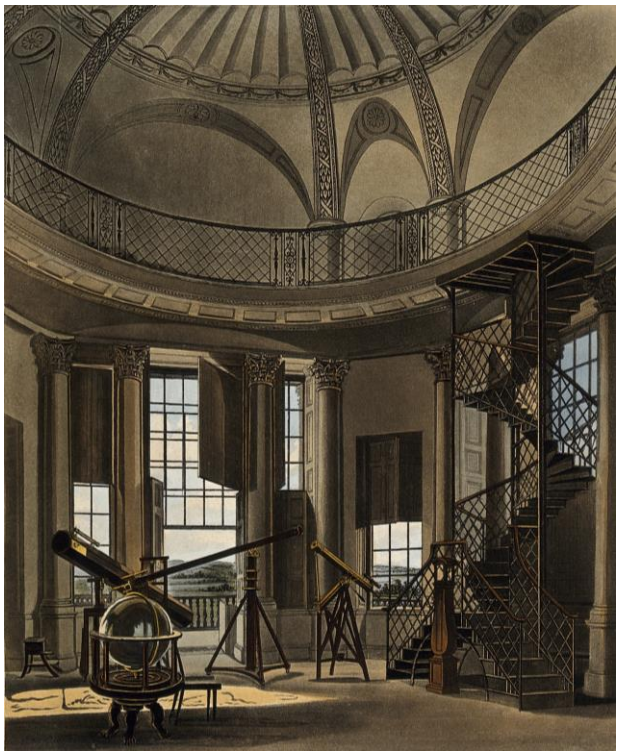


Figura 4.17 – Grabado coloreado del interior del Observatorio Radcliffe.

En cuanto a las cubiertas planas, cuando la climatología era favorable y se entendía conveniente por alguna observación en particular, los científicos podían salir con los útiles astronómicos a la terraza que rodeaba los lados norte, este y oeste de la torre, sobre el cuerpo principal. Ésta también era usada para observaciones meteorológicas.

Atendiendo al mobiliario y demás útiles incluidos en el edificio, así como la posición de los relojes e instrumentos de anotación, se puede evidenciar la preocupación

de Hornsby por el confort y la operatividad de la instalación. Además, el hecho de que el equipo astronómico de las alas inferiores estuviesen fijos e implantados firmemente reflejan la importancia otorgada a la estabilidad.

Junto a este edificio, y formando parte del mismo complejo, se ubicaría una vivienda espaciosa que serviría como residencia a Hornsby (y posteriormente sus sustitutos). Ésta se conectaba con el observatorio mediante un pasillo curvo que llegaba a la esquina noreste del ala oriental, justo en la principal zona de investigación.

Uno de los principales aciertos del diseño del observatorio consistió en segregar los diferentes usos, definiendo cada espacio en relación con la función que debía contener y de los condicionantes propios de ésta.

Ya en 1772, se decía que el Observatorio Radcliffe estaba mejor equipado que ningún otro de Europa [NOTA: Chapman (2013): "The first professors", p.93], con lo que esta consideración propició que recibiese visitas de numerosos científicos extranjeros.

Además de su importancia como entorno para el estudio de la astronomía, también se reconoció el valor de su diseño como edificio mismo. Así, Thomas Bugge, lo describiría como "sin duda el mejor de Europa, tanto en lo referente a la disposición como en los instrumentos" [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.207, citando a Thomas Bugge en su *Travel diary*].

El Radcliffe sería uno de los últimos observatorios importantes cuyo proyecto arquitectónico se basase en un diseño de gran salón: un espacio amplio y de mucha altura con esbeltas ventanas verticales en el que poder desarrollar con cierta operatividad la observación astronómica con telescopios de una longitud considerable. La evolución técnica permitiría en estos años reducir significativamente el tamaño de los telescopios, con lo que la presencia de un espacio de trabajo de estas dimensiones perdería toda razón de existencia.

Probablemente si el diseño y la construcción de este observatorio se hubiese demorado unos cuantos años, en lugar de quedar rematado por el cuerpo de la torre ochavada, seguramente hubiese estado culminado mediante una cúpula.

Asimismo, el Radcliffe sería uno de los últimos observatorios relevantes que midiese las declinaciones mediante cuadrantes y el hecho de que su instrumentación no se fuese modernizando acorde a las innovaciones técnicas propició una paulatina decadencia científica de la institución.

Pese a que durante unos ciento cincuenta años tras su apertura, el Observatorio Radcliffe había hecho numerosas contribuciones a la astronomía posicional, durante la segunda década del siglo XX se hizo evidente que tanto el clima como el contaminado aire de Oxford perjudicaban la investigación científica [NOTA: Thackera (1964): "The work of the Radcliffe observatory", p.55]. En este punto se comenzó a plantear un posible traslado o reubicación en un entorno de condiciones más propicias para la astronomía.

Finalmente, este movimiento se confirmó en 1935, cuando el Radcliffe se trasladaría a Pretoria (Sudáfrica), cuyas obras de un nuevo observatorio equipado con un gran reflector moderno comenzarían en 1937 [NOTA: Knox-Shaw (1955): "The Radcliffe Observatory", p.148].

Hoy el edificio, que se mantiene en un muy buen estado de conservación, pertenece a la universidad, por lo que el acceso sólo está permitido para miembros del Green Templeton College salvo en ocasionales jornadas de puertas abiertas en las que cualquiera puede visitarlo.

El Observatorio de Dunsink (1783/5)

Pese al pionero e infructuoso intento, por parte de Bartholome Mosse, de instalar un telescopio en el campanario de un hospital para constituir un observatorio o a la posterior tentativa de Richard Poekrich que tampoco se concretaría [NOTA: Dixon (1950): "Dunsink Observatory and its astronomers", p.33], Irlanda no contaría con un observatorio hasta la intervención de Francis Andrews, preboste [NOTA: en el original "provost", por lo que se mantiene la traducción literal a "preboste" para respetar la denominación del cargo aun siendo más comunes en castellano "director" o "rector"] del Trinity College de Dublín.

El interés de Andrews por la astronomía se evidencia en el hecho de que contase con su propio telescopio, sin embargo, sería tras un viaje por Europa durante el que constataría la relevancia que esta ciencia estaba adquiriendo, concluyendo lo oportuno de su estudio para la educación de cualquier persona [NOTA: Hutchins (2008): *British University Observatories 1772–1939*, p.27].

A su muerte en 1774, Francis Andrews se convirtió en benefactor póstumo del Trinity College, habiéndole legado al mismo la suma de 3000 libras para construir un observatorio para la Universidad, así como para conseguir los instrumentos necesarios para equiparlo. A esto se debía agregar también una concesión estipulada de 250 libras anuales para el salario de un profesor de astronomía seleccionado por el nuevo preboste y la Junta de Gobierno [NOTA: Dixon Hardy (1835): "Observatory, Dunsink", p.49 y Hutchins (2008): *British University Observatories 1772–1939*, p.27]. Aunque los herederos de Andrews cuestionaron su decisión y pugnaron por anularla, finalmente una comisión parlamentaria intervino a favor de la voluntad del preboste, haciendo que su legado terminase dando lugar al Observatorio de Dunsink.

El sucesor de Andrews, John Hely-Hutchinson, seleccionaría al reverendo Henry Ussher para fundar un observatorio para la Universidad (tal y como era deseo de Andrews), siendo su primer objetivo la selección de los instrumentos que formarían parte de dicha institución, con el fin de que el edificio que se iba a levantar se adaptase a las necesidades que dicho equipamiento científico debía requerir. Es decir, la función contenida (la observación astronómica) condicionaría el diseño y la propia forma del contenedor (el edificio).

Ussher pretendía, con cierta ambición, contar la mejor instrumentación disponible y con un telescopio de grandes proporciones que hiciese destacar su observatorio sobre los demás. Así lo expuso ante la Junta de Gobierno, de quien consiguió el apoyo para viajar a Inglaterra a contactar con el fabricante de instrumentos más destacado de su tiempo, Jesse Ramsden, para encargarle el mejor equipo astronómico posible, sin contar con restricciones presupuestarias [NOTA: Ball (1985): *Great Astronomers*. p.213].

El encargo consistió en un telescopio de seis pies (ciento ochenta centímetros) de distancia focal, cuatro pulgadas y cuarto de abertura, y diferentes lentes de aumento para observaciones de tránsito, un telescopio acromático montado en un eje polar para los movimientos heliostáticos, un instrumento ecuatorial, y un gran círculo completo

para medir altitudes. Pese a que el equipo para observaciones de tránsito se entregó según lo previsto, hubo inconvenientes con el resto del encargo. Se pretendía adquirir un círculo de gran tamaño, de diez pies (tres metros) de diámetro, para conseguir una mayor precisión. Esto provocó numerosas complicaciones que pospusieron la entrega y la acabaron modificando hasta unos más modestos ocho pies (doscientos cuarenta centímetros) de diámetro. Este retraso se prolongó hasta más de veinte años después de haber realizado el encargo. Cuando por fin se instaló en el observatorio, ya en 1808, Ussher ni siquiera vivía para verlo. El resto de útiles solicitados no llegaría a entregarse [NOTA: Dixon Hardy (1835): "Observatory, Dunsink", p.49].

En todo caso, el edificio se diseñaría para albergar los útiles encargados, con objeto de favorecer el desempeño científico propio a este equipamiento y, pese a las dificultades padecidas, en pocos años el Observatorio se haría con el instrumento para los movimientos heliostáticos, con un telescopio acromático Dollond y varios relojes, quedando completamente equipado acorde a las observaciones e investigaciones astronómicas de su tiempo.

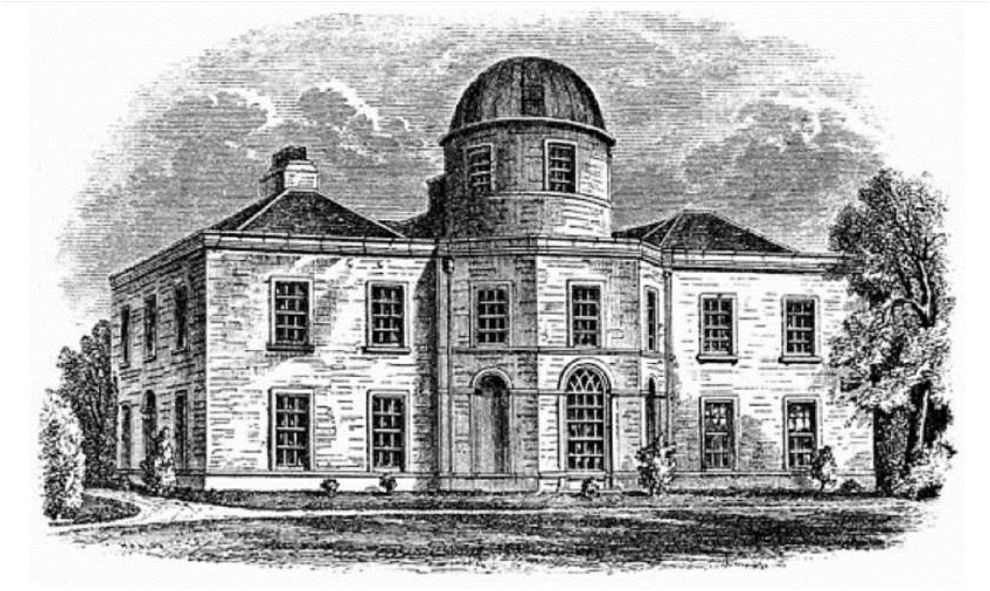


Figura 4.18 – Grabado del exterior del Observatorio Dunsink.

El proyecto sigue las líneas establecidas por el Astrónomo Real, Nevil Maskelyne, incorporadas a las condiciones de diseño por Henry Ussher. Aunque el mismo Ussher sintetiza los aspectos principales considerados para el edificio como "situación, fundación y suelo" [NOTA: Ussher (1787): "Account of the Observatory Belonging to Trinity College, Dublin", p.8] lo cierto es que la realidad es menos elemental.

Evidentemente la situación del edificio resultaba algo crucial, dado que se debía asegurar la mejor visibilidad posible del cielo, por lo que su posición debía evitar la presencia de obstáculos, pero también tener en consideración la creciente polución de la ciudad o su accesibilidad.

Asimismo se entiende que cuando habla de "fundación y suelo", se alude de forma bastante directa a asentamiento del edificio, a su cimentación o estructura, y, en definitiva, a la estabilidad, circunstancia que ya se ha referido en observatorios de apartados anteriores. Obviamente dicha cualidad resulta crucial para la investigación, ya que de ésta depende la precisión de la observación y, por ende, la fiabilidad de los resultados obtenidos.

No obstante, además de estos aspectos subrayados por Ussher, el proyecto también refleja como condiciones esenciales la facilidad de operación y la atención climática. El primer atributo se manifestará adecuando el espacio de las salas y sus aperturas a la labor prevista para ellas. El segundo de estos atributos, especialmente cuidado, será evidente desde en la configuración de la planta del edificio hasta en los diferentes sistemas considerados para controlar la temperatura o la incidencia del viento durante las observaciones.

Los primeros pasos para la fundación del Observatorio debían iniciarse por la selección del lugar en que se erguiría, siendo ésta una decisión crucial de la que dependería buena parte del éxito de la institución. Se requería un terreno con un firme estable, desde el que la visibilidad del cielo fuese máxima y en donde las condiciones climáticas fuesen tan favorables como fuese posible (la mayor cantidad posible de días despejados). Debía estar suficientemente alejado de la ciudad como para minimizar la afección de sus humos, aunque lo suficientemente próximo como para permitir su acceso con facilidad desde la Universidad.

Para asegurar una buena visibilidad, además de no tener obstáculos próximos, debía situarse en una zona elevada puesto que la construcción no debía tener una altura excesiva para evitar una penalización en la estabilidad.

En esta decisión tomaron parte tanto la Junta del Trinity College [NOTA: Ball (1985): *Great Astronomers*. p.207] como el propio Henry Ussher [NOTA: Dixon (1950):

"Dunsink Observatory and its astronomers", p.34], resolviendo que el Observatorio se levantaría en Dunsink, en una colina a unos ocho kilómetros al noroeste de Dublín.

Dicha localización satisfacía en buena parte los criterios previstos para la implantación del edificio ya que tiene una vista casi completamente libre del horizonte en todas direcciones (salvo por algunas montañas al sur), el clima es favorable, sin las habituales nieblas o brumas de la zona, queda cerca de la ciudad y el suelo presenta un estrato de roca caliza de gran dureza a poca profundidad, sobre el que asentar unos cimientos estables.

La propiedad que se adquirió contaba con más de 14 acres (más de 16.000 m^2); una superficie tan extensa como previsión para evitar que la futura intervención de constructores levante edificios en los alrededores que pudiesen interferir sobre las observaciones [NOTA: Dixon (1950): "Dunsink Observatory and its astronomers", p.14].

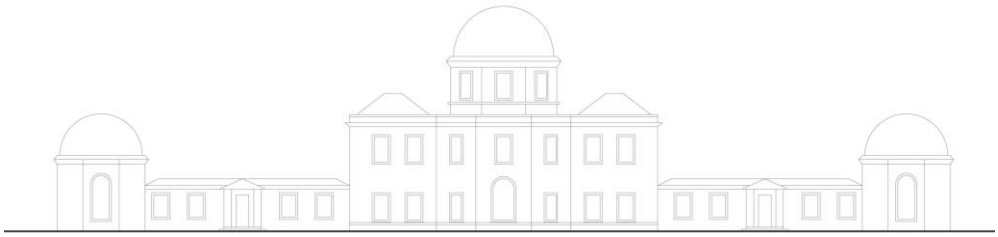
El proyecto del Observatorio, es un claro ejemplo de la trascendencia que supone la colaboración entre el arquitecto y el astrónomo. En este caso, el diseño del edificio le fue encargado a Graham Myers [NOTA: también escrito Moyers] en 1782 [NOTA: Dixon (1950): "Dunsink Observatory and its astronomers", p.33], mientras que el carácter científico fue aportado por Ussher, quien contó con el consejo y la asistencia del Astrónomo Real, Nevil Maskelyne [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.241].

En 1783, cuando el proyecto del observatorio ya se había iniciado, sería el propio Hely-Hutchinson quien elegiría a Ussher para que fuese el primero en ocupar el puesto de Profesor de Astronomía del Trinity College (*Andrews' Professor*) [NOTA: en este dato hay discrepancias. Mientras que F. E. Dixon apunta que Ussher falleció sin llegar a ocupar el cargo de *Andrews' Professor*, P. A. Wayman, siendo él mismo titular de dicho cargo fecha la vigencia de Ussher en ese puesto entre 1783 y 1790].

Pese a que en Dunsink se toma como modelo el Real Observatorio de Greenwich (Flamsteed House), el edificio incorporaría varias innovaciones de fundamento técnico-científico que representarían un importante avance en la concepción de estos edificios destinados a la investigación astronómica. En Dunsink, la atención por la estabilidad se lleva hasta el punto de desarrollar cimentaciones y soportes independientes para los instrumentos de observación, completamente aisladas de la estructura del resto del

edificio. Se incorpora también la atención por la estabilidad térmica para evitar imprecisiones derivadas de dilataciones o retracciones, o por el empañamiento de las lentes o espejos del equipo. Además este proyecto será el primero en el que el telescopio alcance el papel principal de la investigación astronómica, ocupando una posición privilegiada y siendo su óptima utilización el centro del diseño.

Ussher expone su autoría intelectual de los planos del observatorio, "yo idee el plan anexo", subrayando su trabajo y participación, "no he escatimado estudio ni atención en este edificio" [NOTA: Ussher (1787): "Account of the Observatory Belonging to Trinity College, Dublin", p.7]. No obstante, aunque parece probada su aportación en estas decisiones proyectuales, al menos como instigador, en base a su experiencia y a sus conocimientos científicos, es del todo improbable que contase con capacidad para definir los planos sin contar con Myers, el arquitecto contratado para este objetivo. Por lo tanto, no debemos entender sus afirmaciones desde la literalidad sino subrayando la crucial importancia de sus contribuciones al diseño final del edificio.



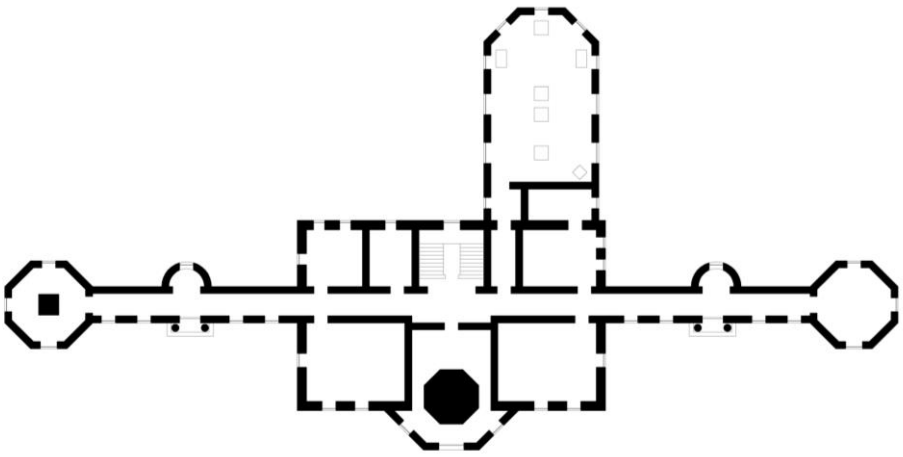


Figura 4.19 –Observatorio Dunsink. Alzado.

Figura 4.20 –Observatorio Dunsink. Planta.

El observatorio se proyectó en base a la distribución funcional de sus usos astronómicos, quedando los diferentes espacios de investigación y observación centrifugados respecto de un cuerpo central que aglomeraba las zonas de servicios e intendencia.

El proyecto quedaría definido por un cuerpo central de planta rectangular, dos alturas y cubierta inclinada, alineado de norte a sur en su lado mayor y desde el que se desarrollan los diferentes volúmenes, de menor tamaño, que albergarían las funciones astronómicas. La fachada principal, al este, presenta un saliente de planta trapezoidal, sobre éste, desde la cubierta surge hacia el cielo un tambor cilíndrico que sostiene una cúpula semiesférica, anticipando esta ubicación privilegiada la posición de su función más notable. En el extremo norte de la fachada posterior, la occidental, se extiende hacia el oeste el ala de mayor tamaño del conjunto, rematada en un ábside poligonal. Al sur aparece un esbelto crecimiento longitudinal que termina en un volumen de planta octogonal en el que apoya una cúpula semejante a la del cuerpo principal. En el norte, una simetría presenta una solución igual a la existente en el extremo sur.

La fachada es sencilla, casi sin ninguna decoración. Los huecos adintelados aparecen en ésta con regularidad y simetría, habiendo algunos de menor tamaño en la parte superior del edificio. En el alzado bajo las cúpulas, estas aberturas cambian a un remate de arco de medio punto. Un zócalo en la parte inferior y las cornisas como remate de los diferentes volúmenes completan la imagen del conjunto. Tan sólo en las entradas, gemelas, cada una en el centro de la fachada este de los corredores norte y sur, aparecen elementos meramente estéticos; siendo en ambos casos una puerta bajo un frontón triangular sostenido por dos columnas dóricas.

El diseño exterior es austero y prácticamente del todo carente de ornamento, habiéndose supeditado toda decisión a la funcionalidad y quedando relegadas las decisiones estéticas a un carácter marginal. Ussher lo justificó afirmando: “no necesito disculparme por la falta de ornamento y elegancia arquitectónica de un edificio que, para responder a su definición por completo, probablemente deba rechazar ambos; la estabilidad perfecta y la conveniente disposición de los instrumentos representan aquí el gran objetivo del arquitecto, y una vana afectación del gusto podría atentar contra estas cualidades esenciales” [NOTA: Ussher (1787): “Account of the Observatory Belonging to Trinity College, Dublin”, p.].

Dado que no contaba con una entrada principal, al interior del edificio se accedía por cualquiera de las dos puertas de la fachada este, alcanzando en ambos casos un pequeño ábside a modo de recibidor que era cruzado por un corredor que conectaba las dos entradas llegando desde la sala norte a la sala sur, atravesando todo el Observatorio. Este pasillo se ensanchaba en el centro del cuerpo central donde se encontraba la escalera que comunicaba con el nivel superior. A ambos lados de este pasillo se abrían las distintas cámaras, teniendo la primera planta una organización similar a la inferior. Pese a que no hay demasiada información de la distribución original de usos de los espacios interiores no destinados a la observación, se sabe que contaba con una residencia para el astrónomo principal, con lo que posiblemente contaría con una cocina, alguna habitación para el personal de servicio, una cámara para recibir visitas e, incluso, algún tipo de letrina o aseo. Algunos de los otros espacios se dedicaban al análisis y la toma de datos, además de contar con espacios destinados al almacenaje de suministros [NOTA: Dixon (1950): "Dunsink Observatory and its astronomers", p.35]. Con todo, aunque no hay información en los planos sobre su localización exacta, se sabe que, a tenor de su relación con la Universidad, incorporaba una de las salas principales dedicada a las conferencias o seminarios. Fuera del edificio principal, se previeron establos y una residencia para el astrónomo asistente [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.244].

En cuanto a las salas de función astronómica, su óptima configuración era la pretensión esencial del proyecto, por lo que el diseño responde al tipo de utilización y finalidad científica para cada instrumento. Se intenta que todo el equipo de observación quede tan bajo como sea posible para minimizar las posibles oscilaciones estructurales, lo que gracias a la posición elevada del edificio no supone un obstáculo para la investigación.

La sala ecuatorial ocupa el espacio superior de la construcción, en el interior del cilindro que sobresale del cuerpo central. El telescopio refractor se asienta sobre un soporte que arranca desde un inmenso pilar de mampostería de planta octogonal, de más de dos metros y medio de lado, que asciende desde el firme de cimentación hasta la altura necesaria para que ninguna parte del edificio pueda interferir en las observaciones. Alrededor de esta estructura, separado concéntricamente, surge también desde la cimentación un muro circular que se eleva hasta configurar el tambor del cerramiento de la sala. El forjado de la habitación enmarca el gran pilar con un

perímetro de madera y cuero flexible, de manera que se eviten las transmisiones de movimientos estructurales o de vibraciones causadas por el viento en fachada. De esta forma se asegura la mayor estabilidad posible y, por ende, precisión en los resultados.

Sobre el tambor central se encuentra una cúpula semiesférica con diferentes estratos (lino, alquitrán, madera, musgo) para asegurar un adecuado aislamiento térmico. Dicha estructura estaba compuesta por costillas radiales de madera que reposan sobre un bastidor anular con ruedas que permite su movimiento de rotación mediante medios manuales. Esto, junto con una abertura practicable en su superficie, permite que el telescopio pueda dirigirse a cualquier punto del cielo sin exponerse al viento o las bajas temperaturas, manteniéndose bajo el resguardo de la cúpula. En torno al tambor, en el exterior, la cubierta se torna en una plataforma que domina las vistas en todas las direcciones.

La sala de observaciones meridianas ocupa todo el ala oeste del conjunto. Su configuración viene determinada por el tipo de investigación contenida en ella, que, en este caso, requiere de la visión ininterrumpida del cielo de norte a sur. Es por este motivo por el que se desplaza hacia un lateral del complejo. Su posición al oeste de cuerpo principal se desprende del estudio de vientos del entorno (predominantemente de poniente) para evitar que el humo procedente del edificio pueda perjudicar la observación.



Figura 4.21 – Fotografía exterior del ala de la sala meridiana del Observatorio Radcliffe.

La sala meridiana es de planta rectangular con las esquinas occidentales ochavadas. De manera análoga a lo expuesto, en la sala ecuatorial cuenta con una cimentación para el equipo astronómico, en este caso de planta cruciforme, independiente de los muros y

forjados del resto de la construcción. De ese basamento surgen diferentes pilastras: dos para sostener el instrumento de tránsito y otras cuatro, dispuestos en cruz, para el apoyo del marco del gran círculo meridiano vertical. En esta estructura el detalle se ha cuidado hasta el punto de que las pilastras, son monolíticas y están compuestas por grandes bloques de piedra extraídos sucesivamente de la cantera, para asegurar la mayor homogeneidad posible y evitar discrepancias por una expansión o contracción disímil. Estas pilastras incluso incorporan termómetros con sus bulbos insertados en la propia piedra para un mayor control de su situación. En una esquina de la habitación, otro pilar independiente sustenta el reloj.

En lo referente a las aberturas para la observación de la sala meridiana, éstas transcurren desde su fachada meridional a la septentrional incluyendo la cubierta, con un sistema de paneles practicables que permiten abrir un hueco continuo de más de un metro de anchura. Asimismo, para evitar diferencias térmicas entre el interior y el exterior de la sala que pudiesen provocar empañamientos o movimientos por dilataciones, se incluyen un segundo orden de huecos. Con forma semicircular, estas ventanas permanecen normalmente abiertas para asegurar la ventilación y el equilibrio térmico interior-exterior de la sala; sin embargo, para evitar corrientes de aire que pudiesen afectar a alguna medición, están cubiertas con pantallas de lona permeable. En todo caso, estos huecos cuentan con contraventanas internas para cerrarlos en caso de lluvia u otra necesidad.

La sala del extremo sur se aleja tanto del cuerpo principal para asegurar que con la altura proyectada su afección sobre la visual del telescopio meridiano sea marginal. La planta inferior, octogonal irregular, es atravesada por dos pilares aislados del resto del edificio (como en las salas anteriormente descritas), que llegan hasta la parte superior, donde sostendrían un telescopio acromático para observaciones ocasionales (eclipses, ocultaciones, etcétera) que quedaría cubierto por una cúpula móvil semejante a la de la sala ecuatorial. La planta baja quedaría relegada para que observadores ocasionales pudiesen practicar.

La sala al norte es homóloga a la anterior, con la pequeña variación de estar prevista para la instalación de un sector cenital o un cuadrante en lugar de un telescopio.

Este proyecto sería pionero en el atender con un cuidado minucioso las condiciones climático-ambientales de un observatorio, incorporando soluciones ideadas y diseñadas

expresamente para esta construcción. La sala meridiana es la primera sala de observación en la que se tuvieron en cuenta factores meteorológicos [NOTA: Wayman (1986): "The Andrews' professors of astronomy and Dunsink Observatory, 1785-1985", p.169].

Igualmente, tanto la independencia estructural de los soportes de los instrumentos como la solución de cúpula móvil desarrolladas en el Observatorio de Dunsink representan dos avances significativos en el diseño estos edificios, consolidándose como claves en este tipo de edificios y manteniéndose en los sucesivos observatorios hasta la actualidad.

Todo lo expuesto demuestra el importante salto cualitativo que se dio en Dunsink en relación al diseño de observatorios astronómicos.

Las obras se iniciaron en 1783, preparando el terreno para la fundación bajo la dirección y tutela respectiva de Myers y Ussher, avanzando sin demora hasta su inauguración en 1785 [NOTA: Hutchins (2008): *British University Observatories 1772–1939*, p.25], cuando ya estaba en funcionamiento pese a los comentados retrasos en la entrega de parte del equipo de observación astronómica.

Durante la construcción, se modificó parte del proyecto suprimiendo las alas norte y sur tanto los corredores como las cámaras octogonales. Dado que era en estos pasillos donde se ubicaban las entradas, éstas debieron de ser reubicadas. Aunque se terminaron disponiendo en las caras norte y sur, en las posiciones que hubiesen ocupado las prolongaciones del corredor central, mantuvieron el diseño original.

Aunque no hay constancia de los motivos que propiciaron esta variación, es probable que la ausencia de instrumental para equipar sendas salas sea una justificación. Por otro lado, seguramente la financiación también tuvo su importancia, puesto que el hecho de que el legado de Andrews no cubriese la totalidad de los gastos de la construcción y que parte de los fondos tuviesen que ser provistos por la Universidad también favoreciese esta simplificación del diseño [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.245].

Pese a que se considera que en 1787 el edificio ya estaba completado, lo cierto es que parte importante del equipo astronómico para el que estaba destinado y al que debía su configuración no llegaría hasta 1808 (el gran círculo para altitudes), mientras que el

resto del encargo no se llegaría a recibir. Aun demostrando su precisión y utilidad durante los primeros años de funcionamiento, para mediados del XIX la falta de inversión y renovación de instrumentos de observación había dejado Dunsink en una posición precaria para la investigación.

Entre 1865 y 1874 Francis Brunnow [NOTA: adaptado al inglés del alemán Franz Friedrich Ernst Brünnow] ocupa los puestos de Profesor de Astronomía del Trinity College y Astronomo Real de Irlanda, haciéndose cargo de la dirección del Observatorio de Dunsink.

A lo largo de esos nueve años trabajó para equiparar la institución al nivel de los mejores del mundo instalando un el mejor telescopio meridiano disponible y desarrollando un nuevo telescopio que se instalaría en una nueva construcción (levantada entre 1866-1868) en el entorno del edificio original [NOTA: Dixon (1950): "Dunsink Observatory and its astronomers", pp.42-43].

Este equipo, que se conoce como el telescopio South [NOTA: no se traduce como sur porque no alude al punto cardinal, sino al apellido del mecenas que lo patrocinó, Sir James South], se ubica en un edificio muy sencillo, de planta circular con un solo nivel y una sola habitación. Dicha sala alberga el citado telescopio sobre un pilar estructuralmente independiente del resto del edificio, como sucede en el resto del complejo, y queda cubierto por una cúpula móvil similar a la de la sala ecuatorial.

Durante los años posteriores Dunsink mantuvo una buena actividad astronómica, manteniendo, renovando y ampliando su equipamiento para la observación. A principios de siglo XX el crecimiento de la ciudad comprometió la visión del Observatorio, que terminaría por cerrar hacia 1920. En 1947 sería reabierto pasando a formar parte del Instituto de Estudios Avanzados de Dublín, continuando con la investigación hasta el 2005.

En la actualidad tiene un uso mixto. Funciona como alojamiento temporal para visitantes invitados por el Instituto de Estudios Avanzados. También cuenta con espacios disponibles para alquilar como salas de conferencias, talleres o exposiciones. No obstante, no ha perdido su trasfondo científico, dedicándose en parte a la actividad museística y en parte a actividades de divulgación (incluyendo periódicamente noches abiertas para la observación)

Una arquitectura adaptada a la astronomía

Como se ha expuesto a lo largo de este capítulo el observatorio moderno se diseña y planifica para responder un uso astronómico concreto que durante el periodo comprendido entre los siglos XVII y XVIII asumirá los cambios derivados de la propia evolución de la astronomía como ciencia (en especial en lo referente a sus instrumentos) y mejorará sus prestaciones en aras de un desempeño óptimo de la actividad investigadora sin desdeñar en modo alguno a sus ocupantes. Todo ello atendiendo, en mayor o menor medida, al valor estético del conjunto e, incluso en algunos casos, pretendiendo cierta representatividad y grandiosidad.

A mediados del siglo XVIII la astronomía se había convertido en la más costosa de las ciencias [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.203]. Además del elevado valor de los instrumentos, resultaba necesario contar con un edificio destinado a la astronomía que fuese propicio para dicha función, puesto que en caso contrario la precisión de las observaciones se vería menoscabada, con lo que la inversión en el equipo astronómico estaría malgastada. Esto subraya la importancia de la arquitectura para el buen desempeño y avance de esta disciplina.

En este punto, la arquitectura fue cuestionada en relación a su interés por la apariencia como si el valor estético contraviniese por definición su adecuación para la actividad científica. Esto se pone de manifiesto, por ejemplo, en las palabras de Ussher: "Con respecto a la estructura, no necesito que los astrónomos se disculpen por la falta de ornamento y elegancia arquitectónica en un edificio que para responder plenamente a su diseño probablemente deba rechazarlos a ambos; una perfecta estabilidad y una disposición conveniente de los instrumentos forman aquí el gran objetivo del arquitecto, y cualquier artificio estético puede contravenir sus cualidades esenciales" [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", pp.242-243].

De forma contraria, también se ha reconocido el papel que el cuidado por las proporciones, la escala o la estética tienen en el global del observatorio, reconociendo lo beneficioso y necesario de la colaboración entre arquitectura y astronomía. Así lo

manifestaría Jean-Dominique Cassini [NOTA: También llamado Conde de Cassini o, simplemente, Cassini IV. No confundir con su bisabuelo Cassini I, conocido por el mismo nombre al adaptarse del italiano Giovanni Domenico Cassini]: "no me ocuparé de las finas proporciones, de los adornos ni de las decoraciones que solo los artistas [NOTA: cuando habla de artistas se refiere a los arquitectos] pueden añadir y depende de ellos compensar" [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.243]. Aunque remarcando la importancia de la ciencia también afirmaría que "El arquitecto más hábil, si no ha practicado astronomía, nunca podrá construir un buen observatorio" [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.240]. En este sentido, siendo evidentemente preferible la experiencia en ambos campos, lo cierto es que lo fundamental para que un arquitecto ajeno a la astronomía pueda proyectar un observatorio apropiadamente es un análisis bien documentado del funcionamiento y necesidades particulares de uso que derive en una verdadera comprensión de la actividad astronómica; y, si es posible, la colaboración con el astrónomo responsable del programa científico que se vaya a desarrollar.

Durante el siglo XIX la creencia popular todavía identificaba un observatorio astronómico como una torre alta [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.235], cuando hacía más de un siglo que esa corriente había se había abandonado. De hecho, el instrumento más importante y representativo de la astronomía del XVIII es el cuadrante meridiano: era el más preciso y condicionaba el diseño de los observatorios, siendo estos edificios casi concebidos *ex profeso* para albergarlos. Esto suponía, además, la necesidad de un diseño concreto en base a unos conocimientos científicos especializados que permitiesen su correcta implantación (ubicación meridiana o estabilidad), puesto que de forma contraría cualquier medición podría carecer de precisión o, incluso, validez [NOTA: Lafuente; Sellés (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p.170].

Aun así existía cierta discrepancia a la hora de determinar la posición más adecuada para la instalación del cuadrante, como cuando la autorizada voz de Sir Christopher Wren (arquitecto y astrónomo) expuso que "un gran cuadrante fijado a una pared construida en el meridiano […] es mejor en un patio abierto o jardín" [NOTA: Morton-Gledhill (1988): "The architecture of astronomy in the British Isles: a general study", p.236] en lugar de en el interior de un edificio.

En cualquier caso, difícilmente un gran cuadrante podría ser instalado en óptimas condiciones sobre una alta torre sin comprometer su fiabilidad, desmintiendo esto la popular e idealizada visión decimonónica.

Tampoco la aparición del telescopio puede sustentar dicha creencia, ya que una torre es tan buena como cualquier otro lugar elevado sobre los obstáculos del entorno y alejado de interferencias para la observación (brumas, luces, humo...) en la medida en que los beneficios que se le atribuyen no se compensen con otros factores que lastren las observaciones como la exposición a las adversidades climáticas (frío, viento, lluvia…) o la falta de estabilidad estructural (movimientos o vibraciones).

A lo largo de los siglos XVII y XVIII se producen varios avances sustanciales en el diseño de los observatorios, todos ellos acontecidos para satisfacer las necesidades dadas por el progreso astronómico. De este modo, se da valor al carácter representativo del edificio como símbolo y como institución, llegando a tenerse en consideración la integración en un determinado entorno o la visión del conjunto desde la distancia. Asimismo se producen relaciones y asociaciones entre el observatorio y otras entidades o estamentos como la docencia, la navegación o la estrategia militar.

En cuanto al aspecto constructivo, se estiran los huecos de fachada hasta grandes ventanales verticales para facilitar el trabajo con largos telescopios e incluso se plantean salas completamente sin cubrir supeditando la habitabilidad del espacio a la actividad científica. También se desarrolla la cubierta plana como espacio transitable dedicado a la observación, aparecen las grandes salas astronómicas en las que la envolvente se fracciona en paramentos con vanos practicables orientados hacia todas direcciones, se implementan los primeros diseños de estructuras independientes para los instrumentos de observación y el resto del edificio, se introducen las aberturas continuas para seguimiento del tránsito meridiano, y hasta surge la cúpula móvil como solución de envolvente.

Todo esto derivaría en que los observatorios que aparecerían durante los siglos XVIII y XIX, e incluso hasta principios del XX, se caracterizarían por unos parámetros claros. El edificio necesitaría de una parte de baja altura para ubicar los cuadrantes y el instrumento de tránsito meridiano que se caracterizaba por una o más aberturas continuas (en paredes y techo) perfectamente alineadas de norte a sur, lo que supondría un volumen alargado con su lado mayor orientado de este a oeste. Por otro lado, la

construcción debería contar con una zona destinada a los telescopios de refracción, bien en forma de sala poliédrica con altos ventanales o bien mediante una o varias cúpulas [NOTA: Chapman (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", p.205].

En definitiva, los observatorios reflejaban una serie de estrategias destinadas a satisfacer los requisitos que la investigación astronómica iba demandando. Como edificios especializados eran el resultado arquitectónico-constructivo de una función científica determinada. Por lo tanto, las características que definían al observatorio moderno se derivaban del entendimiento y la correcta interpretación de las condiciones precisadas por una ciencia en constante desarrollo [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. pp. 38-39].

Lo cierto es que los observatorios de este periodo distaban de parecerse a la imagen popular que había de ellos. Esto era así porque su evolución era continua en pos de las necesidades de una astronomía en constante cambio a la que la arquitectura debía adaptarse.

Capítulo 5. Difusión del observatorio moderno

El desarrollo experimentado desde los prototipos de Tycho Brahe hasta la culminación del modelo de observatorio moderno se produce, con diferentes vaivenes, en base a argumentos casi exclusivamente técnico-científicos a través de importantes saltos cualitativos definidos y reflejados en proyectos concretos (los observatorios de París, Greenwich…) cuyos avances se irían incorporando paulatinamente en las propuestas posteriores. De esta forma, la concepción del edificio respondía fundamentalmente a conseguir las mejores condiciones posibles para el desarrollo de la astronomía.

Habiendo alcanzado unos estándares que cubrían las necesidades básicas de la función científica, a lo largo del siglo XVIII, pero sobre todo desde finales del mismo, empiezan a aparecer numerosos observatorios astronómicos por Europa en una expansión que se contagiará al resto del mundo, surgiendo estos centros astronómicos a lo largo y ancho del planeta.

Si bien la evolución de esta ciencia se mantendría constante en el tiempo con diversos adelantos e incluso con el nacimiento de la astrofísica como rama de la astronomía con sus propias particularidades, los cambios no siempre se reflejarían en variaciones significativas del diseño del observatorio, que mantendría un programa de usos mixtos en el que los espacios estrictamente de observación (ocupados y caracterizados por los instrumentos) convivirían con otros espacios en los que tendrían lugar las actividades derivadas de estas observaciones (análisis de datos, discusión de resultados…), y otros espacios accesorios, entre los que se destinan a funciones particulares de determinados observatorios (salas de conferencias, bibliotecas…) y otras funciones de servicio (dormitorios, almacenes…) que, en ocasiones se desplazaban a uno o varios edificios independientes.

El análisis de diferentes casos de estudio pertenecientes a este período en los que las variaciones derivadas del desarrollo científico no serán tan marcadas permitirá valorar otros aspectos como la relación entre astronomía y el programa de usos no científicos o la manera en la que la implantación en uno u otro entorno interviene sobre el diseño de esos observatorios.

Observatorio de Mannheim (1774)

A finales de 1771, el astrónomo de la corte Christian Mayer presentó una propuesta para la construcción de un observatorio en la ciudad de Mannheim basada en los edificios de este tipo que había visitado en los años anteriores [NOTA: Archivo General de Karlsruhe, Faz. Nr. 213/3540, Mannheim Stadt, Acta die neue Sternwarte betreff., Vol. I, Denkschrift Chr. Mayers vom 31. 12. 1771]. Su construcción se aprobó en 1772 y, ese mismo año, se iniciaron las obras, que se prolongaron hasta dos años más tarde [NOTA: Cunningham, Clifford. *Bode's law and the Discovery of Juno. Historical Studies in Asteroid Research*. p. 257].

Mayer pretendía una torre octogonal alineada con los puntos cardinales, inspirado en el Observatorio de París, pero ante las desavenencias con el arquitecto de la corte, se remitió el encargo a Johann Lacher [NOTA: Hoffmann, W.W, *Zur Baugeschichte der Mannheimer Sternwarte*. p. 56].

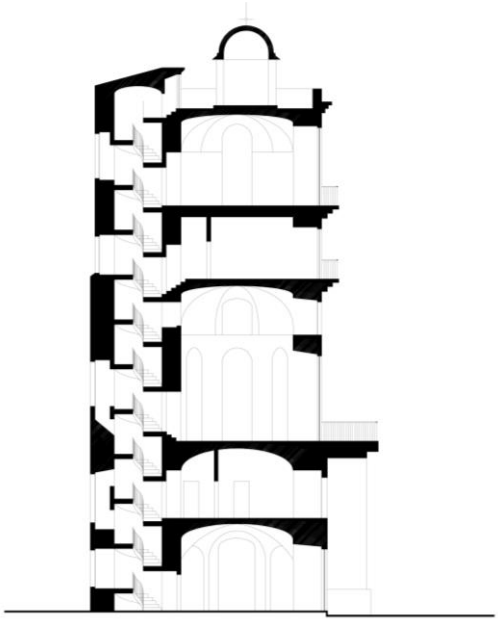


Figura 5.1 – Grabado del Observatorio de Mannheim adosado a la iglesia.

En la parte posterior de la iglesia jesuita de Mannheim se levantó una torre de treinta y dos metros de altura [NOTA: Udías, Agustín. *Searching the Heavens and the Earth: The History of Jesuit Observatories*. pp. 30-31] que se componía por tres volúmenes superpuestos en sucesión ascendente. Desde un prisma que formaba el basamento surgía una torre de planta octogonal que constituía el cuerpo central del edificio, que se completaba por un pequeño torreón rematado por una cúpula.

De apariencia sencilla y sin excesivos adornos, sus principales rasgos estilísticos aparecen en el desarrollo del acceso principal en el que la puerta con su frontón queda inscrita en un nicho a modo de bóveda rebajada, encima de éste aparece un segundo

nicho a modo de balcón, todo ello en la base; sobre todo ello, la balaustrada de la terraza, que se repite en los balcones de las plantas superiores. Esto, junto con las molduras horizontales pintadas en otro color que marcan el ritmo horizontal definen el aspecto del edificio. Además la fachada se completa con grandes ventanales verticales, algunos de ellos terminados en arco, por hornacinas enmarcadas y por la presencia de molduras decorativas.



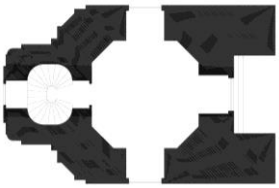


Figura 5.2 – Observatorio de Mannheim. Sección

Figura 5.3 – Observatorio de Mannheim. Planta

En cuanto al interior de la construcción, la puerta principal desembocaba en un gran hall de entrada que ocupaba toda la planta salvo la parte opuesta al acceso, que quedaba reservada para el núcleo de escaleras que resolvían la circulación vertical por todo el complejo. En el primer nivel se encuentran las dependencias del astrónomo principal con varios cuartos y gabinetes, una salida al balcón sobre la entrada del edificio e incluso con un acceso directo e independiente al nivel superior. Encima se halla la gran sala de observaciones, con techos muy altos y una planta cuadrada con las esquinas ochavadas, completamente diáfana y abierta mediante grandes ventanales a todos los

puntos cardinales. Además consta de una salida a la terraza y con dos pequeños balcones secundarios en los laterales. La planta siguiente contenía las habitaciones para colaboradores o invitados y una pequeña biblioteca. El nivel superior, aunque algo más reducido que la gran sala, también estaba destinado a la función astronómica. Sobre todo ello la cubierta plana, usada popularmente como mirador, contaba con una pequeña estructura cilíndrica cerrada por una cúpula con aberturas practicables para posibilitar el uso del telescopio que contenía. [NOTA: Budde, K. "Kleine Geschichte zur Mannheimer Sternwarte". *Artistas de la Alte Sternwarte Mannheim - Exposición de 10.10. - 07.11.2015*] [NOTA: Cunningham, Clifford. *Bode's law and the Discovery of Juno. Historical Studies in Asteroid Research*. p. 257]

Más allá de los espacios descritos destinados a la observación, los diferentes balcones, la terraza y hasta la cubierta transitable podían haber acogido usos astronómicos puntuales mediante instrumentos portátiles.

El observatorio, que adquirió cierta relevancia durante el siglo XVIII, permaneció con actividad hasta 1880, y un año después el edificio fue adquirido por la ciudad. Durante los años posteriores se usó como mirador, como puesto de observación para aficionados e, incluso, como vivienda para los empleados municipales. Tras ser bombardeado en la Segunda Guerra Mundial, fue restaurado y permanece en pie. Desde entonces se destina como residencia para artistas [NOTA: Budde, K. "Kleine Geschichte zur Mannheimer Sternwarte". *Artistas de la Alte Sternwarte Mannheim - Exposición de 10.10. - 07.11.2015*].

Observatorio de Seeberg (1790)

El duque Ernst II de Sachsen-Gotha-Altenburg , que había recibido una profusa educación en ciencias, mantenía correspondencia con estudiosos y contaba con un pequeño observatorio privado (o, estrictamente, un puesto de observación temporal) en su castillo de Gotha con un buen equipo astronómico. En 1786, Franz Xaver von Zach se integró en su corte como astrónomo mayor [NOTA: Wolfschmidt, G. "Gotha - an International Center of Astronomy at the Time of Goethe". *Astronomische Gesellschaft Abstract Series, n. 7, p. 202*], participando de clave en su investigación astronómica y

resultando trascendental, a la postre, para el alumbramiento, consolidación y desarrollo del Observatorio de Seeberg, también conocido como Observatorio de Gotha.

Poco después, el duque realizó un viaje con fines astronómicos al sur de Francia (a Hyères), al que le acompañó Zach. Allí instalaron un pequeño observatorio en una antigua torre de la fortaleza que utilizaron durante las semanas de su estancia [NOTA: Wolfschmidt, G. "Gotha - an International Center of Astronomy at the Time of Goethe". *Astronomische Gesellschaft Abstract Series, n. 7, p. 202*]. Esta práctica les ratificaría en la importancia de la estabilidad estructural para los observatorios.

Pese a que la intención inicial de Ernst II era la expansión de su castillo para incorporar un ala dedicada a la astronomía, la experiencia en Hyères lo disuadió.

El nuevo observatorio se basaría en los planes de Zach, que convencido de la inconveniencia de la altura de los edificios para la precisión de las observaciones prefirió un edificio bajo en la que los instrumentos se asentasen en el mismo suelo. Por esto y para conseguir una visión libre de obstáculos se optó por una posición elevada en las afueras de la ciudad aunque no demasiado alejado del castillo de Gotha, en la cima de la colina de Seeberg.

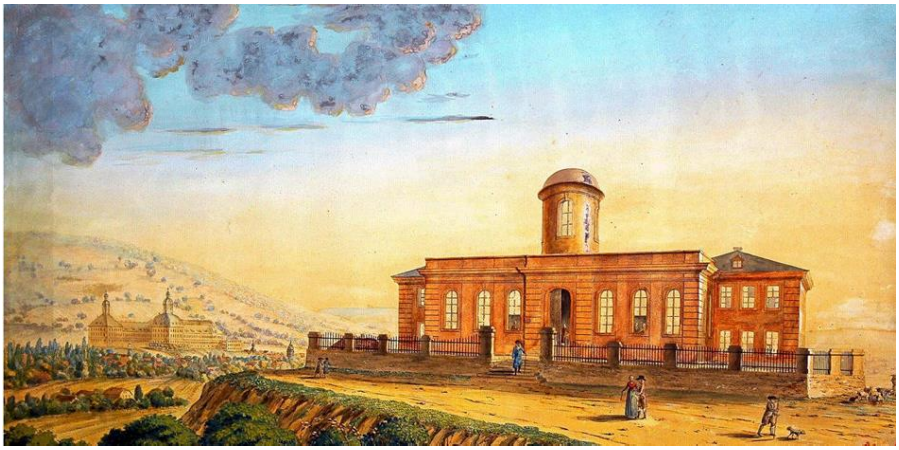


Figura 5.4 – *Sternwarte auf dem Seeberg* (circa 1800). Pintura del observatorio de Johann Wendels.

La construcción fue financiada por el propio duque, y en ella se contó con el maestro de obras de Gotha, Carl Christoph Besser, para llevar a buen término la propuesta de Zach que se había inspirado en el Observatorio Radcliffe [NOTA: Wolfschmidt, G. "Gotha - an International Center of Astronomy at the Time of Goethe". *Astronomische Gesellschaft Abstract Series, n. 7, p. 202*]. Las obras se prolongaron hasta 1789 y el observatorio se puso en funcionamiento el año siguiente.

El proyecto está compuesto por tres bloques bien diferenciados de planta rectangular que quedan maclados por sus esquinas en ángulo recto formando un conjunto de planta en forma de U. El volumen central, orientado de este a oeste, es un paralelepípedo de cubierta plana sobre el que se eleva un cuerpo cilíndrico rematado en una cúpula semiesférica. Los volúmenes secundarios, de forma y dimensiones semejantes al principal aunque orientados de norte a sur, se sitúan simétricamente en perpendicular al central, con la principal diferencia de contar con una cubierta inclinada a cuatro aguas. Todo el conjunto se plantea apoyado sobre un basamento que se eleva del terreno casi con la misma altura que el propio edificio.

Exteriormente la construcción es de sillería, austera en la decoración, en la que sólo un marcado alero y las ventanas se destacan como rasgos estilísticos. Éstas son altas y con forma de arco en el en cuerpo principal y rectangulares y de menor tamaño en las alas secundarias, distribuidas en ambos casos de manera regular.

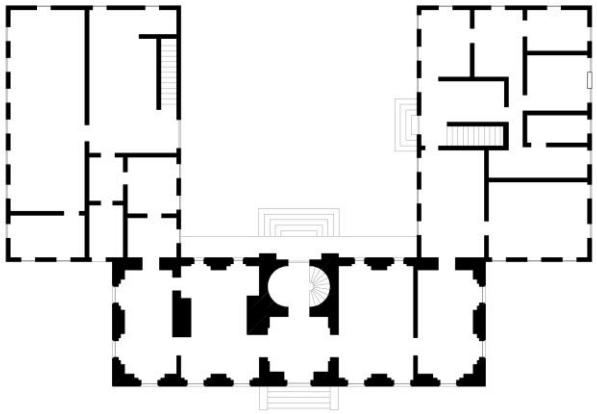


Figura 5.5 – Observatorio de Seeberg. Planta.

Al edificio se accedía por una escalera central desde la que se entraba a un recibidor que ordenaba las circulaciones: a ambos lados se pasaba a las cámaras dedicadas a la astronomía mientras que al frente se encontraba la salida al patio posterior flanqueada por las escaleras para acceder a la torre cilíndrica que se alzaba con su cúpula sobre el mismo recibidor. Todo el cuerpo principal se dedicaba a la astronomía. La sala inmediatamente occidental estaba equipada con los cuadrantes de pared, contando con el característico hueco rasgado en fachada, y el siguiente recinto también se destinaba a la ciencia. La primera habitación oriental estaba ocupada por el instrumento de tránsito,

por lo que presentaba la entonces tradicional ventana estrecha y corrida de norte a sur. Todo el equipo astronómico fijo se asentaba sobre soportes de roca sólida para conseguir la mayor estabilidad, y por ende precisión, posible. La sala ubicada más al este quedaba como zona de trabajo (anotación, consulta de datos, discusión…) y conectaba directamente con el ala colindante. La pequeña torre también se destinaba a la astronomía, quedando ocupada por un círculo vertical.

El cuerpo oriental era el que conectaba con la zona de trabajo astronómico y conformaba la residencia del astrónomo principal, incluyendo espacios para su personal de servicio y habitaciones para el alojamiento temporal de otros científicos. Por su parte, el ala occidental no tenía comunicación directa con las otras partes del conjunto sin tener que salir al patio. Incluía las dependencias del personal que trabajaba en las labores ajenas a la ciencia (jardinero, guardia…), los almacenes y los establos.

Todo esto hizo del Observatorio de Seeberg el más moderno de Alemania y uno de los más bellos y famoso de Europa [NOTA: Herrmann, D. B. "Das Astronomentreffen im Jahre 1798 auf dem Seeberg bei Gotha" *Archive for History of Exact Sciences, Vol. 6, No. 4,* p. 329], sin embargo, su relevancia no sólo se debe al edificio en sí mismo, sino que tiene que ver con los avances en la organización y colaboración de esta ciencia que tuvieron lugar aquí: en 1798 se produce el primer congreso astronómico europeo, a partir del que también surge la primera publicación astronómica [NOTA: Wolfschmidt, G. "Gotha - an International Center of Astronomy at the Time of Goethe". *Astronomische Gesellschaft Abstract Series, n. 7,* p. 202].

Con la muerte de Ernst II en 1804 y la posterior partida de Zach, comenzaría el declive del Observatorio de Seeberg. Aunque la institución siguió activa bajo el gobierno de sus sucesivos directores, la pérdida del apoyo del duque se hizo notar hasta el punto de que la falta de reparación de daños estructurales hizo que pocos años después tuviesen que derruir la torre y, posteriormente, las alas secundarias. En 1839 terminaría la actividad del Observatorio de Seeberg, cuyas piedras se aprovecharían años más tarde para la construcción de un nuevo observatorio.

Actualmente el lugar está ocupado por un restaurante. Como reminiscencia sólo quedan dos hitos de piedra que conmemoran al fundador y la piedra meridiana.

Observatorio de Bogotá (1803)

En un contexto en el que los viajes de exploración y colonización del siglo XVIII habían agitado el interés por un conocimiento científico en ramas como la botánica, la zoología o la astronomía, de la que además podía derivarse un beneficio económico, surgiría el inicialmente denominado como Real Observatorio de San Carlos, que se convertiría en el primer observatorio en continente americano y el pionero de los centros de investigación de las colonias españolas [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, pp. 17, 22] [NOTA: página oficial del *Observatorio Astronómico Nacional de Colombia*: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/oan/].

Su nacimiento comienza a gestarse con la llegada del naturista español José Celestino Mutis a la colonia ultramarina de Nueva Granada (o Virreinato de Nueva Granada) [NOTA: Colombia en la actualidad] en 1760 tras ser llamado por el virrey. Pese a que algunos años más tarde Mutis se ordenará sacerdote, mantendrá su interés por la ciencia, siendo nombrado miembro corresponsal del Jardín Botánico de Madrid y estableciendo oficialmente en 1778 la Expedición Botánica, para conformar un programa de investigación extrapeninsular que arraigaría en la población de Santa Fe [NOTA: núcleo que acabaría desarrollándose como Bogotá] como una Casa Botánica con sus correspondientes jardines [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, pp. 24-26].

Aun teniendo predilección por la botánica, Mutis también tenía una inclinación por la astronomía que se materializaría a partir de 1801, cuando su recurrente interés por contar con un observatorio terminaría concretándose con una iniciativa firme para su construcción como parte de la propia Expedición [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de lo Andes. Colombia, pp. 22, 24].

El centro astronómico se levantaría en las inmediaciones del jardín botánico, en una posición inserta en el mismo núcleo fundacional de la población, con una topografía eminentemente plana en la que diversas montañas se elevaban por el horizonte hacia el este [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, pp. 18, 114]. Pese a instalarlo en un punto que terminaría rodeado de edificaciones que pudiesen obstruir su campo de visión y con

unas condiciones climatológicas poco favorables, el observatorio siempre contaría con el factor diferencial de poder contemplar un cielo no accesible para los observatorios europeos.



Figura 5.6 – Grabado del Observatorio de Bogotá.

Mutis encomendó el proyecto del observatorio así como el control de su ejecución al arquitecto Fray Domingo de Petrés [NOTA: página oficial del *Gobierno de Bogotá (Alcaldía Mayor)*. "Observatorio Astronómico, una obra para el pensamiento y la ciencia": http://www.bogota.gov.co/article%3Aciudad/historia/observatorio-astronomico-una-obra-para-el-pensamiento-y-la-ciencia], quien recibiría la autorización del Virrey para evitar el retraso que podría provocar la aprobación de la Academia de San Fernando de Madrid. Al sortear este trámite se descarta cualquier incidencia peninsular en la concepción arquitectónica del proyecto, recayendo su definición en los conocimientos sobre observatorios que tuviesen Mutis o de Petrés, habituado éste último a la edificación religiosa [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, p. 34].

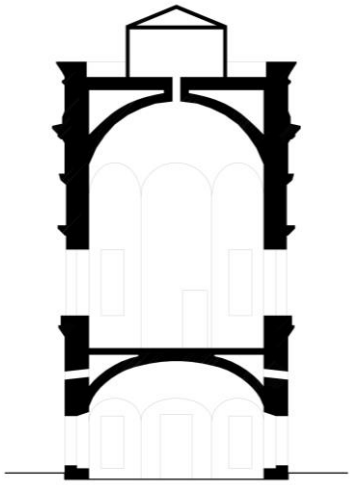
El observatorio se concibió como dos torres adosadas: una de ellas de planta octogtonal de mayor tamaño pero de altura algo menor, la otra de planta cuadrada más pequeña pero más alta y esbelta. Descartada su inspiración académica, su volumetría principal puede rememorar las torres de los observatorios de Greenwich o Radclife. Sin embargo, el paralelismo más pronunciado se encuentra en el Observatorio de

Mannheim, del que si bien no es posible probar vinculación alguna, el de Bogotá es un claro trasunto.

Concretado el proyecto, su construcción se inició en 1802, prologándose la duración de las obras durante 15 meses hasta su finalización [NOTA: página oficial del *Observatorio Astronómico Nacional de Colombia*: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/oan/].

La composición en base a las dos torres juntas aunque bien diferenciadas desprende una declaración de intenciones coherente del arquitecto. La octogonal, más voluminosa, alcanza los dieciséis metros de altura y constituye el cuerpo principal de la construcción. Su envolvente está abundantemente ornamentada, marcando los forjados que configuran los tres estratos en los que se organiza su interior y presentando diferentes tipos de ventanas (algunas de gran formato) en base a su función. La torre cuadrada pese a superar los veinte metros de alto tiene un carácter secundario que se evidencia en una fachada mucho más sobria y adusta en la que unos pequeños huecos se repiten en todas sus caras hasta alcanzar la coronación de la cubierta inclinada.

La entrada al edificio se producía a través de una puerta ubicada en la cara noreste del cuerpo principal. Esto implicaba un acceso directo a la habitación del observador principal, que ocupaba toda la planta baja de la torre octogonal, donde el primer director viviría algún tiempo antes de trasladarse y convertir esta dependencia en una biblioteca. Al fondo de esta cámara se pasa a la torre cuadrada, destinada en toda su altura hasta el ático para la escalera que resolvía la comunicación vertical. La primera planta del cuerpo principal albergaba la cámara astronómica octogonal, un salón de gran altura techado con una cúpula en la que un pequeño orificio central actuaba como gnomon solar y en el que grandes ventanales en todas sus caras debían permitir la observación con telescopios u otros instrumentos al resguardo de las inclemencias atmosféricas. Además, también se usaba para almacenar los útiles de observación. Sobre el cuerpo principal se encontraba la azotea, desde donde se realizaban observaciones directas del cielo desde una posición elevada. Por último, el punto más alto del edificio estaba sobre las escaleras donde se encontraba una caseta meridiana con su correspondiente abertura en el techo.



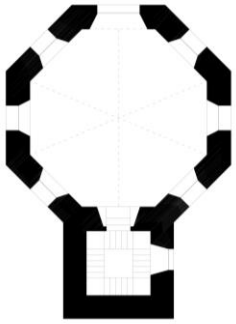


Figura 5.7 – Observatorio de Bogotá. Sección.

Figura 5.8 – Observatorio de Bogotá. Planta.

Pese al reconocimiento derivado de ser pionero y al mérito que representa una construcción de esta entidad, el observatorio cayó en algunos errores importantes propios de la inexperiencia. Pese a que las caras de la torre octogonal se dirigían hacia los cuatro puntos cardinales y sus intermedios su alineación no es perfecta. Además, el cuerpo de escalera ocupaba el lado suroeste, obstruyendo y complicando las observaciones en esa dirección. Por otro lado, estos salones son propios del clima y de latitudes europeas, lo que los hace poco útiles cerca del ecuador. Como resultado, el Observatorio de Bogotá nació ya como un centro investigador errado u obsoleto [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, pp. 69-70].

Tras su apertura, funcionó como punto de encuentro entre científicos y pensadores, hasta que Mutis seleccionó a Francisco José de Caldas como Director del Observatorio, quien comenzó su desempeño investigador a partir de 1805, realizando observaciones astronómicas y meteorológicas, y encargándose tanto de ajustar los instrumentos

existentes como de adquirir otros nuevos [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, pp. 26-28].

El proceso de independencia iniciado en 1810 acarrearía el cese de la actividad científica, lo que supondría el inicio de un período de actividad intermitente, con sucesivos cierres y variaciones en su dirección, que desembocarían incluso en cambios de uso: a mediados de siglo se convertiría en sede del Colegio Militar e incluso poco después se adaptaría como prisión. En 1868 se asociaría con la Universidad, manteniéndose activo durante cincuenta años hasta que el edificio se abandona durante una década en la que se deteriorará de manera significativa. En 1936 el observatorio pasa a formar parte de la Universidad de manera definitiva, perdiendo protagonismo cuando se construyen nuevas instalaciones astronómicas en la ciudad universitaria [NOTA: página oficial del *Observatorio Astronómico Nacional de Colombia*: http://ciencias.bogota.unal.edu.co/oan/] [NOTA: página oficial del *Gobierno de Bogotá (Alcaldía Mayor)*. "Observatorio Astronómico, una obra para el pensamiento y la ciencia": http://www.bogota.gov.co/article%3Aciudad/historia/observatorio-astronomico-una-obra-para-el-pensamiento-y-la-ciencia].

Pese a los muchos vaivenes que lastraron su funcionamiento continuado, el observatorio desarrolló una actividad científica en la que destacan la investigación de ocultaciones lunares o estrellas fugaces, el cálculo de efemérides, óptica matemática y múltiples estudios teóricos [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de los Andes. Colombia, pp. 17-28].

Tras más de doscientos desde su fundación, el actualmente denominado Observatorio Astronómico Nacional de Colombia está adscrito a la Facultad de Ciencias de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia, y forma parte del complejo de edificios de la Presidencia de la República. El edificio original, aunque tras algunas transformaciones, se mantiene en pie en buen estado de conservación. Se considera un monumento nacional y puede visitarse previa solicitud.

Observatorio de Tartu (1810)

La reapertura de la antigua Universidad de Tartu (entonces llamada Dorpat) en 1802, tras casi un siglo clausurada, trajo consigo un incipiente interés por la astronomía

que iba a desembocar en la fundación de uno de los más reconocidos observatorios de su tiempo y del, hasta ese momento, principal observatorio del Imperio Ruso [NOTA: Eelsalu, H. "The rise and fall of small astronomical observatories: a case study Dorpat/Tartu Observatory". *Journal of Astronomical History and Heritage, Vol. 2, No. 2,* p. 113].

Los orígenes de este observatorio se pueden identificar en la instalación temporal y provisional de algunos instrumentos astronómicos en el ático de la vivienda de uno de los profesores de la Universidad [NOTA: Müürsepp, P.; Forbes, E. "The Astronomical Museum at the Old Tartu Observatory". *Journal of the British Astronomical Association, Vol. 78,* p. 462].

Al poco de la reapertura se iniciaron las discusiones sobre la ubicación más propicia para la construcción del observatorio permanente. Partiendo de que la Universidad había dispuesto varios puntos astronómicos o puestos de observación en el centro de la ciudad, se llegó finalmente a la elección de la colina Dome, donde la altura respecto a la urbe favorecería una mejor visual y además se podría aprovechar alguna de las ruinas existentes para acomodar, como una restauración, el nuevo edificio [NOTA: https://www.muuseum.ut.ee/vvebook/index.html].

El arquitecto que se hizo cargo de este cometido fue Johann Wilhelm Krause y aunque inicialmente se consideró para tal fin la adaptación de las torres y la cúpula de la Catedral de la ciudad en la referida colina, lo que en palabras del propio Krause era "un sueño", se desechó esta posibilidad a favor de un edificio más estable [NOTA: *Ibidem*].

El diseño y la construcción del edificio supuso un proceso largo y lleno de disputas en el que además de las bases arquitectónicas había que satisfacer unas necesidades de uso científicas, por lo que Krause tuvo que colaborar con un grupo de especialistas en la materia: físicos, matemáticos y astrónomos, entre quienes se encontraba Franz Xaver von Zach, que acababa de abandonar el Observatorio de Seeberg y tenía amplia experiencia en la materia [NOTA: *Ibidem*].

Todo esto decantó la elección de las ruinas del castillo medieval del obispo como matriz sobre la que erigir el nuevo observatorio que, pese a las dificultades intrínsecas a partir de una construcción preexistente, se basaría en los mismos principios que el de Seeberg, es decir, orientación principal del edificio de este a oeste para liberar las vistas

de norte a sur, instalación de los instrumentos de observación sobre una base firme y estable para evitar defectos en las mediciones e incorporación de una torre con una cúpula giratoria.



Figura 5.9 – Grabado del Observatorio de Tartu con su cúpula original hacia 1812.

Aunque hubo diferentes cambios de diseño, siendo la principal variable la posición de la torre, el proyecto se terminó para 1807, comenzando un año más tarde las obras del edificio principal, que estarían concluidas hacia 1810 y completamente equipado después de dos años, tras lo que se construyó el anexo residencial para los astrónomos permanentes y se modificó la cúpula giratoria para adaptarse a un nuevo refractor tan exitosamente que su diseño sería publicado e imitado por numerosos observatorios posteriores [NOTA: *Ibidem*].

El observatorio queda constituido por dos cuerpos conectados a través de un corredor cerrado. El volumen principal se levanta sobre una plataforma elevada a modo de pedestal y presenta una planta en cruz que está formada por una nave mayor orientada de este a oeste y otra de menor tamaño orientada de norte a sur, ambas terminadas en una cubierta inclinada con la salvedad del extremo meridional, donde se destaca una torre cilíndrica terminada originalmente en una cúpula semiesférica. A su lado, al este, el cuerpo secundario queda por debajo del principal al partir de la cota inferior de la plataforma y está compuesto por un paralelepípedo con una cubierta inclinada.

La denominación de principal y secundario tiene más que ver con la relevancia visual que tienen al quedar uno elevado y el otro rebajado, más que por su tamaño, ya

que la superficie que ocupan en planta como el volumen total que tienen es muy parecido.

Estéticamente es muy austero, casi sin ningún ornamento. Más allá de las ventanas, siendo algunas de éstas rasgadas y continuas de norte a sur, sólo cabe señalar las molduras que enmarcan la entrada principal bajo un frontón y rematan horizontalmente el arranque y término de la fachada.

El cambio de la cúpula original por una cilíndrica de madera rodeada de una pasarela circular cambiará la imagen del conjunto, convirtiéndose en la parte más destacada y en su principal elemento reconocible.

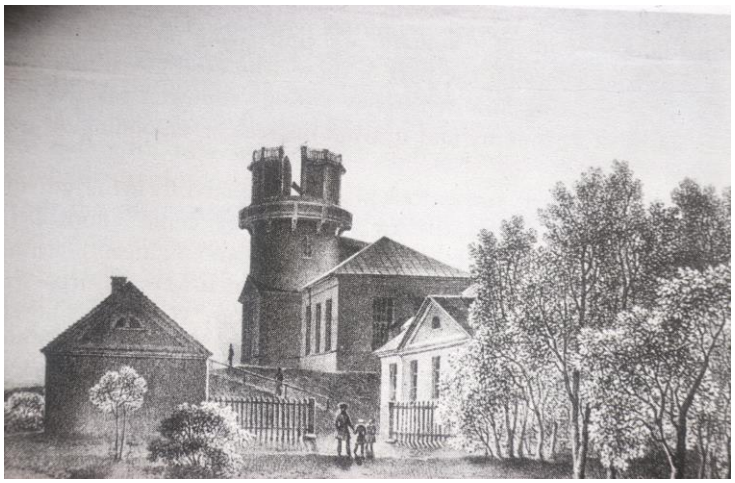


Figura 5.10 – Grabado del Observatorio de Tartu tras el cambio de cúpula.

Al interior del cuerpo principal se accede por la entrada situada en el centro de la fachada sur, que da lugar a un recibidor desde donde se puede llegar tanto a la escalera central como a las alas laterales, donde se encuentran los instrumentos astronómicos sobre pilares estables con los huecos de fachada adaptados a las necesidades de observación. Tanto estas alas como el recibidor tienen una altura libre cercana a los seis metros. La escalera resuelve tanto la circulación vertical como el paso al extremo norte, en cuya planta baja se encuentra la biblioteca y la planta primera acoge las zonas de trabajo de los científicos. El sótano no ocupa toda la planta, consta de un acceso directo desde el exterior, y queda usado para almacenaje. Por último, la torre consiste en una habitación especialmente adaptada al funcionamiento del telescopio que alberga, con un asentamiento firme y estable, y una envolvente giratoria con una gran abertura practicable para permitir el óptimo uso astronómico.

La comunicación con el cuerpo secundario se produce a través de un pasillo cubierto situado al extremo este del principal, llegando a través de unas escaleras que salvan el desnivel a una división de espacios vivideros que cuentan con cocinas, salones, un almacén y dormitorios para el astrónomo principal, invitados y el servicio.

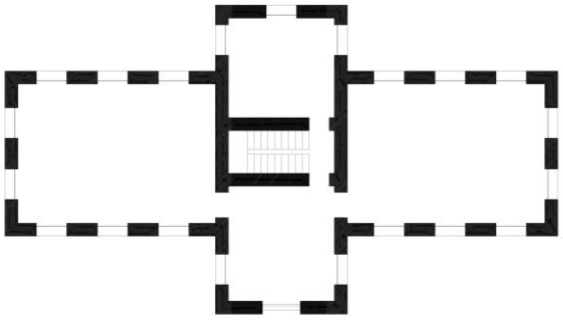


Figura 5.11 – Observatorio de Tartu. Planta. Edificio principal.

El apogeo del observatorio coincidió con su puesta en marcha bajo la dirección de Wilhelm Struve, llegando a alcanzar un reconocimiento científico muy alto que perduró hasta que el gobierno decidió abrir un observatorio central en Pulkovo del que Struve se haría cargo, quedando el de Tartu condenado a pasar a un segundo plano [NOTA: Müürsepp, P.; Forbes, E. "The Astronomical Museum at the Old Tartu Observatory". *Journal of the British Astronomical Association, Vol. 78,* pp. 462,465].

En todo caso, aunque el observatorio mantuvo su funcionamiento incluso incorporando algunas construcciones más destinada a albergar nuevos instrumentos, su ocaso comenzó hacia 1870, llegando hasta casi cesar su actividad a causa de la obsolescencia de sus equipos. Aun así, pese a que se aprobó un proyecto para reconstruir y modernizar el observatorio en 1915, el inicio de la Guerra Mundial paralizó esta iniciativa [NOTA: Eelsalu, H. "The rise and fall of small astronomical observatories: a case study Dorpat/Tartu Observatory". *Journal of Astronomical History and Heritage, Vol. 2, No. 2,* pp. 113,119].

Por suerte las guerras no causaron daños en los edificios y permaneció en uso hasta 1964, cuando se inauguró un nuevo observatorio que lo reemplazaría en Tõravere, a unos veinte kilómetros al suroeste de Tartu [NOTA: Müürsepp, P.; Forbes, E. "The

Astronomical Museum at the Old Tartu Observatory". *Journal of the British Astronomical Association, Vol. 78,* p. 462].

En 2004 se tomó la decisión de convertir el observatorio en un museo sobre la astronomía y la propia institución, cuyas obras de reforma comenzaron cinco años después y que fue inaugurado y está abierto al público desde 2011 [NOTA: https://www.muuseum.ut.ee/vvebook/index.html],.

Observatorio de Göttingen (1816)

Los antecedentes del Observatorio de Göttingen se remontan hasta el 1748, cuando se aprobó la construcción de un observatorio universitario y tras descartar diferentes torres pertenecientes a las iglesias de la ciudad, éste se terminó instalando dos años más tarde en una torre existente que se encontraba en la parte sur de la muralla y que acabaría resultando demasiado pequeña y técnicamente inadecuada para el uso pretendido. Esto provocaría su desmantelamiento en favor de una solución más apropiada y, finalmente, la demolición de la torre en 1822 [NOTA: Freigang, C. "Architekturhistorische Bemerkungen zur Göttinger Sternwarte". *Grundsätze über die Anlage neuer Sternwarten unter Beziehung auf die Sternwarte der Universität Göttingen,* p. 21].

Desdeñada la solución de la torre, desde finales del siglo XVIII la Universidad y el Gobierno pugnaron por conseguir una institución científico-astronómica de relevancia que comenzaría a tomar forma en 1802 gracias al impulso económico de la realeza. Resuelta la financiación, la búsqueda se centró en la elección del Director del observatorio, que, a la postre, terminaría siendo Carl Friedrich Gauss [NOTA: Beuermann, K. "Carl Friedrich Gauß und die Göttinger Sternwarte". *Grundsätze über die Anlage neuer Sternwarten unter Beziehung auf die Sternwarte der Universität Göttingen,* p. 37].

El encargo de este observatorio le fue asignado al arquitecto Georg Heinrich Borheck, que propuso en primera instancia un edificio estrictamente destinado al desempeño científico. En este punto se incorporó al proyecto un astrónomo con experiencia en la constitución de nuevos observatorios, Franz Xaver von Zach, para asesorar a Borheck en algunas de las claves y necesidades del diseño. De este modo, el

Observatorio de Seeberg se convertiría en el modelo del que el arquitecto extraería las premisas que definirían su propuesta [NOTA: Freigang, C. "Architekturhistorische Bemerkungen zur Göttinger Sternwarte". *Grundsätze über die Anlage neuer Sternwarten unter Beziehung auf die Sternwarte der Universität Göttingen,* p. 21].



Figura 5.12 – *Ansicth der neuen Sternwarte zu Göttingen* (1817). Acuarela de Besseman.

El propio Borheck elaboraría un tratado en el que expondría las condiciones y valores necesarios para un observatorio de nueva planta del siglo XIX. En éste se destacarían la exigencia técnica de la construcción en relación a sus requerimientos de estabilidad y la relevancia y particularidad de su ubicación. De hecho, precisamente partiendo de su posición elevada, a colación de su consecuente exposición pública, el arquitecto ahonda en la importancia de su diseño, acabados, ornamentos y representatividad [NOTA: Freigang, C. "Architekturhistorische Bemerkungen zur Göttinger Sternwarte". *Grundsätze über die Anlage neuer Sternwarten unter Beziehung auf die Sternwarte der Universität Göttingen,* p. 22].

Los requerimientos del nuevo observatorio conllevaron su implantación en el exterior de la muralla, hacia el sureste, en las afueras de la ciudad, rodeado de un espacio libre de otras construcciones que pudiesen interferir en las observaciones realizadas desde un edificio de no demasiada altura.

Aunque la construcción del observatorio se inició en 1803, la ocupación francesa acarreó la paralización de las obras, que no se reanudaría hasta siete años más tarde, quedando concluidas en 1816. Posiblemente, este retraso favoreció la modificación de algunos aspectos del edificio terminado respecto del proyecto iniciado, aunque estos

cambios atendían principalmente a aspectos estéticos y, sólo puntualmente, a la distribución de espacios interiores [NOTA: https://www.uni-goettingen.de/en/observatory/91323.html].

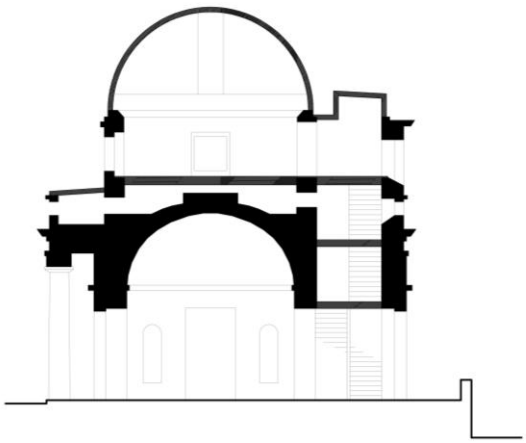


Figura 5.13 – Observatorio de Göttingen. Sección de la cúpula.

El conjunto se eleva sobre una plataforma aterrazada que lo destaca sobre el entorno hasta dos metros. Encima, el edificio queda compuesto por tres volúmenes prismáticos de unos seis metros de altura, que quedan conectados pese a estar bien diferenciados. En el centro, orientado de este a oeste, la nave principal cuenta con una cubierta plana sobre la que reposa un tambor cilíndrico bajo una cúpula semiesférica. A ambos lados, perpendicularmente al cuerpo central, se encuentran las dos alas secundarias, simétricas y casi idénticas, con un volumen muy parecido a la nave principal con la salvedad de contar con una cubierta inclinada a cuatro aguas.

En cuanto a la apariencia, el cuerpo principal destaca por su construcción en sillería, en el que una cornisa y una entrada central flanqueada por columnas son los principales ornamentos además de la cúpula y los huecos de fachada: portones, ventanales de gran formato vertical y aberturas rasgadas continuas de norte a sur. Las alas secundarias son más sencillas, con un acabado enfoscado y ventanas de menor tamaño distribuidas en dos niveles.

El edificio se apoya sobre una plataforma elevada para asegurar la estabilidad y el perfecto asentamiento, desde la que también se podían llevar a cabo observaciones. Más allá de esto, la disposición en forma de U, la orientación de las alas, la conexión directa

de los espacios secundarios con los de trabajo, los pilares para el equipo astronómico, las ventanas especializadas o la propia cúpula son aspectos que asemejan el Observatorio de Göttingen con el de Seeberg, por lo que se puede llegar a considerar que es una copia de éste.

Al entrar al edificio por el acceso principal se llega a un recibidor de planta circular que comunica con la escalera de acceso a la cúpula y distribuye los recorridos lateralmente. Las habitaciones situadas inmediatamente a izquierda y derecha del recibidor son salas meridianas que albergan sus respectivos soportes para instrumentos y cuentan con sus necesarias ventanas rasgadas; cada una de ellas continúa respectivamente hacia su cuarto de preparación y trabajo. La cámara más al oeste sería adaptada para albergar el observatorio geomagnético mientras que la ubicada en el extremo este se destinaría como biblioteca. Todo este cuerpo principal tiene sus espacios en un solo nivel de gran altura. Por su parte, las alas laterales presentan una mayor compartimentación distribuida en dos alturas para albergar los usos domésticos propios de la residencia del director, su familia y otros astrónomos residentes. Sendas alas conectaban directamente con el cuerpo principal a través de los cuartos de preparación para facilitar el acceso a la investigación de los astrónomos a cualquier hora desde sus habitaciones, circunstancia que posibilitó además que alguna dependencia de las naves residenciales se usase puntualmente para fines vinculados a la ciencia, como cuarto de reuniones o sala de conferencias.

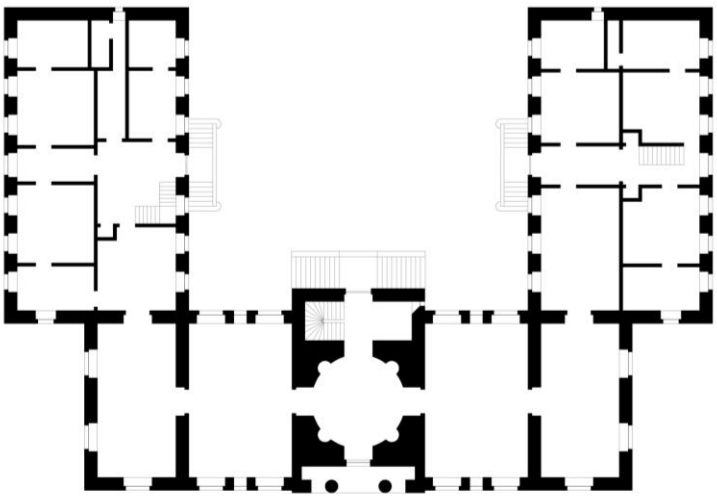


Figura 5.14 – Observatorio de Göttingen. Planta.

Gauss se convertiría en el primer Director del observatorio, donde residiría, investigaría y enseñaría hasta su muerte en 1855. Durante este período Göttingen se había convertido en un referente científico de Europa, arraigando una tradición científica reflejada en la incorporación de diferentes innovaciones técnicas. Estos añadidos junto con los cambios de necesidades y variaciones de usos a lo largo de los años acabarían por provocar reformas y modificaciones en el edificio que afectarían sustancialmente a la ordenación interior [NOTA: https://www.uni-goettingen.de/en/history+of+the+universit%C3%A4ts-sternwarte+g%C3%B6ttingen+/216836.html].

El crecimiento de la ciudad propició la instalación de un nuevo observatorio en las proximidades de Göttingen, adonde se trasladaría su equipo astronómico lo que propició el cese de sus observaciones en 1933. Posteriormente, su utilización se limitó al desarrollo de las investigaciones y la docencia hasta el 2005, cuando su programa de usos se trasladó a un nuevo edificio de la Universidad. Este vaciado se aprovechó para acometer una restauración en base a los planos del proyecto original que recuperase el patrimonio histórico eliminando las adiciones posteriores. Las obras finalizaron en 2008 y desde entonces alberga una escuela de posgrado [NOTA: http://www.uni-goettingen.de/en/96209.html].

Observatorio de Parramatta (1822)

Es posible encontrar el precedente de este observatorio en otro que difícilmente puede ser considerado como tal, el de William Dawes. En este caso, se trata de una construcción sencilla y temporal, originaria de 1788 que consistía en una habitación de madera con una cubierta cónica de lona que, mediante una abertura practicable, permitía el uso del telescopio que albergaba. A su lado, había otro habitáculo que servía tanto para almacenar el equipo astronómico restante como para alojar a Dawes ocasionalmente. En definitiva, era semejante a los observatorios de carpa portátiles comunes para los exploradores científicos de esta época [NOTA: Kerr, J. "The Architecture of Scientific Sydney". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*, Vol. 118, p. 181]. En todo caso, más que un observatorio se trata de un puesto de observación temporal asimilable a los propios de la astronomía islámica más primitiva.

El primer observatorio de Australia tendría que esperar algo más de treinta años hasta el impulso de Thomas Brisbane, un astrónomo aficionado perteneciente a la clase alta escocesa y que había hecho carrera militar. Todos estos factores hicieron posible que accediese al cargo de gobernador de Nueva Gales del Sur.

Teniendo constancia de lo inexplorado del cielo en el hemisferio sur (que se consideraba territorio astronómico virgen) y con la experiencia de contar ya con un observatorio propio, esa gobernación le daría, en sus propias palabras, la oportunidad de: "llevar a cabo amplias observaciones astronómicas que no sólo son muy interesantes para la ciencia sino que pueden ser beneficiosas para humanidad". Sabiendo además que no podría contar con fondos públicos para instaurar un observatorio nacional, puesto que esos esfuerzos se dirigían hacia la fundación del casi coetáneo Observatorio del Cabo de Buena Esperanza, contaba con el capital y los medios necesarios para levantar su observatorio privado [NOTA: Bhathal, R. "Some scientific aspects of Parramatta Observatory". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*, Vol. 145, pp. 111-113].

En 1821 Brisbane llegó a Sídney tanto para ocupar su cargo como para levantar su anhelado observatorio, que estaría terminado y en funcionamiento al año siguiente, convirtiéndose en el primer observatorio adecuadamente establecido en todo el hemisferio sur [NOTA: Nithtingale, H. C. "Centenary of Sydney observatory May 1958". *Australian Surveyor*, 17:2, p. 101]. Dado que no contaba con respaldo gubernamental, sería el propio Brisbane quien tomaría las decisiones de funcionamiento del mismo modo que asumiría desde su construcción o equipamiento hasta el personal de trabajo o su mantenimiento.

La localización de esta instalación se fijaría a unos veinticinco kilómetros al oeste de la capital, en las proximidades de la Antigua Casa de Gobierno, con el objetivo de poder participar de la actividad astronómica sin desatender las obligaciones institucionales. Sin embargo, no tardarían en aparecer los primeros inconvenientes a causa de la ubicación, puesto que el crecimiento demográfico y urbano de Parramatta desembocaría en el incremento de la presencia de humos que acabarían por lastrar las condiciones de observación.

El observatorio respondía a una arquitectura pragmática, muy sencilla, casi elemental, y carente de todo ornamento, justificada sólo desde la más estricta función

astronómica en un contexto de desarrollo colonial. Lo que se manifiesta en elementos tan característicos como las cúpulas practicables, las ventanas rasgadas o los soportes estructurales independientes para los instrumentos de observación.

El edificio quedaba compuesto por un único cuerpo de planta cuadrada de siete metros de lado con tres de alto y cubierta plana, con sus fachadas orientadas hacia los puntos cardinales. De sus caras norte y sur sobresalían, respectivamente, sendos semicilindros sobre los que se apoyaban sus correspondientes cúpulas semiesféricas de unos dos metros y medio de diámetro que destacaban sobre el volumen del conjunto. Esta austeridad que casi da lugar a un volumen abstracto, tan sólo quedaba interrumpida por una sobria puerta de acceso al este, las ventanas ordinarias de los tramos curvos de la envolvente (tres en cada semicilindro), y las aberturas corridas de norte a sur que se advertían en ambas fachadas.

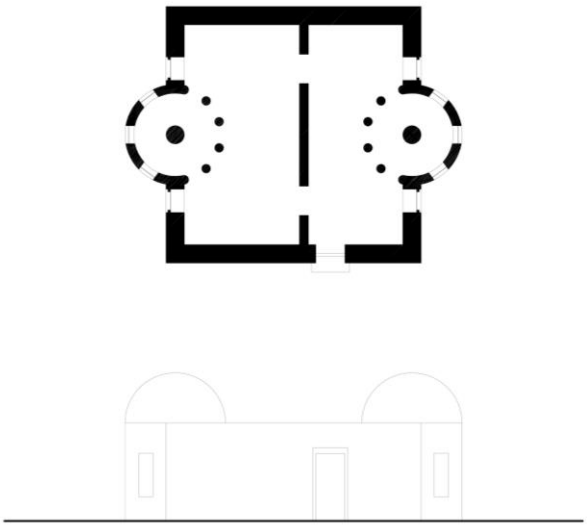


Figura 5.15 – Observatorio de Göttingen. Planta.

El interior del observatorio también denotaba una simplicidad manifiesta, quedando organizado en sólo dos espacios diferenciados, separados por un plano de separación de este a oeste que, además, que presentaba dos discontinuidades para permitir la observación ininterrumpida de norte a sur. Cada uno de estos espacios a su vez cuenta con una serie de soportes en disposición curva que acotan el espacio circular bajo cada cúpula. La sala septentrional, por la que se accede al edificio, presenta un pedestal para el reloj de referencia y una base donde se encuentra el círculo de repetición bajo la cúpula. Esta cámara pudo usarse además como espacio de trabajo y análisis de datos. Por su parte, la sala meridional contaba con un mayor equipamiento, siempre sobre sus

respectivos soportes estables: reloj sideral, círculo mural, instrumento de tránsito y un telescopio acromático bajo la cúpula sur.

Aunque esencialmente los principios en los que se basa el proyecto y sus necesidades de uso son similares a las vigentes en Europa, la configuración de este edificio está menos evolucionada y perfeccionada que los desarrollados en el viejo continente durante este mismo período, obviando además determinadas funciones no estrictamente científicas pero sí de logística y servicios necesarios para óptimo desempeño de la actividad investigadora.

El trabajo desarrollado en este centro resultaría, pese a sus carencias, ampliamente valorado y reconocido, estableciendo un programa de observaciones (estrellas brillantes, cúmulos, estrellas dobles, conjunciones, ocultaciones e incluso la periodicidad de un cometa) que, acorde a las ocupaciones gubernamentales de Brisbane, sería llevado a cabo sustancialmente por los asistentes contratados por él: Rümker y Dunlop [NOTA: Bhathal, R. "Some scientific aspects of Parramatta Observatory". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*, Vol. 145, p. 115].

Ciertas dificultades institucionales provocaron el abandono de la Administración por parte de Brisbane en 1825, que regresaría a Europa para no volver. A raíz de esto, el Gobierno adquiriría tanto el observatorio como su equipo, y la batuta de éste recaería en Rümker y Dunlop sucesivamente durante los siguientes años [NOTA: Bhathal, R. "Some scientific aspects of Parramatta Observatory". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*, Vol. 145, pp. 121-124].

Durante los años posteriores, aunque la investigación se mantuvo e incluso se levantó un anexo de residencia junto al observatorio, tanto la construcción principal como los instrumentos fueron deteriorándose pese a las reparaciones y tareas de mantenimiento. Un declive que se prolongaría hasta 1847, cuando el observatorio se cerró para, once años más tarde, ver cómo todo su equipamiento científico era trasladado al nuevo Observatorio de Sidney [NOTA: Orchiston., W. "From research to recreation: the rise and fall of Sydney Observatory". *Vistas in Astronomy*, Vol. 32, p. 49] [NOTA: Kerr, J. "The Architecture of Scientific Sydney". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*, Vol. 118, p. 182].

El edificio se mantuvo en desuso hasta su demolición a finales del siglo XIX. Todo lo que queda en pie son los dos soportes de piedra del instrumento de tránsito que han perdurado hasta la actualidad en el Parque de Parramatta junto a un obelisco que rememora el desaparecido observatorio.

Observatorio de Hamburgo (1825)

Aunque hay algunos intentos anteriores por parte de aficionados a la astronomía de montar observatorios domésticos en la ciudad, se puede afirmar que el origen de esta institución se remonta hasta una serie de circunstancias azarosas, alejadas de un contexto científico, que hacen coincidir a Johann Greog Repsold, un bombero de la ciudad que contaba con un taller mecánico de precisión, con Johann Caspar Horner, quien a finales del siglo XVIII requería equipos ópticos de calidad para realizar unos estudios topográficos y encontró en Repsold el técnico que necesitaba [NOTA: Wolfschmidt, G., Seemann, A., Kühl, D. *Hamburger Sternwarte – Geschichte und Erhaltung*, pp. 10, 54] [NOTA: Dahmke, S. "On the history of the Hamburg Observatory". *Proceedings of Magellan Workshop: Connecting Neutrino Physics and Astronomy*, pp. 193-194].

Este encuentro intensificó el interés del fabricante por los instrumentos ópticos y, finalmente, por la astronomía hasta el punto de conseguir permiso institucional para ocupar una antigua caseta de vigilancia de la muralla de la ciudad con objetivo de instalar un observatorio privado equipado con útiles provenientes de su propio taller. Este puesto de observación inició su actividad en 1803 y se mantuvo en funcionamiento hasta la ocupación napoleónica a partir de 1810 que supondría la demolición de esta construcción un año más tarde [NOTA: Anderson, S. R., Engels, D. "A short history of Hamburg Observatory*". Journal of the British Astronomical Association, vol.114, no.2*, p. 78].

Esto no hizo desistir a Repsold, que persistía en la idea de un observatorio moderno, ahora vinculado con la escuela de navegación para formar un instituto conjunto. Pese a que su constitución no fue posible inicialmente, en 1820, con el apoyo económico de una fundación privada, consiguió el beneplácito del gobierno local que sabía de la reputación y respeto que conferiría un observatorio a una ciudad portuaria

como Hamburgo y, eso sí, a condición de que el propio Repsold proporcionase el equipamiento del mismo [NOTA: Anderson, S. R., Engels, D. "A short history of Hamburg Observatory". *Journal of the British Astronomical Association, vol.114, no.2*, p. 78-79].

De este modo, mientras que la tendencia era la vinculación entre los observatorios y las universidades, el Observatorio de Hamburgo estaba asociado con el transporte portuario y el comercio como principal empresa de la ciudad, por lo que su actividad se orientaría en buena parte hacia esta función [NOTA: Wolfschmidt, G., Seemann, A., Kühl, D. *Hamburger Sternwarte – Geschichte und Erhaltung*, p. 54].



Figura 5.16 – Observatorio de Hamburgo (circa 1880).

El nuevo edificio se ubicaría en Millerntor y su construcción, inspirada en la de otros observatorios alemanes, se prolongaría durante un año para estar terminado y equipado (con instrumentos de Repsold) en 1825 [NOTA: Hünsch, M. "The Telescopes of Hamburg Observatory – History and Present Situation". *Astronomical observatories: from classical astronomy to modern astrophysics*, p. 275].

El edificio quedaba definido por tres volúmenes geométricos claramente diferenciados, dos cuerpos cúbicos de unos nueve metros de lado que ocupaban los extremos oriental y occidental del conjunto, entre los que se encontraba un ala central de menor superficie de planta y altura que conectaba ambas estructuras.

Presentaba una fachada sencilla con poca decoración: las esquinas de mampostería vista y la línea de forjados marcada en los cuerpos laterales (que cuentan con dos alturas) sobre los parámentos revocados y pintados. El ala central contaba con la

cubierta inclinada a dos aguas mientras que las construcciones a ambos lados tenían la cubierta plana bordeada con una barandilla metálica. Sendos cubos estaban rematados por cúpulas cilindro-cónicas de madera.

Atendiendo a los planos del proyecto, al conjunto se podía entrar por sus dos fachadas este y oeste en función de si se pretendía acceder al ala de astronomía o a la escuela de navegación, que pese a formar parte de una misma edificación, carecían de una conexión interior.

El observatorio astronómico propiamente dicho ocupaba tanto el cuerpo central como el cubo oeste, produciéndose el acceso por ese extremo. El interior presentaba un recibidor longitudinal a cuyos lados se abrían las puertas de las diferentes habitaciones de la planta (salas de trabajo, almacenaje y servicios) y que terminaba en el paso al cuerpo intermedio. Asimismo, el centro de este distribuidor albergaba un gran pilar cilíndrico en torno al que se adosaba una escalera curva que conducía al nivel superior así como a la cúpula de la cubierta, donde el pilar ofrecía una base estable para el equipo astronómico. El ala central estaba ocupada por la sala de tránsito, que a su vez se dividía en dos habitaciones idénticas, quedando ambas caracterizadas por contar con la ya arquetípica abertura rasgada y continua de norte a sur a lo largo de las fachadas y la cubierta, propia de esta clase de espacios. Además, cada departamento contaba con su correspondiente par de soportes estructuralmente estables sobre los que se terminarían instalando el instrumento de tránsito y el círculo meridiano.

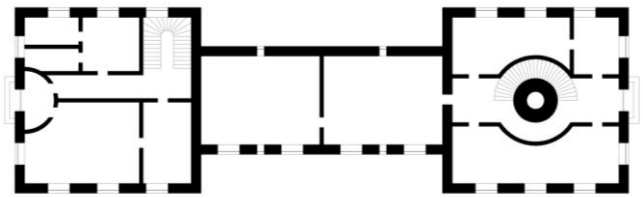


Figura 5.17 – Observatorio de Hamburgo. Planta.

Aunque Repsold estaba al frente del nuevo observatorio mantenía su trabajo como bombero, lo que terminaría por causar su muerte durante una intervención en 1830. Tras esto, el Gobierno adquirió todo el equipamiento astronómico y se hizo cargo del observatorio como institución estatal oficialmente en 1833, nombrando como su primer director a Charles Rümker [NOTA: originalmente Karl Ludwing Christian Rümker] que

acababa de regresar a Europa desde Australia [NOTA: véase el apartado "Observatorio de Parramata", p.197] [NOTA: Anderson, S. R., Engels, D. "A short history of Hamburg Observatory". *Journal of the British Astronomical Association, vol.114, no.2*, p. 79]

Tras la retirada de Rümker, su hijo lo sucedió, tratando de renovar la institución, que contaba con un equipamiento ya obsoleto, y continuando el trabajo de su padre, con mucha vinculación con la navegación. Su investigación se enfocó hacia la astrometría, los cometas y los asteroides, en lugar seguir las tendencias predominantes en Europa que se centraban en las galaxias. Todo esto le hizo perder relevancia en la comunidad astronómica durante la segunda mitad del siglo XIX [NOTA: Dahmke, S. "On the history of the Hamburg Observatory". *Proceedings of Magellan Workshop: Connecting Neutrino Physics and Astronomy*, pp. 194,196].

A finales de siglo, poco quedaba ya del escenario contextual en el que el observatorio había surgido. Dado que su ubicación estaba próxima al puerto, el ruido, las vibraciones o el humo dificultaban el desempeño astronómico tanto como la luz originaria del alumbrado público eléctrico lastrase las condiciones de observación. Tanto la ciudad como su industria se habían desarrollado hasta perjudicar significativamente al observatorio [NOTA: Wolfschmidt, G., Seemann, A., Kühl, D. *Hamburger Sternwarte – Geschichte und Erhaltung*, p. 19].

La posición en la que se encontraba el edificio, imposibilitaba una adecuada investigación científica, por lo que tras el fallecimiento de Rümker hijo, su sucesor en el puesto de director, Richard Schorr, instó al Gobierno a reubicar el observatorio en las afueras. Tras unas arduas negociaciones, en 1901 se llegó a un acuerdo para el traslado de la institución [NOTA: Wolfschmidt, G., Seemann, A., Kühl, D. *Hamburger Sternwarte – Geschichte und Erhaltung*, pp. 11,13].

Durante los años siguientes se sucedieron simultáneamente la construcción del nuevo proyecto y el desmantelamiento de los equipos del observatorio de Millerntor, que se readecuarían para instalarlos en la nueva ubicación. El edificio original sería parcialmente demolido para reconstruir, en su lugar, el Museo de historia de Hamburgo, que aún permanece en pie con una estatua de Repsold frente a sus puertas, en una calle dedicada a él.

Observatorio de Cabo de Buena Esperanza (1828)

Desde que Gran Bretaña se asentase como Colonia a principios del siglo XIX, tras el conflicto con los holandeses, el aumento demográfico de inmigrantes británicos propició el desarrollo de escuelas o bibliotecas, así como un interés científico-investigador que junto con la influencia de la comunidad astronómica británica provocaría que la antigua "Junta de Longitud" decidiese establecer allí un observatorio permanente que quedase bajo la dirección del comité [NOTA: Chapman, S. "The history and description of the Cape Observatory" *The Observatory*, vol. 37, pp. 92-93].

El Observatorio como institución se fundó por una orden del rey Jorge IV en 1820, convirtiéndose en la primera institución científica de Sudáfrica y el primer observatorio permanente del hemisferio sur [NOTA: Glass, I. "Case Study 12.2: The Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 200]. Desde su concepción inicial estaba muy vinculado a la Armada Real, siendo su principal objetivo determinar la posición exacta de estrellas y proporcionar un servicio de tiempo confiable para ayudar en la navegación de los barcos [NOTA: Winter, S. *South African Astronomical Observatory*, p. 14].

Para su ubicación se seleccionó la cumbre de un pequeño montículo situado a pocos kilómetros al este de la población, de manera que se asegurase la visión directa y sin obstáculos desde el puerto de la ciudad, Table Bay, asegurándose de este modo que las señales visuales de tiempo fuesen visible para los barcos allí presentes [NOTA: Glass, I. "Case Study 12.2: The Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 200].

El proyecto del edificio principal para el observatorio tenía vocación de sede institucional puesto que representaba una de las primeras señas permanentes del Gobierno británico en esas tierras, por lo que se optó por una construcción de estilo renacentistas y generosas dimensiones, que funcionaría como una extensión del Real Observatorio de Greenwich, con lo que su equipamiento, en lo referente a instrumentos astronómicos, sería muy similar a lo existente en la entidad europea [NOTA: Chapman, S. "The history and description of the Cape Observatory" *The Observatory*, vol. 37, p.93].

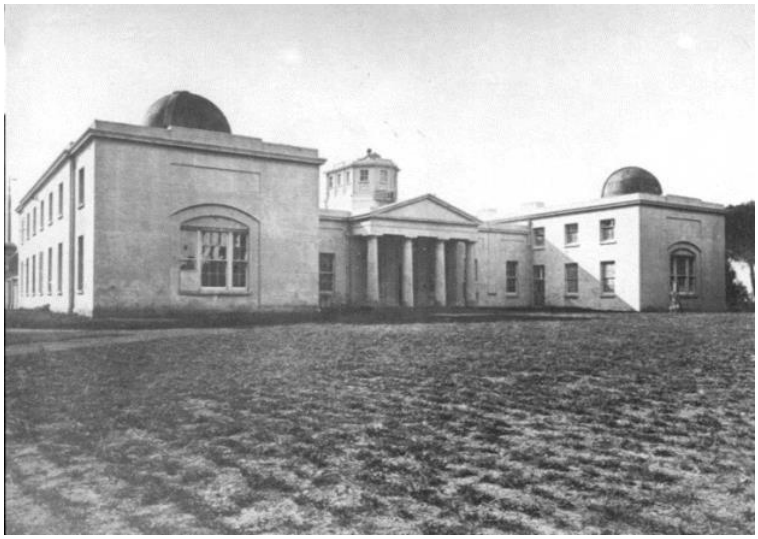


Figura 5.18 – Observatorio de Cabo de Buena Esperanza hacia 1890.

El encargo recayó sobre el arquitecto escocés John Reenie, que falleció antes de que la construcción se iniciase. Esto provocó la participación de John Skirrow como secretario de obras, quien se ocupó de dirigir la ejecución de los trabajos y de tomar decisiones no definidas inicialmente en el proyecto (materiales, acabados…). Su construcción se prolongó durante tres años hasta concluirse en 1828 [NOTA: Glass, I. "Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, pp. 117,120,121,135].

El complejo presenta una planta en forma de hache, conformada a partir de tres paralelepípedos de cubierta plana, de similares dimensiones aunque con algunas diferencias significativas. El ala central queda orientada de este a oeste y se organiza en un solo nivel que cuenta con una altura ligeramente inferior a los cuerpos laterales. Además presenta dos salientes en sus caras norte y sur respectivamente, manteniendo el primero el acabado perimetral de todo el conjunto mientras que el segundo se abre como un atrio en el que cuatro columnas sostienen un frontón construyendo el acceso principal del edificio. También, sobre esta nave central se destacaba una linterna rectangular con las esquinas ochavadas. Las alas laterales son simétricas y, aparentemente, iguales. Cada una de ellas se distribuye en dos alturas hasta la cubierta, encima de las cuales sobresalían sendas cúpulas semiesféricas.

En cuanto a la estética, el edificio no presentaba grandes alardes sino que se caracterizaba por líneas sencillas y unas proporciones controladas en las que sólo algunas hornacinas, un destacado alero y los mencionados remates de cubierta se podían

destacar más allá de los huecos de fachada. Estos ordenaban la fachada marcando los usos interiores: ventanas de mayor tamaño en el nivel inferior, menores en la planta superior de las alas laterales y aún más pequeñas en la linterna central, huecos rasgados de norte a sur para las observaciones en la nave central y ventanas termales en la cara meridional de los cuerpos laterales para componer la fachada principal. Más allá de esto, se recurrió a materiales locales, con acabados enlucidos de gruesos muros de piedra y abundancia de madera de teca en marcos de ventanas o suelos.

Aunque el edificio cuenta con varias entradas, dos de ellas tienen un carácter privado y secundario, quedando en la parte trasera, norte, del conjunto. El acceso restante corresponde con la puerta de ingreso de la fachada principal, al sur. Al traspasar el umbral de la envolvente del cuerpo central se alcanza directamente la sala del sector cenital, donde tres pilares sirven de base estable para la instalación del instrumento que debía situarse bajo una abertura practicable de la cubierta. Este espacio distribuía el paso hacia el resto de cuartos de la planta. Hacia el este desembocaba en la cámara del círculo mural, caracterizada por su soporte específico alineado con la ventana rasgada de norte a sur. Hacia el oeste se accedía a la sala de tránsito, donde los dos soportes paralelos del instrumento de tránsito se alineaban igualmente con otra abertura rasgada de norte a sur. Al norte quedaban el núcleo de escaleras por el que se llegaba a la linterna y otras dos puertas que daban paso a sendas habitaciones destinadas al cálculo de los asistentes del astrónomo.

Los extremos de este cuerpo central comunicaban respectivamente con las alas oriental y occidental. La primera contenía la residencia de los asistentes, así como un almacén para material del observatorio. La segunda albergaba las dependencias del astrónomo principal. Dichas alas evidenciaban interés por el confort de sus ocupantes puesto que eran generosas en espacio, y presentaban huecos practicables para asegurar una buena iluminación y ventilación. Además, cada una de éstas incorporaba su correspondiente cúpula ubicada en su extremo sur.

Las cúpulas, de cobre y bronce, no se montaron hasta 1829, pero tal vez por un excesivo peso o por un defectuoso sistema móvil, resultaban complejas de manejar. Al mismo tiempo no se había mantenido el mismo cuidado estructural con los instrumentos de las cúpulas que con los de la nave principal, con lo que estos no contaban con su soporte específico, de manera que se apoyaban directamente sobre el forjado, con lo que

estaban sometidos a vibraciones significativas. Todo esto lastraba el trabajo astronómico hasta tal punto que pronto dejarían de ser usadas [NOTA: Glass, I. "Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 121].

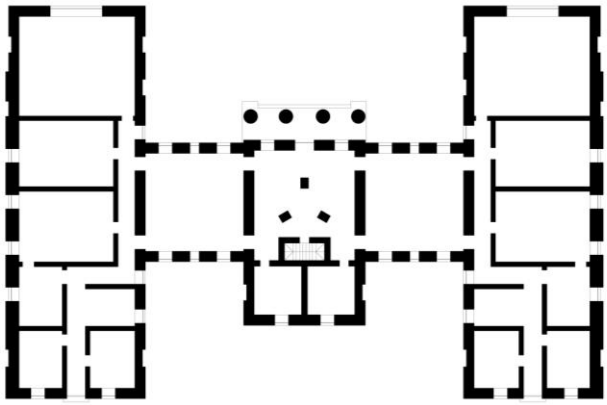


Figura 5.19 – Observatorio de Cabo de Buena Esperanza. Planta.

Aunque originalmente se concibió de forma sustancial para servir a la navegación mediante el posicionamiento de estrellas y la prestación de un servicio de tiempo, los años provocarían la diversificación de la actividad astronómica y, en general, científica hasta el punto de ser considerado como una referencia para el asesoramiento del Gobierno colonial [NOTA: Glass, I. "Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, pp. 131-132].

Además, pese a que en sus inicios carecía de ciertas comodidades básicas (saneamiento o vallado de seguridad) [NOTA: Glass, I. "Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 131], el edificio fue incorporándolas con el paso del tiempo en una evolución a través de la que, pese a no haber sufrido grandes alteraciones, se fue adaptando para satisfacer las nuevas necesidades de la astronomía, solventando algunas deficiencias e introduciendo mejoras técnicas.

De este modo, con el paso de los años nuevos instrumentos fueron instalándose y, en ocasiones, sustituyendo a los existentes en el observatorio. Las cúpulas fueron

desmontadas a finales del siglo XIX y las aberturas de tránsito se cerraron y la linterna central se suprimió a mitad del XX. Asimismo, se fueron añadiendo más construcciones en los alrededores del edificio destinadas a albergar otros usos y equipos astronómicos [NOTA: Glass, I. "22. The Royal Observatory, Cape of Good Hope, a Valuable Cultural Property" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 212].

Las salas de observación del edificio fueron cayendo paulatinamente en desuso, y sus instrumentos terminaron de retirarse en 1950. Los espacios residenciales de las alas laterales se reconvirtieron en despachos y oficinas de un edificio que había virado con el tiempo de la función científica a la administrativa. En 1971 se convirtió en parte del Observatorio Astronómico de Sudáfrica y la mayor parte de los principales instrumentos de la institución se trasladaron a Sutherland para huir de la contaminación lumínica de la ciudad que había terminado por circundarlos [NOTA: Glass, I. "Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 132].

En la actualidad mantiene su vinculación directa con la astronomía: el edificio en cuestión alberga oficinas para los científicos en sus alas laterales mientras que la nave central contiene la Biblioteca Nacional de Astronomía, una de las bibliotecas astronómicas más grandes del mundo [NOTA: Glass, I. "Case Study 12.2: The Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 202].

Observatorio de Helsinki (1834)

Existe una larga tradición astronómica en Finlandia, que, desde un punto de vista institucional, se remonta hasta la Universidad de Turku, la primera del Estado, ubicada en la que entonces era la capital de la región [NOTA: Finlandia perteneció a Suecia hasta 1809]. Este centro tiene su origen en 1640 y desde el inicio impartió estudios astronómicos. Aun así, pese a que el puesto de Observador data de mitad del siglo XVIII, no se contaría con un edificio proyectado para la observación hasta principios

del siglo siguiente [NOTA: Mattila, K., Tornikoski, M., Tuominen, I., Valtaoja, E. "Astronomy in Finland". *The Messenger*. 2004. p. 3].

Gracias a la participación de investigadores finlandeses en importantes programas científicos y con el empuje de los astrónomos locales se terminó el Observatorio de Turku en 1819, diseñado por el arquitecto Carl Ludwig Engel, y basado sustancialmente en el ya obsoleto Observatorio de Estocolmo [NOTA: Markkanen, T. "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum vol. 1, n. 2*. 2013. pp. 40-42].

En 1823, Fiedrich Argelander accedería al cargo de Observador poco antes del gran incendio de Turku que arrasaría la ciudad en 1827. A raíz de este suceso, Helsinki se convertiría en la capital del país, adonde también se trasladaría su Universidad y con ésta los libros e instrumentos astronómicos que se habían salvado del fuego [NOTA: Mattila, K., Tornikoski, M., Tuominen, I., Valtaoja, E. "Astronomy in Finland". *The Messenger*. 2004. p. 3].

Argelander recibió el encargo de fundar un nuevo observatorio de la capital, para lo que contó con Engel como arquitecto. El diseño debía reflejar los avances de los equipos astronómicos y los cambios de las nuevas necesidades de las observaciones. Aspectos funcionales como la protección climática o la estabilidad estructural de los instrumentos fueron remarcados por el científico para su inclusión en el proyecto. Además de esto, el edificio tenía que ser visible desde el puerto dado que la precisión del tiempo era una cuestión crucial para la navegación. Eso iba a propiciar que fuese visible desde casi todo Helsinki, por lo que Engel lo ideó sin desatender los parámetros estéticos del mismo. Todos estos condicionantes terminarían por dar lugar a uno de los observatorios más relevantes de su tiempo, que sería referente para algunos de los que se construyesen los años siguientes [NOTA: Markkanen, T. "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum vol. 1, n. 2. 2013. pp. 40-44].

El observatorio se terminaría instalando en la Colina Tähitorninmäki (entonces Colina de Ulricasborg), perfectamente alineado con los puntos cardinales para las observaciones de tránsito y su construcción se extendería durante tres años hasta 1834.

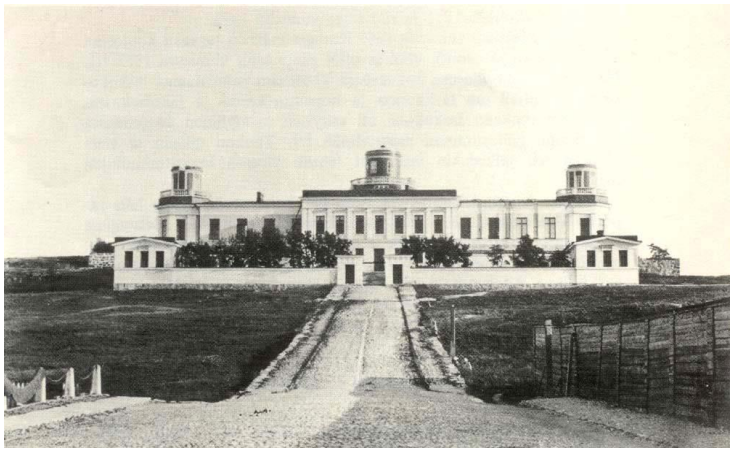


Figura 5.20 – Observatorio de Helsinki hacia 1900.

El edificio se concibe como un centro de investigación estatal, por lo que su diseño responde a este aspecto de representatividad de una institución pública, además de tener en consideración la propia imagen del conjunto a tenor de privilegiada posición. En este punto la construcción queda definida por un volumen principal compuesto por un cuerpo cúbico de cuyo centro arranca una torre y del que sobresalen a ambos lados dos naves simétricas alargadas cuyos extremos quedan rematados por sendas torres semejantes a la central. Todo ello queda además elevado sobre una planta semienterrada que se prolonga con dos naves paralelas hacia el sur generando un patio que se cierra mediante una pequeña muralla que constituye la entrada al complejo. Con la cubierta plana salvo en las naves que conforman el patio, el edificio carece de una profusa ornamentación, limitándose ésta a una moldura horizontal y una cornisa que marcan los forjados, unas pilastras en la fachada principal, los huecos de ventanas (tanto convencionales como específicos para la observación) y las propias torres, que presentan una balaustrada a la altura de la cubierta y que terminan en sus respectivas cúpulas giratorias cilíndricas.

El acceso al conjunto se produce atravesando la verja hasta el patio, donde las naves que lo acotan contienen usos secundarios como almacenaje o las habitaciones del servicio. Desde este patio también se alcanza, mediante una escalinata, el nivel inferior del edificio, donde un recibidor comunica con las pocas habitaciones de esta planta y en el que una imponente escalera asciende hasta el distribuidor del nivel principal del edificio. Esta sala circular resuelve la subida hasta la torre central y participa de la circulación horizontal en una planta con múltiples recorridos cruzados. Además de una sala de observación en el extremo norte con sus correspondientes soportes para el equipo, las diferentes dependencias del cuerpo central están destinadas a los usos

derivados de la astronomía, como pudieran ser una sala de reuniones, habitaciones de cálculo, cuartos de preparación de instrumentos portátiles, una biblioteca, salas de enseñanza, etcétera. Por otro lado, mientras que el ala oeste contiene las dependencias privadas del observador principal, el ala este alberga la gran sala de tránsito, que cuenta con las ya tradicionales aberturas practicables continuas de norte a sur y en la que tres pares de soportes estructurales han sido diseñados para su respectivo y específico instrumento de observación.

El proyecto implementa algunas soluciones técnicas para responder de la mejor manera posible a las necesidades astronómicas. Por un lado se incrementa el espesor de los muros incluso en las compartimentaciones entre el cuerpo central y las alas laterales para aumentar la inercia térmica y suavizar los cambios de temperatura que pudiesen afectar a los equipos astronómicos. En este sentido todas las salas cuentan con calefacción salvo las destinadas a la observación. Por otro lado, se generan unos cimientos muy masivos para apoyar los soportes de los instrumentos que, a su vez, están aislados del resto de la estructura para evitar la trasmisión de movimientos. No obstante, aunque esta medida ya se ha visto con anterioridad, en este caso se desarrolla un paso más puesto que se introduce en torno a cada uno de estos cimientos un muro de contención concéntrico que todavía reduce más la posibilidad de cualquier afección vibratoria y asegura una mejor precisión de las observaciones.

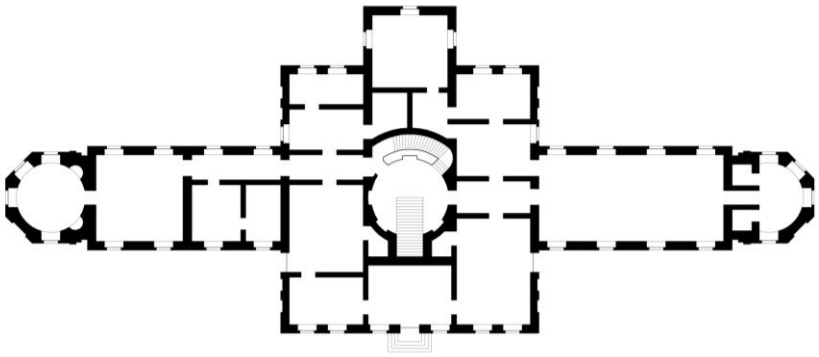


Figura 5.21 – Observatorio de Helsinki. Planta.

Además de esto, Helsinki sería el primer observatorio que contase con tres cúpulas giratorias para instalar telescopios que pudiesen apuntar hacia todas las direcciones.

Desde su refundación, el Observatorio alcanzó cierto prestigio científico internacional, incorporando las modificaciones necesarias para adaptarse a las necesidades astronómicas de su tiempo como cuando se instaló a finales del siglo XIX una torre independiente en el jardín para la astrofotografía, e introduciendo nuevos campos de investigación como la astrofísica o la radio-astronomía a mediados del XX [NOTA: Mattila, K., Tornikoski, M., Tuominen, I., Valtaoja, E. "Astronomy in Finland". *The Messenger*. 2004. p. 3].

Como en otros casos, el crecimiento de la ciudad desembocó en la presencia de abundante humo y luces que entorpecían las observaciones astronómicas por lo que en los años setenta del siglo pasado las prácticas de observación se transfirieron a otras dependencias más alejadas de Helsinki. A partir de este momento, y mediante varias reformas, el edificio se dedicaría exclusivamente a la investigación y docencia, llegando a albergar el Departamento de Astronomía de la Universidad hasta el 2009.

Su última remodelación, en 2012, lo ha convertido en el Centro de Astronomía del Museo de la Universidad de Helsinki, una institución abierta dedicada a la divulgación y difusión de esta ciencia.

Observatorio de Trivandrum (1837)

En un contexto colonial, el Gobierno británico tenía intereses comerciales y estratégicos para promover el desarrollo de la Astronomía. Además, esta ciencia tenía una importante repercusión sobre la navegación y la cartografía, cuestiones cruciales para mantener el control de sus territorios e, incluso, expandirlos. La Compañía Británica de las Indias Orientales ya contaba con un observatorio en Madrás, establecido en 1792 a partir de un observatorio privado, y otro en Colaba, fundado en 1832 y que no llegaría a la mitad del siglo [NOTA: Kurian, P. (2008) *History of Astronomical Science in Kerala*. PhD thesis University of Kerala. pp. 144-146].

El de Trivandrum es fruto de la convergencia de dos aficionados a la astronomía. Por un lado, el Maharajá de Travancore, Rama Varma, conocía la aproximación hindú a esta ciencia; por el otro, John Caldecott, un londinense nombrado agente comercial y maestro asistente en el puerto de Alleppey, versado en la materia y con varios instrumentos propios.

Durante un viaje al norte, el Maharajá visitó Alleppey, coincidiendo con Caldecott. El primero aprovechó el encuentro para inspeccionar el equipo astronómico del británico, mientras que el segundo no desaprovechó la oportunidad para proponer la fundación de un pequeño observatorio en dicha población. Esta idea caló en el Maharajá, quien resolvió levantar uno de importancia en Trivandrum [NOTA: Kochhar, R., Orchiston, W. "The Development of Modern Astronomy and Emergence of Astrophysics in India" *The Emergence of Astrophysics in Asia. Opening a New Window on the Universe*. Springer. Suiza. 2017. pp. 728-729].

Caldecott fue nombrado Astrónomo principal, asesorando en el diseño del observatorio y decidiendo los instrumentos que en él se instalarían, solicitando los mejores disponibles en Europa a cambio de ceder su equipo personal. Caldecott abogó por limitar el gasto en la construcción a lo estrictamente necesario para resolver las exigencias astronómicas del edificio, suprimiendo cualquier ornamento o coste superfluo. Prefería dedicar toda inversión a conseguir instrumentos de calidad y del mayor tamaño posible [NOTA: Kochhar, R., Orchiston, W. "The Development of Modern Astronomy and Emergence of Astrophysics in India" *The Emergence of Astrophysics in Asia. Opening a New Window on the Universe*. Springer. Suiza. 2017. p. 731].

El diseño del observatorio recayó sobre W. Horsley, aunque contó con la participación de Caldecott y con el necesario visto bueno del Maharajá. Su construcción duró algo menos de un año hasta quedar terminado en 1837, cuando inmediatamente comenzaron las observaciones [NOTA: Kurian, P. (2008) *History of Astronomical Science in Kerala*. PhD thesis University of Kerala. pp. 150,156].

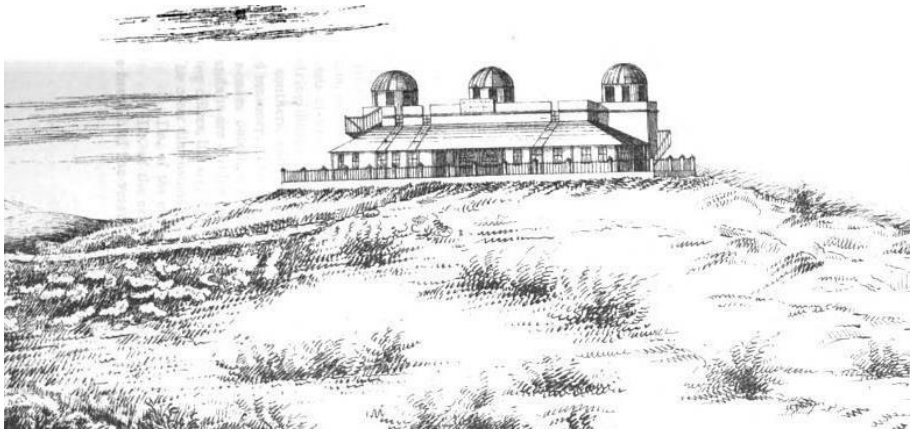


Figura 5.22 – Grabado del Observatorio de Trivandrum.

La ubicación de la construcción se determinó encima de la cumbre de una colina que se elevaba sobre las inmediaciones contando con buena visibilidad del cielo en todas direcciones así como del mar desde el sur hacia el oeste.

Toda la estructura y parámentos se realizaron con una piedra característica de la zona llamada laterita, suficientemente blanda como para permitir un corte y tallado con gran facilidad mediante herramientas manuales como hachas o punzones [NOTA: Kurian, P. (2008) *History of Astronomical Science in Kerala*. PhD thesis University of Kerala. p. 151].

Coronando la colina, el elemental edificio quedaba compuesto por un único volumen paralelepípedo cuya parte central contaba con una cubierta plana rodeada por una cubierta inclinada perimetral, cuya sencillez sólo quedaba alterada por tres cúpulas semiesféricas: una de ellas en el centro del edificio y las otras dos en los extremos erguidas sobre dos respectivos torreones. Además de las ventanas (varias de ellas rasgadas para los instrumentos de tránsito) y las mencionadas cúpulas, sólo algunas pilastras en la parte inferior de las fachadas y unas escaleras exteriores adosadas a cada torreón pueden ser señaladas como rasgos estéticos. Todo el conjunto quedaba cercado por una valla que circundaba la construcción.

El edificio presenta una planta rectangular de unos veintiocho por trece metros, alineada en su dirección mayor de este a oeste, y es bastante abierto en su acceso. Cuenta con entradas por las cuatro fachadas, con una solución semejante en la que parte de la fachada se retranquea para generar un porche cubierto. En el interior del edificio, la sala central funciona como distribuidor y cuenta con un pilar circular destinado a sostener en cubierta, bajo la cúpula, un instrumento de altitud y azimut. A ambos lados de ésta se encuentran otras dos habitaciones destinadas a la observación, una de ellas para el instrumento de tránsito y la otra para el círculo meridiano. Cada una cuenta con un soporte estructural independiente y específicamente diseñado para el equipo que va a albergar y los huecos de fachada están adaptados a su uso, siendo practicables en toda su longitud (de norte a sur) y requiriendo para ello la colaboración de varios operarios. Las salas restantes están destinadas al cálculo y al almacenaje de instrumentos portátiles u otros útiles necesarios.

Por otro lado, los torreones son macizos, funcionando como grandes pilares sobre los que apoyar los telescopios bajo sus cúpulas. Sobre uno de ellos debía levantarse un

refractor y sobre el otro un reflector ecuatorial. El acceso tanto a la cubierta plana como a las cúpulas debía realizarse a través de las escaleras exteriores.

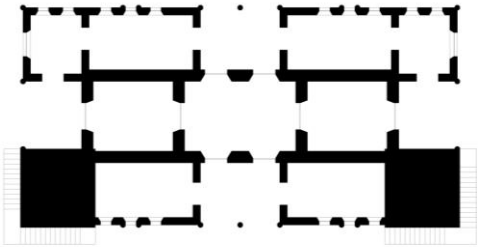


Figura 5.23 – Observatorio de Trivandrum. Planta.

Como Director del Observatorio, Caldecott, contaba con poderes para gestionar la adquisición de equipos, encargando instrumentos astronómicos, meteorológicos y magnéticos a los principales fabricantes británicos, con los que comenzaría a llevar a cabo observaciones sistemáticas acumulando una importante cantidad de datos sobre estrellas y, en menor medida, cometas [NOTA: Kochhar, R., Orchiston, W. "The Development of Modern Astronomy and Emergence of Astrophysics in India" *The Emergence of Astrophysics in Asia. Opening a New Window on the Universe*. Springer. Suiza. 2017. pp. 729,731] [NOTA: Ansari, R. "Astronomical Archives in India". *Journal of Astronomical Data, Vol. 10, 7*. 2004. p. 6]. Aun así, se le encomendó desarrollar el observatorio construyendo edificios adicionales para la meteorología y el geomagnetismo. De este modo, fundó un observatorio meteorológico en 1841 y, un año después, levantó un edificio para instalar un telescopio ecuatorial y albergar la biblioteca. Caldecott se mantuvo en su cargo hasta su fallecimiento en 1849 [NOTA: Kurian, P. (2008) *History of Astronomical Science in Kerala*. PhD thesis University of Kerala. pp. 153,158,165].

Tras la muerte del astrónomo, el Observatorio se mantuvo bajo una dirección temporal hasta que el científico escocés John Allan Broun llegó en 1852 para hacerse cargo del mismo. Pronto se percataría de que varios de los instrumentos no se habían instalado correctamente, por lo que discriminó la astronomía para focalizar la investigación en la meteorología y el geomagnetismo. Afortunadamente, en ese momento el ecuador magnético se encontraba próximo a Trivandrum, posibilitando, al menos, el desarrollo científico de la institución como observatorio magnético.

Finalmente, Borun abandonó Travancore en 1865, tras lo que el Maharajá decidió cerrar el Observatorio [NOTA: Kochhar, R., Orchiston, W. "The Development of Modern Astronomy and Emergence of Astrophysics in India" *The Emergence of Astrophysics in Asia. Opening a New Window on the Universe*. Springer. Suiza. 2017. pp. 728,731,732].

En 1976 el Gobierno cedió el control del Observatorio a la Universidad de Kerala, y aunque el crecimiento de la ciudad ha mermado su capacidad de investigación, varias remodelaciones y reformas han mantenido el edificio en pie hasta la actualidad. Hoy alberga tanto muchos de los instrumentos originales del centro como manuscritos, registros y publicaciones astronómicas [NOTA: Narayanan, A. "Centre for stargazers" *The Hindu*. Thiruvananthapuram. 2013].

Tras haber perdido peso científico, el objetivo del observatorio viró hacia la difusión y divulgación de la ciencia, recibiendo visitas de aficionados y ofreciendo sus telescopios a la observación popular cuando hay eventos astronómicos [NOTA: Narayanan, A. "Centre for stargazers" *The Hindu*. Thiruvananthapuram. 2013].

Observatorio de Harvard (1839/1844)

Pese a que parece ser que la astronomía se enseñó de alguna forma en la Universidad de Harvard (en Cambridge, Massachusetts, Estados Unidos) desde el origen de la institución, no sería hasta el primer tercio del siglo XVIII cuando se estableció la cátedra de matemáticas y filosofía natural. No obstante, aunque no haya certeza del momento en que surge la idea de fundar un observatorio, hay constancia de que a principios del siglo siguiente hubo consultas a astrónomos europeos avezados en la materia, de lo que se puede deducir, al menos, una intención latente al respecto. Si bien, esas instrucciones no tuvieron una clara consecuencia inmediata, en 1815 se promulgó la creación de un comité para valorar la posible localización y planificación del observatorio [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. pp. 5-6,12].

En este punto, el fabricante de relojes y astrónomo aficionado, William Bond recibió el encargo estudiar el Observatorio de Greenwich con el fin de recabar toda la

información necesaria para planificar y dirigir la construcción de un observatorio. Sin embargo, de estas pesquisas se concluyó la inviabilidad para acometer dicha empresa a causa del importante sobrecoste de su obra y equipamiento con respecto a las previsiones estimadas [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. pp. 12-13].

Durante los años siguientes, se valoraron diferentes ubicaciones en los alrededores de la Universidad, llegando incluso a recibir directivas institucionales para seleccionar una posición e iniciar las obras que levantarían el primer gran observatorio de América. De este modo, se adquirió una parcela cerca de la Universidad que contaba una amplia vivienda que se adaptó con tantos apéndices y añadidos como fue necesario para que cumpliese mínimamente con los requisitos para su propósito y se equipó, sustancialmente, con los instrumentos del propio Bond (un refractor, dos reflectores, un cuadrante, un sextante…) [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. pp. 13-15].

William Bond fue nombrado como primer Observador Astronómico de Harvard en 1839, lo que oficialmente estableció esa fecha como la oficial de la fundación del Observatorio de la Universidad. [NOTA: https://astronomy.fas.harvard.edu/history].

No obstante, desde su propia concepción este edificio no representaba más que una solución provisional puesto que no estaba bien equipado y todo su trabajo se desempeñó por observadores voluntarios. Y aunque se le había incluido una cúpula para su instrumento principal, su utilidad se aproximaba más a la enseñanza que a la verdadera investigación científica. Aunque sus limitaciones estaban basadas en la limitación presupuestaría de la Universidad, sin la necesaria inversión perdería su sentido y utilidad, cayendo en desuso como otros observatorios recientemente levantados en los Estados Unidos [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. pp. 17,23].

Pronto se reconoció que ni el observatorio en sí mismo ni la ubicación en la que estaba eran los más adecuados, con lo que se inició una nueva búsqueda de la que resultó un nuevo lugar más favorable destinado a albergar la institución. Se trataba de una parcela cerca de la Universidad con una pequeña colina que se levanta unos quince metros sobre los alrededores, quedando a algo menos de treinta sobre el nivel del mar. Además era mayoritariamente campo abierto, sin luces o tranvía [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. p. 25].

Tras aproximadamente cuatro años en su primera ubicación, el Observatorio se trasladaría a un nuevo edificio construido expresamente para este fin y aunque haya constancia de su aprendizaje en base a Greenwich, de su diseño se puede deducir la inspiración en otros centros como los de Dunsink, Helsinki o Cabo de Buena Esperanza.



Figura 5.24 – Observatorio de Harvard (1865).

En 1844 se habían completado tanto la casa del Observador como una parte importante del proyecto, suficiente como para que los instrumentos se trasladase de su localización original a los edificios del nuevo complejo [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. p. 26]. Sin embargo, el edificio no se terminaría como tal hasta poco tiempo después, cuando incorporó su ala oeste, y, aun así, continuaría remodelándose durante los años venideros para adaptarse a las nuevas necesidades de su programa. Todo su diseño original sería obra del arquitecto Isaiah Rogers [NOTA: Bunting, B. (1998) *Harvard: An Architectural History*. Harvard

University Press. Massachusetts, Estados Unidos. p. 54], que incluiría en el proyecto rasgos ya característicos de los observatorios como los soportes independientes del resto de la estructura del edificio concebidos para determinados instrumentos astronómicos, ventanas específicas para un tipo de observación concreta o cúpulas móviles.

El edificio se compone por tres volúmenes principales, el central de planta cuadrada y los laterales de planta rectangular, alineados de este a oeste y que quedan conectados entre ellos por dos naves longitudinales de menor entidad. Ambas alas cuentan con la cubierta inclinada a dos aguas pese a que los cuerpos de los extremos tienen una mayor altura que las naves intermedias. Sobre el extremo oeste destaca además una pequeña cúpula que queda eclipsada por la gran cúpula en la que termina el volumen central. Todo el conjunto se levanta sobre una planta de sótano-semisótano que se apoya sobre una plataforma aterrazada conformada en el propio terreno. El volumen central termina en una gran cúpula.

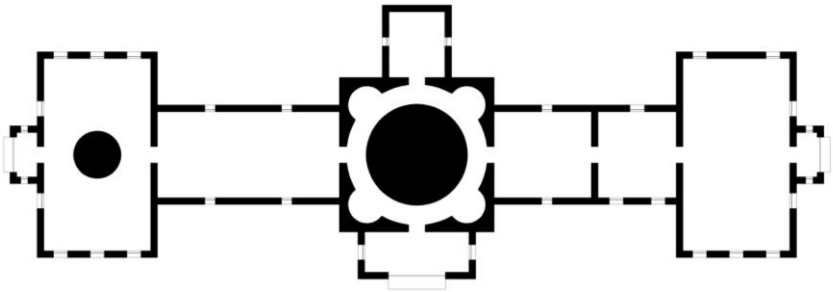


Figura 5.25 – Observatorio de Harvard. Planta.

A partir de esta organización de planta, las fachadas son simétricas y bastante regulares con la salvedad de un casetón que sobresale de la fachada posterior del cuerpo central y de un frente que se adelanta en la parte sur conformando la entrada principal. Este acceso queda bajo por un gran frontón igual a los que rematan las naves laterales. Por lo demás, más allá de las chimeneas o alguna moldura, el resto de particularidades de la fachada se limitan a las ventanas ordinarias y a las particulares de los observatorios para los instrumentos de tránsito.

El Observatorio contaba en su origen con tres entradas, estando dos de ellas en sus extremos este y oeste, y quedando la principal en la fachada sur. Al cruzar bajo el gran frontón se accedía al vestíbulo central, en el que unas escaleras comunicaban con los niveles superiores. Desde ahí se pasaba hasta la ‘rotonda’: una sala de planta circular

que quedaba caracterizada por un enorme volumen tronco-cónico que ocupaba casi todo el espacio reduciendo su sección a medida que se elevaba. De este modo, la sala funcionaba como un corredor anular en el que algunos nichos y puertas se abrían en todas direcciones, organizando las circulaciones del edificio en torno al gran soporte macizo sobre el que descansaría el instrumento más importante del centro. Al norte de la 'rotonda' se encontraba la habitación del círculo vertical, instalado sobre su correspondiente pedestal y con una ventana rasgada de este a oeste.

Dejando atrás el cuerpo central, en el ala oriental la primera sala a la que se llegaba estaba destinada a un instrumento de tránsito, con su correspondiente par de soportes y su ventana continua de norte a sur. A continuación se encontraba el cuarto de la Directiva, donde se hallaban diversos instrumentos menores y otros útiles de medición (relojes, cronógrafo, anemómetro…). Esta sala comunicaba directamente con el volumen del extremo este del conjunto, destinado a la vivienda y dependencias privadas del personal. Hacia el otro lado, el ala occidental se definía por un único espacio destinado a la astronomía en el que inicialmente solo había un instrumento de tránsito, pero que con los años se modificaría para albergar más equipo de observación. Esta sala comunicaba además el cuerpo central con el volumen oeste, que marcado por otro gran soporte hexagonal que atravesaba el espacio desde el forjado inferior al superior, quedaba compartimentada en una zona de biblioteca, una sala de cálculo y un recibidor secundario con una escalera que llevaba hasta las plantas siguientes.

El segundo nivel del volumen oeste se dividía solamente entre espacios de trabajo y de almacenaje, con una nueva escalera que conducía hasta la cúpula occidental, donde surgía el soporte pasante sobre el que estaba instalado un instrumento de tránsito de tamaño moderado.

La segunda planta del cuerpo central contenía una planta circular en torno al soporte pasante, que carecía de un uso inicial y terminaría por llenarse de estanterías y funcionar como segunda biblioteca. Sobre todo ello, la cúpula central bajo la que se encontraba el gran refractor, montado en el soporte que atravesaba toda la construcción de abajo a arriba. Toda esta instalación estaba concebida para facilitar las labores de observación. Así, la cúpula se había montado sobre unos rodamientos para posibilitar un movimiento fluido a pesar de su enorme peso: podía ser girado una revolución por una sola persona en medio minuto. Y además, se incluyó una silla de observación que

permitía su movimiento hasta la posición necesaria mediante un mecanismo sencillo [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. pp. 29-30].

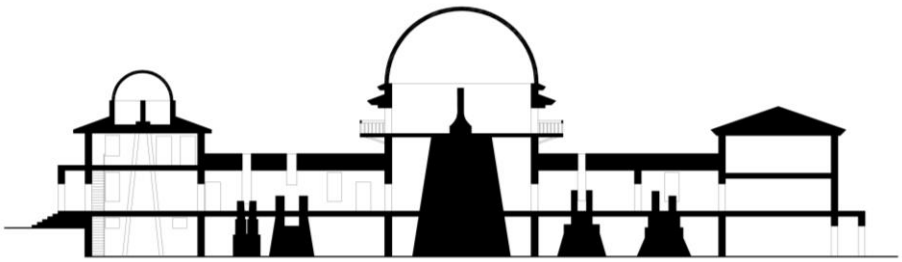


Figura 5.26 – Observatorio de Harvard. Sección.

Desde su fundación, el Observatorio se convertiría en una institución astronómica de referencia. Durante los primeros años de funcionamiento, el centro dedicó su actividad a estudiar los planetas del sistema solar y a buscar otros nuevos, a determinar posiciones de asteroides y cometas, y a observar nebulosas [NOTA: Bailey, S. I. *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard college together with brief biographies of its leading members*. pp. 33-34]. No obstante, su adaptación a los avances científicos fue constante y sucesivamente se realizarían mejoras en el edificio original y se construirían otros secundarios en los alrededores. En este sentido, por ejemplo, pronto se advertirían las posibilidades de la aplicación de métodos fotográficos para la investigación astronómica y el complejo se adaptaría a tal fin con una sucesión de pequeñas construcciones temporales de cúpulas dispuestas frente a la construcción principal. [NOTA: https://astronomy.fas.harvard.edu/history].

Con el tiempo, como sucedió con otros muchos observatorios de la época, el crecimiento de la ciudad deterioró las condiciones de observación del centro. Este hecho, unido a la pretensión de expandir la investigación (en especial la fotográfica) a todo el cielo conllevó la generación de puestos auxiliares remotos en Perú y Sudáfrica.

Hoy, el Harvard College Observatory (nombre oficial en la actualidad) es una institución que dirige y gestiona diferentes edificios e instrumentos destinados a la

investigación astronómica y a la enseñanza de la Universidad de Harvard y en la que se forman multitud de estudiantes, doctorados e investigadores.

Observatorio de Pulkovo (1839)

El primer antecedente de un observatorio astronómico ruso se encontraba en una torre en la ciudad de San Petersburgo y data del primer tercio del siglo XVIII, coincidiendo con la fundación de la Academia de las Ciencias. No obstante, el tipo de construcción, en altura y poco estable como caracteriza a los observatorios de este período (como se ha visto en apartados anteriores), y la localidad en la que se situaba, grande, poblada y en expansión, derivaron en unas condiciones muy poco favorables para la astronomía [NOTA: Mikhailov, A (1955): "The Pulkovo Observatory". *The Observatory, Vol. 75*, p. 28]. Por ello, desde mediados de la centuria la Academia planteó e insistió en la necesidad de trasladar el Observatorio a una posición más apropiada para su desempeño. De este modo, el arquitecto D. Giacomo Quarenghi recibió el encargo de realizar un proyecto para un observatorio astronómico con dependencias para la Emperatriz, pero el fallecimiento de ésta frustró la iniciativa [NOTA: Abalakin, V. K., Karpeev, E. P., Polozhentsev, D. D. "Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России" en http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html].

La relevancia adquirida por el Observatorio de Tartu había ensombrecido el de San Petersburgo, lo que le valió a Struve, su Director, para ser nombrado miembro de la Academia, cargo desde el que pudo informar al Zar Nicolás I de la decadencia del Observatorio de la capital. Así, a instancias del Emperador, la Academia decidió crear un nuevo observatorio cerca de San Petersburgo, para lo que nombró una comisión de la que formaría parte el propio Struve [NOTA: Dick, S. J. (1990): "Pulkovo Observatory and the national observatory movement: an historical overview". *Inertial Coordinate System on the Sky*. pp. 32,34] [NOTA: Abalakin, V. K., Karpeev, E. P., Polozhentsev, D. D. "Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России" en http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html].

El éxito de Tartu le valió a Struve para que se le confiase la supervisión de dicha empresa. Siendo él conocedor de los significativos avances incorporados en el proyecto

y la construcción del Observatorio de Helsinki, solicitó a su arquitecto, Carl Engel, que le facilitase su diseño para tomarlos como referencia, y este así lo hizo [NOTA: Markkanen, T. (2013): "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum, Vol. 1, No. 2*. p. 46].

Cuando en el XVIII se planteó el traslado del Observatorio ya se había pensado en las montañas del sur de la capital, referencia que volvería cuando se retomó la construcción de un nuevo edificio. De entre las colinas próximas a la urbe se optó por una situada en torno a diecinueve kilómetros del centro de la ciudad, cerca de la aldea de Pulkovo que daría nombre al Observatorio. Con una altura de unos setenta y cinco metros sobre el nivel del mar, la cima ofrecía espacio suficiente como para levantar un edificio con buenas vistas del horizonte [NOTA: Krisciunas, K. (1978): "A Short History of Pulkovo Observatory". *Vistas in Astronomy, Vol. 22.* p. 27] [NOTA: Mikhailov, A (1955): "The Pulkovo Observatory". *The Observatory, Vol. 75*, p. 28].

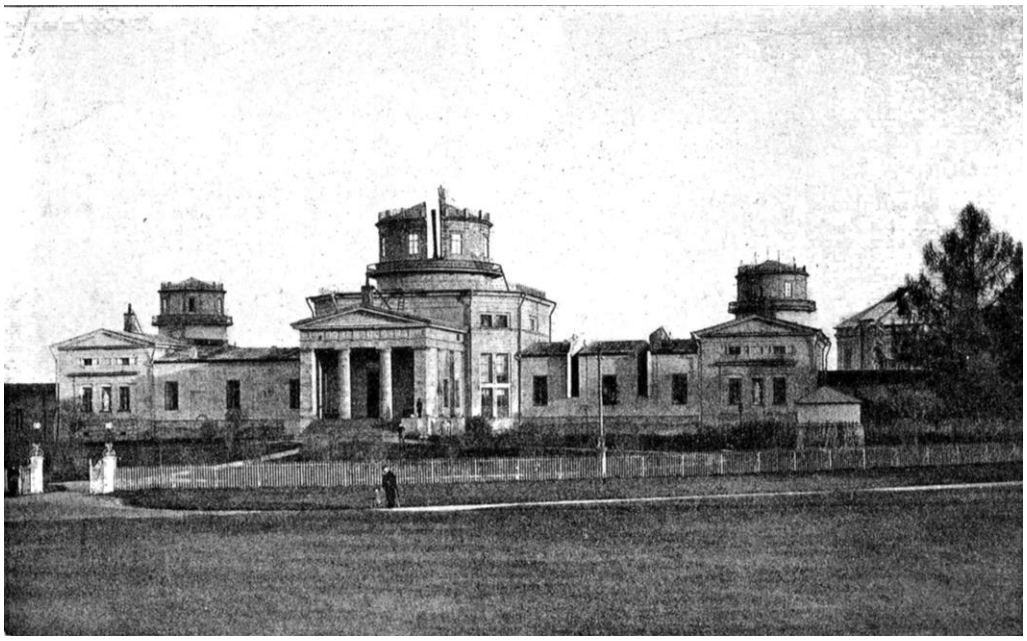


Figura 5.27 – Observatorio de Pulkovo hacia 1855.

En 1834 la referida comisión analizó y valoró dos proyectos para el observatorio presentados por sendos arquitectos, seleccionando finalmente el de Alexander Brullov [NOTA: También escrito Aleksandr Briulov] que se basaba en el Observatorio de Helsinki aunque con una escala mayor. El edificio imitaba a su homólogo en la ubicación de las cúpulas, en la disposición de las salas de observación y en la organización de la planta, así como en su funcionamiento estructural. Además, para

asegurar su buena visibilidad se restringió la construcción de otras edificaciones al sur del complejo. Por todo esto, cuando el Observatorio Central Imperial de Pulkovo (que sería su nombre oficial) fue inaugurado en 1839 se convirtió en un edificio de referencia que serviría como modelo a otros observatorios de todo el mundo [NOTA: Markkanen, T. (2013): "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum, Vol. 1, No. 2*. pp. 46-48] [NOTA: Abalakin, V. K., Karpeev, E. P., Polozhentsev, D. D. "Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России" en http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html].

El proyecto incorporaba toda la fastuosidad y representatividad propia de la Rusia zarista, sin embargo, dejando atrás esta teatralidad Pulkovo, más que por una vocación de innovación, se caracterizó por mejorar y perfeccionar los aspectos consolidados de los observatorios de su tiempo: las condiciones de instalación de instrumentos para alcanzar la mejor precisión posible o la organización de espacios para compaginar las funciones de observación, de trabajo y residencial [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. pp. 75,78].

El edificio principal se compone por una gran construcción central y otras dos laterales más pequeñas, que quedan conectadas a la primera por unas galerías, conformando una estructura longitudinal que está alineada de este a oeste. El volumen central es el de mayor tamaño, con una planta cuadrada con las esquinas ochavadas, del que sobresalen, al norte, un atrio próstilo que constituye la gran entrada de la fachada principal y, al sur, un cuerpo alargado de menor altura. Sobre la parte central surge una torre circular con una cúpula poligonal con techo piramidal. Las naves laterales son paralelepípedos orientados de norte a sur sobre cuyos extremos septentrionales soportan sendas torres semejantes a la central aunque de menor dimensión. Las galerías rectangulares enlazan los tres volúmenes anteriormente referidos en una construcción unitaria.

El conjunto presenta rasgos estilísticos propios de una construcción imperial. De este modo, el acceso se produce por una imponente escalinata bajo un frontón soportado por grandes columnas. Además hay otros frontones, molduras, barandillas de forja e incluso algunas esculturas que adornan la envolvente. Cuenta con diferentes tipos de

huecos de fachada, variando en su tamaño y proporción en función del uso al que sirven. Más allá de todo esto, las cúpulas, de madera, representan el rasgo más distintivo de la construcción.

Toda la actividad científica del observatorio quedaba recogida inicialmente en este edificio principal, incluyéndose otros usos secundarios (residencias, almacenes…) en las construcciones adyacentes que estaban conectadas al primero mediante corredores.

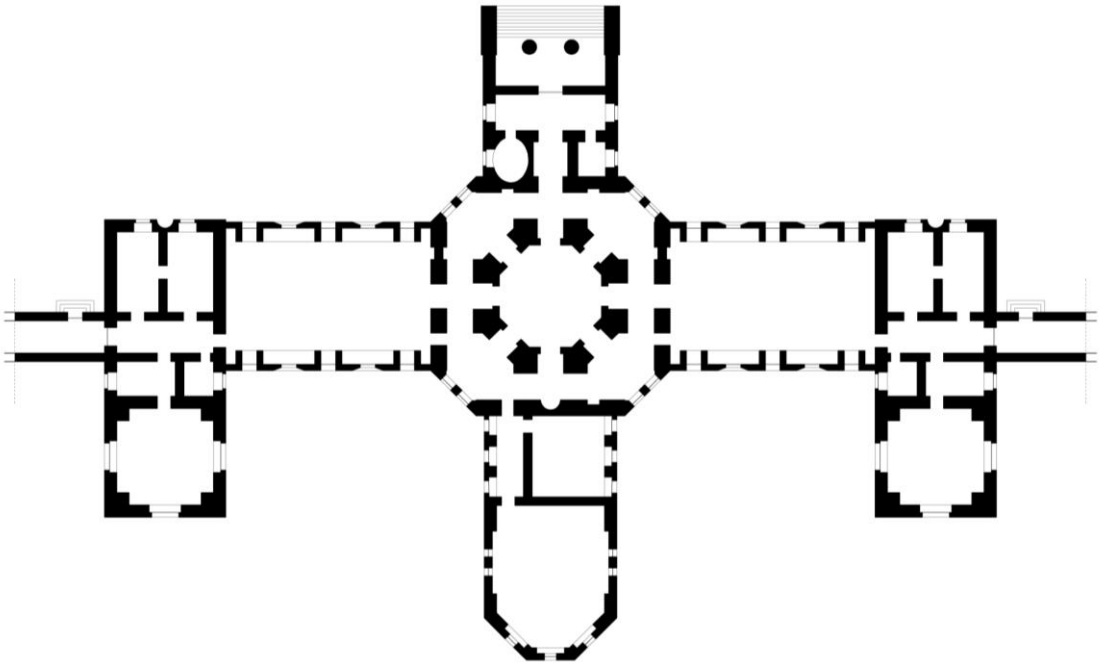


Figura 5.28 – Observatorio de Pulkovo. Planta.

Al acceder por la entrada principal, al norte, se alcanzaba un primer recibidor que escondía una escalera por la que llegar al nivel superior y desde el que se pasaba al salón central el cual podía usarse en recepciones y que funcionaba como vestíbulo que recogía todas las circulaciones en torno a unas grandes pilastras que sostenían una cúpula que iba a funcionar como soporte del gran refractor (el mayor de su tiempo). Al sur se llegaba a una sala de observación con las esquinas meridionales achaflanadas en la que un pedestal sostenía un instrumento de tránsito. Al oeste del salón central, una galería alargada sin compartimentación albergaba un círculo vertical y un instrumento de tránsito, cada uno sobre sus soportes específicos y alineado con una ventana continua

de norte a sur. El extremo de esta galería desembocaba en el ala occidental, donde cuartos de cálculo y otras dependencias se encontraban bajo la cúpula oeste que albergaba su correspondiente instrumento. La distribución de la galería y el ala oriental era simétrica a la occidental, con la salvedad del cambio de equipo astronómico y la necesaria adaptación de sus soportes.

Finalmente, Struve se convertiría en el primer Director de la nueva institución, y tal y como él mismo lo describiría, el Observatorio de Pulkovo era "la realización de una idea científica claramente captada, con una ejecución acorde a los ilimitados medios proporcionados por la generosidad del gran monarca" [NOTA: Krisciunas, K. (1978): "A Short History of Pulkovo Observatory". *Vistas in Astronomy, Vol. 22*. p. 27] [NOTA: Mikhailov, A (1955): "The Pulkovo Observatory". *The Observatory, Vol. 75*, pp. 28,37]. Una valoración que se vería refrendada por un temprano reconocimiento internacional [NOTA: Dick, S. J. (1990): "Pulkovo Observatory and the national observatory movement: an historical overview". *Inertial Coordinate System on the Sky*. p. 33].

En sus inicios, los objetivos del Observatorio apuntaban a las observaciones de precisión con fines astronómicos, geográficos y de navegación. Sin embargo, al estudio inicial del sistema solar, las estrellas binarias, los cometas, la astrometría en general, o los eventos astronómicos, con los años se irían incorporando otros campos de investigación y funciones, como la astrofísica, la radioastronomía, la astrografía o la estandarización del tiempo [NOTA: Abalakin, V. K., Karpeev, E. P., Polozhentsev, D. D. "Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России" en http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html] [NOTA: Dick, S. J. (1990): "Pulkovo Observatory and the national observatory movement: an historical overview". *Inertial Coordinate System on the Sky*. p. 33]. Todo ello fue posible gracias tanto al buen equipamiento original como a la constante incorporación de nuevos instrumentos como al reemplazo de aquellos que se habían quedado desfasados.

Con el paso de los años, la institución terminaría fundando diversas sucursales para posibilitar el estudio bajo diferentes condiciones de observación o, directamente, para alcanzar posiciones del cielo imposibles de ver desde su ubicación originaria. De este modo, surgieron sedes en posiciones relativamente próximas, como las de Odesa o Simeiz, y otras muy distantes, como en Chile o Bolivia.

Durante la Segunda Guerra Mundial, Pulkovo fue bombardeado y, en 1941, los astrónomos tuvieron que desalojar el complejo llevándose consigo todo cuanto pudieron. Aun así, el edificio quedo en ruinas perdiéndose con él los montajes de los grandes instrumentos y parte del material allí almacenado. No obstante, antes del final de la guerra ya se había decidido su reconstrucción por la que recuperaría el Observatorio a su estado original, a semejanza del diseño de Brullov, incorporando nuevo equipamiento y redefiniendo los edificios laterales que inicialmente albergaban usos de servicio para ser destinados también a la función institucional: laboratorios, despachos, salas de conferencias… La reinauguración tuvo lugar en 1956 [NOTA: Mikhailov, A (1955): "The Pulkovo Observatory". *The Observatory, Vol. 75*, pp. 32-32].

Actualmente el Observatorio de Pulkovo sigue estando destinado a la astronomía, manteniéndose como un centro de investigación y acogiendo, también, eventos científicos (conferencias, simposios, coloquios…) tanto de carácter profesional como divulgativo. Asimismo, el centro recibe visitas guiadas y cuenta con un museo de equipos de observación contribuyendo en la educación y transmisión cultural de la astronomía [NOTA: Abalakin, V. K., Karpeev, E. P., Polozhentsev, D. D. "Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России" en http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html].

Observatorio Naval de Washington (1844)

En 1825, durante su primer mensaje al Congreso como Presidente de los Estados Unidos, John Quincy Adams, ya recomendó establecer un observatorio nacional y cinco años más tarde, la Marina establecería un depósito de cartas e instrumentos en Washington cuyo objetivo era albergar, mantener y cuidar los cronómetros, mapas y otros equipos de navegación. Allí, sobre un pilar de ladrillo se montó un instrumento de tránsito. Este se convertiría en el primer precedente del Observatorio Naval de Washington [NOTA: Skinner, A. N. (1899): "The United States Naval Observatory", *Science, vol. IX, n. 210*. p. 2] [NOTA: http://www.usno.navy.mil/USNO/about-us/a-brief-history].

La relación entre astronomía y navegación subrayaba la necesidad de mejores condiciones para la observación, con lo que en 1834 el depósito se trasladó a una nueva posición más elevada al norte del Capitolio [NOTA: Grice, K. (2005): *History Of Weather Observing at the Naval Observatory, Washington, D.C. 1838-1913*. Report prepared for the Midwestern Regional Climate Center. p. 3].

Pese a que durante esos años sólo se producían observaciones para calibrar los cronómetros, la dirección de James Gilliss a partir de 1838 cambiaría esa tendencia hacia un trabajo específicamente astronómico mediante el que convencer al Congreso para construir un observatorio como tal [NOTA: Herman, J. K. (1985): "The Establishment of the U.S. Naval Observatory". *Vistas in Astronomy, Vol. 28*. Great Britain. p. 392] [NOTA: Skinner, A. N. (1899): "The United States Naval Observatory", *Science, vol. IX, n. 210*. p. 3].

De este modo, en 1842 el Congreso concedió los fondos para la construcción de un edificio apropiado como depósito de cartas e instrumentos de la Marina que, a la postre, sería el propio Observatorio [NOTA: Maury, M. F. (1845): *Astronomical Observations at the U.S. Naval Observatory*. Gideon Printers. Washington. p. 1 (apéndices)].

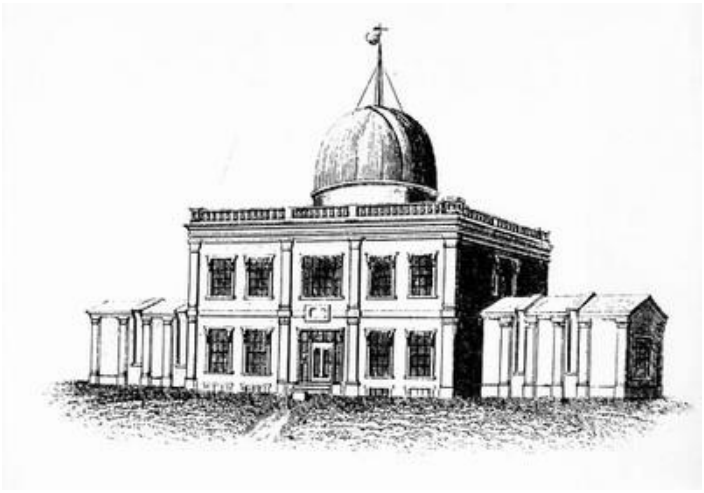


Figura 5.29 – Grabado del Observatorio Naval de Washington en sus inicios.

La ubicación destinada a albergar el nuevo edificio sería una parcela localizada al norte del río Potomac, cuyo punto más alto se encontraba a unos treinta metros sobre la orilla [NOTA: Grice, K. (2005): *History Of Weather Observing at the Naval Observatory, Washington, D.C. 1838-1913*. Report prepared for the Midwestern Regional Climate Center. p. 6]. Esta localización además de conferir unas vistas despejadas al observatorio lo hacía visible desde los alrededores y desde el propio río

[NOTA: U.S. General Services Administration (2015): *Potomac Hill Campus. Draft Final Historic Landscape Assessment*. pp. 6-7], lo que tenía sentido por su relación con la navegación, sin embargo, la proximidad del agua y las condiciones climáticas acarreaban una frecuente presencia de nieblas durante la noche, lo que limitaba su operatividad astronómica.

Tras haber demostrado su valía al frente del depósito, Gilliss recibió el encargo de diseñar, equipar y construir el nuevo edificio. Para ello, se documentó visitando observatorios estadounidenses y consultando tanto a sus respectivos directores como a otros astrónomos, con lo que concluyó un diseño preliminar basado en una planta cruciforme con una cúpula central. Partiendo esta idea, Gilliss se desplazó a Europa para aprender de sus principales observatorios y recibir consejos para mejorar su propuesta. Tras esto, habiendo adquirido también todo el instrumental oportuno para el observatorio, Gilliss regresó a América para supervisar la construcción, instalación de equipo y aprovisionamiento de la biblioteca. En 1844 el edificio estaba completado y listo para iniciar su actividad [NOTA: Herman, J. K. (1985): "The Establishment of the U.S. Naval Observatory". *Vistas in Astronomy, Vol. 28*. Great Britain. pp. 392, 397-398].

El observatorio se organizaba en un cubo achatado de cubierta plana del que irradiaban perpendicularmente de tres de sus caras sendos paralelepípedos de menor altura y cubierta inclinada. El conjunto quedaba culminado por una gran cúpula central.

En cuanto a su apariencia, la envolvente del cubo principal estaba terminada enfoscada y pintada, presentando numerosas pilastras, molduras, volutas y otros artificios además de la balaustrada que remataba todo el conjunto. Las ventanas se repetían regularmente en la fachada de este volumen, presentando un mayor tamaño la que ocupa la posición central de la cara norte, la principal. Las alas secundarias, aun siendo más austeras, incluyen pilastras pareadas flanqueando cada una de las aberturas específicas para observaciones. Además, como es frecuente en los observatorios de este período, la gran cúpula de cobre resulta el elemento más reconocible del edificio.

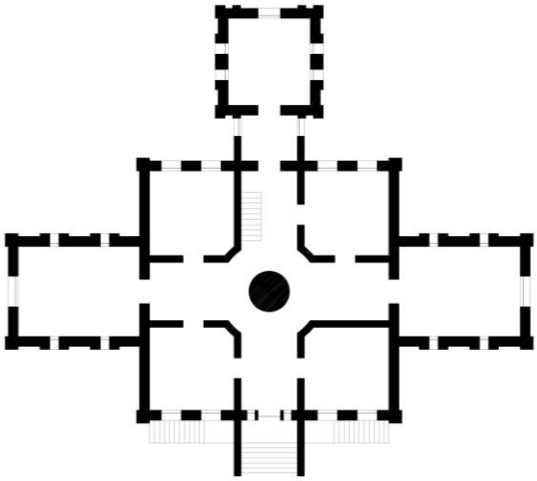


Figura 5.30 – Observatorio Naval de Washington. Planta.

A través de la entrada de la fachada principal (la norte) del observatorio se llegaba a un espacio que funcionada como distribuidor, en el centro de cuya planta en forma de cruz se encontraba un gran pilar cónico que cruzaría verticalmente la estancia produciendo unos recorridos circulares en torno a éste. Alrededor de este espacio central se disponían cuatro habitaciones ocupando las esquinas de la planta. En estas dependencias y en sus homólogas del nivel superior se encontrarían los despachos, salas de trabajo, cuartos de almacenaje y la biblioteca. A este, oeste y sur del distribuidor, se hallaban los pasos a las salas perimetrales y, también al sur, la escalera para la comunicación entre plantas. Cada una de esas salas presentaba una solución específica de soportes estructurales estables para cada instrumento que debía albergar, manteniendo la necesaria alineación con los respectivos huecos de fachada.

Por su parte, la cúpula era de madera (más allá de su revestimiento de cobre) y podía operarse cómodamente gracias a su funcionamiento mediante un sistema de cremallera y piñón, girando sobre bolas de cañón. Contaba además con varias trampillas practicables como sistema de apertura. Todo ello envolvía al gran refractor que se apoyaba sobre el pilar que atravesaba desde los cimientos todo el edificio [NOTA: Herman, J. K. (1985): "The Establishment of the U.S. Naval Observatory". *Vistas in Astronomy, Vol. 28*. Great Britain. p. 398].

Pese a toda la dedicación brindada por Gilliss para refundar la institución y poner en marcha el nuevo centro, la Dirección del mismo fue asignada al teniente Matthew F. Maury en 1844 [NOTA: Skinner, A. N. (1899): "The United States Naval Observatory",

Science, vol. IX, n. 210. p. 4]. Ese mismo año, se encargó un proyecto para acondicionar los terrenos de la parcela y construir viviendas aledañas para los oficiales [NOTA: U.S. General Services Administration (2015): *Potomac Hill Campus. Draft Final Historic Landscape Assessment*. p. 7].

Durante este período, el propio Maury reconoce que el trabajo se centró en "observaciones meteorológicas", "una serie parcial de observaciones magnéticas", "recopilación de información hidrográfica", "elaboración de cartas", "probar cronómetros" y adquirir diversos útiles de navegación; y en un segundo plano su atención "se dirigió después a los instrumentos astronómicos" Observatorio [NOTA: Maury, M. F. (1845): *Astronomical Observations at the U.S. Naval Observatory*. Gideon Printers. Washington. p. 2 (apéndices)]

No será hasta 1854 cuando este centro pase a denominarse oficialmente Observatorio Naval y Oficina Hidrográfica de los Estados Unidos. No obstante, tras la renuncia de Maury y su reemplazo por Gilliss en 1861, la investigación en esta institución se redirigió hacia la astronomía [NOTA: Skinner, A. N. (1899): "The United States Naval Observatory", *Science, vol. IX, n. 210*. pp. 7-8] [NOTA: http://www.usno.navy.mil/USNO/about-us/a-brief-history/usno-command-history], lo que provocó que, cinco años más tarde, la Oficina Hidrográfica se terminó desligando del Observatorio [NOTA: Holden, E. S. (1880): "The United States Naval Observatory, Washington", *Science*. p. 1].



Figura 5.31 – Grabado del Observatorio Naval de Washington en 1875.

Durante los años siguientes, el complejo se amplió con adiciones de carácter tanto estrictamente científico, llegando a montar el telescopio refractor más grande de su tiempo, como otras funciones secundarias, como oficinas o almacenes. Sin embargo, en

1875, el estado de deterioro de las construcciones más antiguas llegaría a ser descrita por el propio Director como ruina. Pronto se hicieron los primeros intentos para trasladar nuevamente la institución, pero la falta de fondos y otras cuestiones lo impidieron hasta 1893 cuando se desalojó el edificio [NOTA: U.S. General Services Administration (2015): *Potomac Hill Campus. Draft Final Historic Landscape Assessment*. pp. 9-10].

Tras casi medio siglo de investigación en las que la institución se había convertido en uno de los observatorios astronómicos más reputados del mundo, el mal estado de las edificaciones junto con las deficientes condiciones de observación e, incluso, la insalubridad del barrio terminaron poniendo fin a la actividad de este centro y el Observatorio Naval se mudó a lo que entonces eran las afueras de la ciudad [NOTA: Grice, K. (2005): *History Of Weather Observing at the Naval Observatory, Washington, D.C. 1838-1913*. Report prepared for the Midwestern Regional Climate Center. p. 3].

Aunque con un deficiente estado de conservación, el edificio todavía se mantiene en pie, ha sido declarado Monumento Histórico Nacional y depende del Departamento de Estado. Con todo, actualmente el acceso está restringido al público.

Observatorio de Lisboa (1861)

El origen la institución lisboeta surge de una disputa científica entre los directores de los observatorios de París y Pulkovo, cuya aclaración se resolvería mediante una observación cenital en Lisboa. [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. p. 71] Si bien la capital portuguesa no contaba con una instalación que permitiese esa consulta en unas condiciones aceptables, ese déficit se convirtió en una ocasión para promover una institución científica de prestigio.

El Rey Pedro V, quedó convencido durante un viaje por Europa de la necesidad de contar con un observatorio nacional, promoviéndolo y financiándolo en primera persona. Esta voluntad se vio favorecida por el apoyo de un astrónomo tan reputado como Wilhelm Struve, el propio director de Pulkovo, que se ofreció para asesorar a Portugal sobre los aspectos técnicos y funcionales del observatorio, así como también

para colaborar en la formación del personal necesario para dicho centro [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. pp. 69-71].

En 1857 se constituye el comité encargado de erguir el Observatorio y, siguiendo el consejo de Struve, se envió un aprendiz a conocer otros observatorios de Europa, a supervisar los encargos de equipo astronómico y a formarse en San Petersburgo. El elegido sería Federico Augusto Oom, que llegaría a Pulkovo en 1858 y pasaría allí los cinco años siguientes, antes de regresar a Lisboa como un astrónomo de pleno derecho [NOTA: Marques, P. (2006): "The Lisbon Astronomic Observatory. Elements for the history of its architecture". Proceedings, XV National Meeting of Astronomy and Astrophisics, Lisbon. WorldScientific , Inc., p. 102] [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. pp. 72-74].

El centro portugués se basaría en el diseño de su predecesor ruso, sin embargo los borradores arquitectónicos recibidos desde Pulkovo presentaban una excesiva simplificación del fastuoso edificio original en la que la funcionalidad se imponía despreciando cualquier valor estético o representativo [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. pp. 91-93].

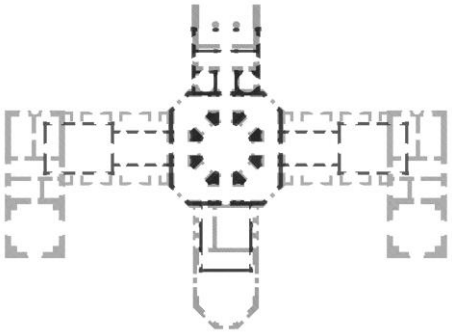


Figura 5.32 – Superposición de plantas de los Observatorios de Lisboa y Pulkovo.

El encargo recayó sobre el arquitecto francés Jean Colson en 1859, quien se inspiró en el diseño ruso hasta el extremo de calcar algunos de sus aspectos más significativos en el proyecto para Lisboa [NOTA: Marques, P. (2006): "The Lisbon Astronomic Observatory. Elements for the history of its architecture". Proceedings, XV National

Meeting of Astronomy and Astrophisics, Lisbon. WorldScientific , Inc., p. 103]. El apabullante edificio zarista se replicó (incluso en sus dimensiones) en su elemento más característico, el cuerpo central, reduciendo significativamente los pabellones que se prolongaban en torno a él. El proyecto, finalmente quedaría a medio camino entre la solución elemental sugerida por Struve y el ostentoso complejo ruso, una versión sintetizada de Pulkovo.

Aunque inicialmente se consideró instalar el observatorio en las inmediaciones la propia ciudad, las necesidades de estabilidad del terreno y las condiciones de visibilidad descartaron esa posibilidad en favor del ofrecimiento de Tapada da Ajuda, unos terrenos de propiedad real cedidos por Pedro V, situados en una colina orientada hacia el río Tajo junto a Lisboa. Aunque la intención inicial era situarla en la cumbre, la exposición al viento terminó por decantar su ubicación a la mitad superior de la ladera, donde se convertiría en un punto de referencia para los que llegan o salen de la ciudad por el río [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. p. 82].



Figura 5.33 – Observatorio de Lisboa.

El edificio se comenzó en 1861 y poco después Pedro V, su mecenas, falleció, con lo que las obras se paralizaron. De este modo, cuando Oom regresó a Lisboa dos años más tarde la construcción estaba en su fase inicial. La casualidad hizo que el observatorio que debía dirigir aún no existiese, con lo que pudo supervisar todo el proceso asegurándose de que el edificio incluyese las características técnicas que lo desplazasen de la arquitectura palaciega hacia un observatorio de su tiempo. En 1864 se reanudaron las obras con el seguimiento del arquitecto José da Costa Sequeira y el

asesoramiento de Oom, y aunque tres años después había un ala operativa y tuvieron lugar las primeras observaciones, la construcción no finalizaría por completo hasta 1878 [NOTA: Marques, P. (2006): "The Lisbon Astronomic Observatory. Elements for the history of its architecture". Proceedings, XV National Meeting of Astronomy and Astrophisics, Lisbon. WorldScientific , Inc., p. 104] [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. p. 93].

El observatorio es una estructura de planta cruciforme en cuyo centro se sitúa el cuerpo principal del edificio y del que irradian las diferentes naves orientadas hacia los puntos cardinales. El volumen central es el elemento de mayor altura del conjunto, cuenta con una planta cuadrada con las esquinas ochavadas y sostiene sobre él una cúpula cilíndrica que corona la construcción. A este y oeste quedan sendas alas simétricas, contando cada una con una primera galería alargada de menor altura que terminan en un prisma algo mayor. Tanto la cara norte como la sur presentan también sus respectivas naves.

El edificio no presenta un excesivo ornamento. Más allá de un zócalo y algunas molduras, sólo los huecos de fachada (ventanas rectangulares, continuas, arcos y óculos) y la cubierta inclinada de teja se significan como elementos característicos en una apariencia de conjunto sobria en donde todo el protagonismo lo acaparan la entrada neoclásica, con sus tres arcos bajo el frontón, y la propia cúpula.

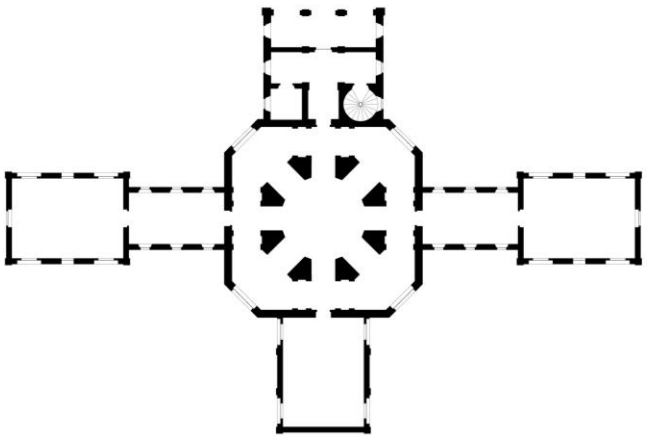


Figura 5.34 – Observatorio de Lisboa. Planta.

Para entrar la arcada principal da paso a un atrio donde la puerta principal guarda el acceso al edificio. En el interior, un recibidor comunica con las escaleras y desemboca en el salón central, donde el recorrido perimetral por la sala ochavada rodea los grandes pilares que sostienen la cúpula sobre la que se apoya el refractor. Al norte de esta dependencia se llega a la sala de observación de la vertical principal. Las alas oriental y occidental son análogas, con una primera cámara destinada tanto a trabajo (cálculos, análisis…) como a clases o reuniones desde la que se llegaba a la correspondiente sala de observación meridiana. Cada uno de los cuartos de observación estaba acondicionado con un soporte independiente para su propio instrumento y su correspondiente ventana adaptada al tipo de observación, como correspondía a los observatorios de este período, y además incluían un tratamiento de la envolvente por capas, de manera que al muro de mampostería se le incorporaba un segundo cerramiento interior de madera con una cámara de aire intermedia para mejorar la estabilidad térmica, lo que mejoraba la calidad de las observaciones.

Sobre todo el conjunto, la cúpula cilíndrica, móvil y con aberturas practicables, que protegía el refractor y a su usuario de las condiciones climáticas mientras se realizaban las observaciones, se alzaba por encima de la construcción como un reclamo de la función astronómica.



Figura 5.35 – Vista aérea del Observatorio de Lisboa.

Además del referido edificio principal, el complejo del observatorio incorporó dos edificios residenciales al este y oeste del mismo y otras dos construcciones independientes de mucho menor tamaño que acogerían sus respectivos instrumentos astronómicos. Algunos años más tarde, uno de estos bloques residenciales se adaptaría para albergar unos talleres mecánicos y de carpintería [NOTA: Raposo, P. (2013):

"Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. p. 97].

La expresa formación adquirida en Pulkovo y su liderazgo durante la construcción del edificio le valieron a Oom para ocupar el cargo de primer director del Observatorio de Lisboa.

Tal y como había sido concebido en su origen, el observatorio debía estar comprometido con la astronomía estelar, priorizando la medición del paralaje estelar, la observación de estrellas dobles y el estudio de las nebulosas, y así sucedería. Sin embargo, el reconocimiento de la comunidad científica internacional no llegaría hasta después de la muerte de Oom [NOTA: Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. Vol. 8. pp. 94,100].

En cualquier caso, más allá de su trascendencia científica, el observatorio se convirtió en un icono sociocultural cuya relevancia atrajo no sólo a astrónomos sino a visitantes inexpertos y curiosos [NOTA: Marques, P. (2006): "The Lisbon Astronomic Observatory. Elements for the history of its architecture". Proceedings, XV National Meeting of Astronomy and Astrophisics, Lisbon. WorldScientific , Inc., p. 107].

Tanto el edificio principal como las construcciones secundarias perduran bien preservadas y pueden ser visitadas. Asimismo gran parte de los instrumentos originales se conservan en buen estado y todavía funcionan.

Desde finales del siglo XX, el Observatorio pasó a integrarse en la Universidad de Lisboa, formando parte posteriormente de los Museos de la Universidad. En la actualidad, además de proporcionar la hora legal portuguesa, su actividad reúne tareas de investigación, científica e histórica, de formación, de estudio y conservación de sus bienes y de promover y difundir el conocimiento científico de la astronomía [NOTA: http://oal.ul.pt/].

Observatorio de Orwell Park (1874)

En los alrededores del río Orwell, en el Reino Unido, surge a principios del siglo XVIII la edificación que precederá y servirá de semilla para el posterior desarrollo del

Observatorio, una gran casa de campo que sería legada varias veces dentro de una misma familia antes de que fuese adquirida en 1848 por George Tomline. Pese a que la mansión había sido remodelada y ampliada a los pocos años de su reciente adquisición, a principios de los setenta Tomline promovió una nueva e importante extensión. Además de pretender incorporar un mirador para contemplar sus tierras, un archivo para guardar documentos valiosos, un baño turco y varios apartamentos independientes para hospedar invitados, el interés de Tomline por la ciencia en general, y por la muy de moda astronomía en particular, le llevó a querer incluir su propio observatorio astronómico privado. [NOTA: página oficial de la *Sociedad Astronómica de Orwell, Ipswich*: http://www.oasi.org.uk] [NOTA: página oficial del organismo público *Historic England*: https://historicengland.org.uk].

La instalación astronómica debía de estar incluida en la propia mansión, por lo que formaría parte del ala que se iba a ampliar. Esto era contrario al protocolo común de este tiempo, en el que lo habitual era distanciar un observatorio de otras edificaciones colindantes. Así que este requisito representaría una importante complicación para el diseño de la nueva construcción que, por otro lado, al carecer de problemas de financiación permitió a Tomline contar con profesionales ampliamente reconocidos como John Macvicar Anderson como arquitecto y Wilfred Airy como ingeniero y experto en astronomía [NOTA: página oficial de la *Sociedad Astronómica de Orwell, Ipswich*: http://www.oasi.org.uk].

En lo referente a la posición del observatorio, para Airy, con experiencia en Greenwich, la proximidad a un río implicaba una elevación de entre treinta y cuarenta y cinco metros sobre la cota de éste para evitar que la niebla que pudiera producirse en sus inmediaciones afectase a las observaciones. Además, aunque él considerase poco trascendente el acceso a las bajas altitudes para determinados estudios, lo entendía como algo crucial para el uso como observatorio privado. También expuso como ubicación ideal la cumbre de una colina baja o una elevación del terreno [NOTA: Airy, W. (1874): "The Orwell Park Observatory", *Engineering, 10-02,* p. 257]. Sin embargo todas estas premisas quedaron condicionadas por la premisa de incorporar la nueva construcción como una ampliación de la mansión existente.

Adosar el observatorio al edificio original condujo a que toda el espacio destinado a la astronomía tuviese que elevarse para evitar que la propia vivienda o los arboles

circundantes obstruyesen la visión del cielo, conllevando importantes dificultades constructivo-proyectuales y aumentando el coste de las obras [NOTA: Airy, W. (1874): "The Orwell Park Observatory", *Engineering, 10-02*, p. 257]. De este modo, condicionado por las demandas de su promotor e inversamente a lo habitual en su tiempo, el Observatorio del Parque Orwell retomó rasgos de diseño ya desfasados para ser concebido como un edificio en altura, como una torre.



Figura 5.36 – Observatorio de Orwell Park.

Airy especificó que la base del telescopio debía de alzarse hasta los 16 metros sobre el nivel del suelo para conseguir en aquel contexto las condiciones ideales para la función astronómica [NOTA: Macvicar Anderson, J (1875):"The Orwell Park Observatory", *Transactions of the Royal Institution of British Architects*, p. 17], lo que dejaba mucho espacio libre debajo de esta instalación para que pudiese destinarse a otras funciones. Alcanzar esta altura con un instrumento tan sensible y preciso era una dificultad más añadida a la ya de por sí compleja imbricación del observatorio con la residencia. Para evitar interferencias o vibraciones derivadas del uso doméstico que perjudicasen las observaciones, era imperioso cuidar y discriminar el diseño estructural del observatorio.

En base a estas premisas se requiere uno o varios soportes estructuralmente independientes y aislados del resto del edificio. En este caso la solución sería un gran pilar de tres metros de diámetro en su arranque que va disminuyendo su sección hasta casi la mitad a medida que se eleva [NOTA: Airy, W. (1874): "The Orwell Park Observatory", *Engineering, 10-02*, p. 257]. Esta estructura quedaría formada por ladrillo y mortero sobre un lecho de hormigón y rematado por una gran piedra sobre la que se instalaría el refractor. Para conseguir el aislamiento estructural del soporte se mantuvo

una separación constante del mismo con los forjados o cualquier otro elemento portante, incorporando un muro circular concéntrico en torno al pilar [NOTA: Macvicar Anderson, J (1875):"The Orwell Park Observatory", *Transactions of the Royal Institution of British Architects*, pp. 17-18].

Además de los condicionantes constructivos, un observatorio privado de esta índole, destinado tanto para el disfrute de su propietario como para una investigación científica real, requería al menos de un refractor ecuatorial y de un instrumento de tránsito. Esto, unido a las exigencias necesarias para su adecuado funcionamiento, al resto de programa de usos demandado y a la altura requerida por su incorporación a la vivienda sólo fue posible gracias al presupuesto casi ilimitado de Tomline. De esta forma resultaría una torre de cinco plantas con las mejores características de diseño y acabados de su tiempo.

La ampliación se organizó como un ala completamente nueva adjunta al este del edificio central, respetando la construcción original aunque duplicando su longitud en las fachadas norte y sur. Este desarrollo contendría los nuevos apartamentos solicitados por Tomline distribuidos a lo largo de sus plantas y una nueva escalera principal. En el extremo este se situaría la torre que albergaría tanto el propio observatorio como el resto de programas no residenciales. El hecho de disponer el uso astronómico al final del edificio, conectado por su propio distribuidor con escalera facilitaba la consecución de un aislamiento, privacidad e independencias fundamentales aun manteniendo una conexión directa con la vivienda y un acceso directo desde cada una de sus plantas. Pese a todo, cuando las obras finalizaron en 1874, no había ningún aspecto que, en apariencia, permitiera diferenciar la ampliación de la residencia original, adaptándose, sin destacar, en todos los rasgos estilísticos con armonía.

La continuidad estética entre la mansión y su ampliación es absoluta. La fachada es de ladrillo rojo con sillería de piedra caliza en las esquinas y en todos los elementos significativos, como en los marcos de las ventanas, las balaustradas, las volutas o los obeliscos. Las cubiertas son de pendientes suaves e inclinadas a cuatro aguas, de las que sobresalen numerosas chimeneas. Estos acabados se respetan también en la torre, que arranca con una planta poligonal para pasar a una circular en los niveles superiores y a la que se adosan dos pequeños torreones octogonales. Todo ello cubierto por la cúpula

de cobre que, pese a situarse en el extremo del conjunto focaliza la atención y se convierte en elemento más representativo de la construcción.

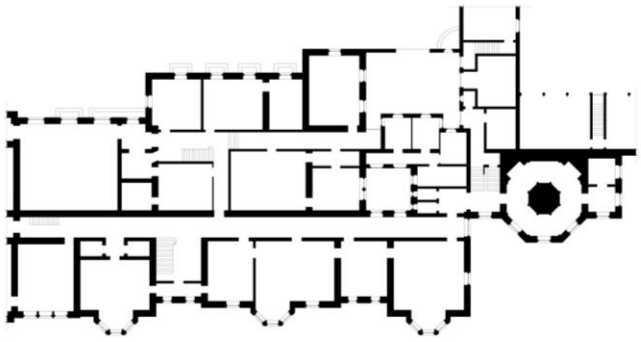


Figura 5.37 – Observatorio de Orwell Park. Planta

En lo referente a la torre, su acceso se produce necesariamente a través de su propio vestíbulo. En la planta sótano, rodeada con un patio inglés, se encontraban tanto la sala de vapor del baño turco y un pequeño almacén. La planta baja también quedaba destinada al baño turco, incorporando dos cámaras calientes en un añadido externo a la torre y manteniendo una cámara fría en torno al pilar central de la torre para evitar posibles alteraciones por los cambios de temperatura. Al entrar al primer nivel de la torre se llega a un pequeño distribuidor que comunica a un lado con la sala de archivos y al otro con una pequeña escalera de caracol que es el único camino hacia los pisos superiores. La segunda planta, destinada como mirador, tiene una distribución abierta anular en torno al soporte central donde sólo destacan el cuerpo exento de la escalera y una cámara octogonal adyacente. Por último, la tercera planta, con similar organización que el nivel inferior es la destinada propiamente como observatorio.

La sala ecuatorial está definida por la presencia del gran telescopio montado sobre el pilar que atraviesa todo el edificio desde la cimentación hasta esta cota. Todo el espacio queda acotado por la cúpula móvil, que consta con una estructura de metal recubierta interiormente de madera y en su cara externa por una chapa de cobre, mejorando de este modo su aislamiento térmico. La base de la cúpula se apoya sobre unas ruedas insertas en el muro de fachada que facilitan su movimiento y cuenta con un obturador practicable que deja abierto una sección de la misma cúpula. Sendos torreones octogonales adjuntos contienen la escalera de caracol por la que se llega hasta este piso y una segunda cámara astronómica, de menor tamaño e importancia, que está ocupada por el instrumento de tránsito.

Pese a las dificultades y la inversión que supuso la construcción del Observatorio, no hay constancia de que Tomline llegase a usarlo. De hecho, contrató a un astrónomo profesional, John Isaac Plummer, con experiencia en el Observatorio de Durham, para que trabajase allí e hiciese observaciones en su nombre. Plummer investigó diferentes fenómenos, aunque principalmente cometas, hasta la muerte de Tomline en 1899, cuando su heredero, que no tenía ningún interés en la astronomía, dejó de contar con él. Desde entonces, el Observatorio permaneció inactivo durante treinta años hasta que se concedió permiso para utilizarlo a un astrónomo aficionado [NOTA: página oficial de la *Sociedad Astronómica de Orwell, Ipswich*: http://www.oasi.org.uk].

En 1936 el complejo fue vendido a la Aldeburgh Lodge School, que pasó a llamarse Orwell Park School. Allí, los instrumentos astronómicos se utilizaron para la instrucción de los estudiantes. Con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, el edificio fue requisado por el ejército, sufriendo importantes daños. Al término del conflicto la propiedad regreso a la escuela, manteniendo un uso intermitente hasta que la recientemente fundada Sociedad Astronómica de Orwell, Ipswich (OASI) se hizo cargo de la recuperación de un observatorio que para entonces estaba prácticamente abandonado: las paredes se desmoronaban, faltaban puertas, la montura del telescopio se estaba oxidando… [NOTA: página oficial del organismo público *Historic England*: https://historicengland.org.uk] [NOTA: página oficial de la *Sociedad Astronómica de Orwell, Ipswich*: http://www.oasi.org.uk].

Actualmente, esta Sociedad continúa haciendo uso del Observatorio mientras recauda fondos que permitan una restauración completa del observatorio. Sus miembros desarrollan una actividad astronómica no profesional con acceso a las instalaciones (balcones, sala de reuniones, biblioteca…) y a los instrumentos originales. Además, lleva a cabo tareas de difusión científica, como recepción de visitas o la realización de eventos públicos [NOTA: página oficial de la *Sociedad Astronómica de Orwell, Ipswich*: http://www.oasi.org.uk].

Aunque su transgresor y anacrónico diseño no supusiese precisamente una evolución en la concepción de estos centros astronómicos, sí evidencia que, manteniendo unos estándares necesarios ajustados a su tiempo (estabilidad estructural y térmica, acceso al cielo, confort de uso…) no existe una única tipología válida para el observatorio.

Urania (1889)

Las conferencias astronómicas que Alexander von Humboldt impartió en Berlín entre 1827 y 1828 supusieron un evento social al que asistieron trece mil oyentes, lo que popularizó la divulgación científica en una sociedad berlinesa que se convertiría en el perfecto caldo de cultivo para la aparición a finales de siglo del primer observatorio público del mundo [NOTA: Wolfschmidt, G. (2013): "Urania in aller Welt - Ausbreitung und Wirkung des Urania-Idee", pp.103,106]. El interés ciudadano se manifestaría durante las décadas siguientes en forma de visitas al Observatorio de Berlín hasta el punto de perturbar el trabajo científico de la institución [NOTA: Meyer, W. (1890): "The Urania Gesellschaft", p.144]. Todo ello desembocó en la constitución de la Institución Urania en 1888 por parte de Wilhelm Foerster [NOTA: Director del Observatorio de Berlín en ese momento] con el apoyo económico de Werner von Siemens y con la participación de numerosos patrocinadores [NOTA: Wolfschmidt, G. (2013): "Urania in aller Welt - Ausbreitung und Wirkung des Urania-Idee", p.103].

La finalidad de la entidad se enfocó hacia el avance y la difusión del conocimiento científico. Además, los fundadores querían establecer algún tipo de centro o edificio científico público para satisfacer el interés popular por la astronomía y que simultáneamente sirviese de sede a la institución. Pese a que la intención original se limitaba a la construcción de un observatorio público, la propuesta se amplió para abarcar otros espectros científicos como la física, el campo microscópico o las ciencias naturales. El proyecto contó con el apoyo estatal hasta el punto de obtener una cesión de terrenos en Berlín para la construcción del complejo [NOTA: Meyer, W. (1890): "The Urania Gesellschaft", p.144].

El proyecto se encomendó al arquitecto Paul Emmanuel Spieker, que se basó en las premisas de los astrónomos Foerster y Meyer, implicados en el diseño desde su origen. De este modo, el inicio de las obras no se demoró y el edificio quedó concluido en 1889 [NOTA: Extraído de la página web oficial de la *Oficina Estatal de Monumentos de Berlín*: http://www.stadtentwicklung.berlin.de]. Precisamente, sería Max Meyer quien ocuparía inicialmente el puesto de Director de la institución.

El edificio agrupaba dos volúmenes bien diferenciados. El primero, componiendo el alzado principal del conjunto, al sur, era una construcción pétrea con forma de prisma en el centro de cuya fachada sobresalía un cuerpo que componía la entrada a partir de una escalera ascendente. Por encima de esta estructura, la cúpula principal se apoyaba sobre un tambor cilíndrico, evidenciando la función astronómica de esta parte del edificio. A ambos lados de ésta, otras dos cúpulas menores. El segundo volumen era una construcción más extensa en planta para recoger el resto de programa previsto.

El alzado del conjunto era sobrio, de sillería con huecos en fachada de medio punto en la planta principal y otros más elementales para la iluminación del sótano. La envolvente queda grabada por la trama horizontal de las juntas de la piedra como contrapunto a los marcados contrafuertes que apuntan el ritmo de la estructura. Tan sólo un alero como remate de fachada y una balaustrada ornamental en torno a la cubierta plana ornamentan una apariencia en la que el principal reclamo son las tres cúpulas que coronan el conjunto.

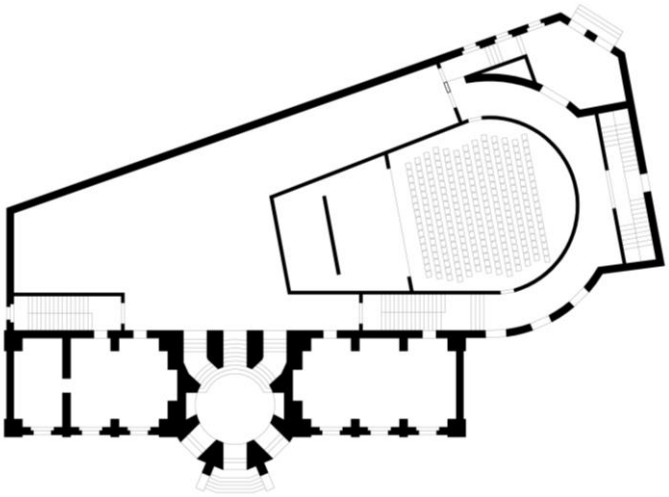


Figura 5.38 – Urania. Planta

El acceso del edificio desde la entrada principal conducía a un recibidor desde donde se podía pasar a un amplio espacio donde se distribuían las distintas zonas de exposiciones. El teatro estaba situado hacia un lateral de la planta y quedaba circundado por una galería que lo relacionaba a su vez con una entrada directa desde el exterior del conjunto. Varias escaleras resolvían la circulación vertical del proyecto. El nivel inferior, semienterrado, quedaba acotado para las zonas de trabajo, para diversos laboratorios, almacenes y para las instalaciones eléctricas e hidráulicas que necesitaban

los distintos equipos de la institución. En la parte superior del edificio, en la cubierta, se encontraba la función astronómica repartida tanto en el interior de las cúpulas como en el espacio abierto.

La institución se organizaba en departamentos enfocados en las diferentes materias y funciones que congregaba. La astronomía era el principal atractivo del centro y contaba con un equipamiento pensado tanto para satisfacer el interés público como para un proceso de investigación científica. En este sentido, el principal instrumento del complejo era un refractor de doce pulgadas que ocupaba la cúpula principal. Para facilitar las observaciones la sala en la que se encontraba instalado incluía una plataforma elevable hidráulica, que permitía situar al observador en la posición más favorable para usar el telescopio, y un sistema de control, también hidráulico, para rotar la cúpula y operar su obturador. Además, las otras dos cúpulas contenían sendos telescopios: un refractor de seis pulgadas y un ecuatorial de cuatro pulgadas. Fuera, a cielo abierto en la terraza occidental, se encontraban otros instrumentos protegidos mediante lonas: un reflector de seis pulgadas con montura altazimutal y un pequeño instrumento de tránsito. Por último, en la terraza oriental se situaba otro telescopio adicional [NOTA: Meyer, W. (1890): "The Urania Gesellschaft", p.146].

El teatro ocupaba un papel importante en el desempeño comunicador de la institución. Puesto que Meyer tenía experiencia presentando hallazgos científicos de forma sugestivo, pretendía impartir conocimientos y divulgar los resultados de la investigación en un entorno atractivo a través de un teatro científico mediante representaciones y proyecciones de diapositivas [NOTA: Wolfschmidt, G. (2013): "Urania in aller Welt - Ausbreitung und Wirkung des Urania-Idee", pp.104-105]. Aunque las conferencias eran principalmente sobre astronomía también se impartían charlas sobre otras áreas científicas relacionadas con el centro. Además, siendo la mayor parte de las ponencias de carácter popular y divulgativo, ocasionalmente se presentaban comunicaciones más técnicas y formativas para un público más especializado [NOTA: Meyer, W. (1890): "The Urania Gesellschaft", pp.147,150,151].

Aparte de la astronomía, las exposiciones científicas tuvieron una gran acogida, en especial debido a la novedosa forma en la que el usuario se relacionaría con lo exhibido. Mientras que en los museos convencionales el visitante se limitaba a observar, en Urania se invitaba al manejo de los instrumentos presentados, a la interacción y a la

participación de los experimentos mostrados, convirtiendo al visitante en parte activa y necesaria de la exposición [NOTA: Meyer, W. (1890): "The Urania Gesellschaft", p.148].

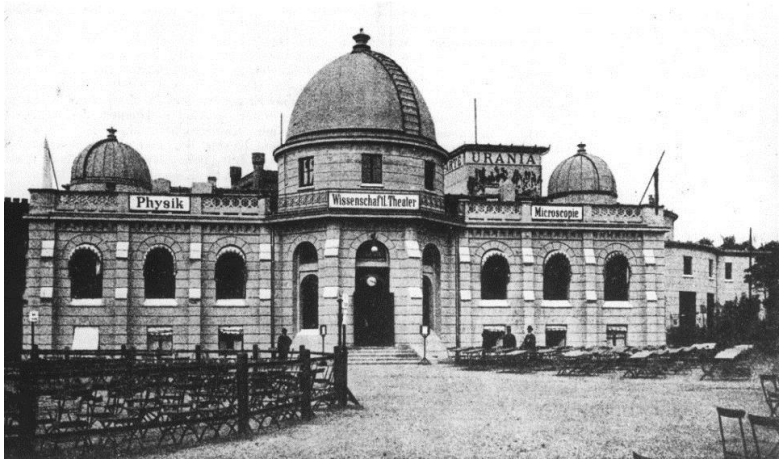


Figura 5.39 – Urania en 1889.

Su apertura en 1899 con noches abiertas de observación, conferencias y exposiciones supuso inició un auge para la divulgación científica ya que a final de ese año casi cien mil personas habían asistido a sus coloquios y muestras. El éxito de Urania en Berlín propició la aparición de otras delegaciones en Viena, Copenhague, Budapest o Zurich, entre otras. Además sirvió como referente para la fundación de observatorios públicos y otras instituciones similares por todo el mundo. E incluso, la forma de plantear y el funcionamiento de las exposiciones científicas se convirtió en la pauta a seguir para los posteriores museos científico-técnicos [NOTA: Wolfschmidt, G. (2013): "Urania in aller Welt - Ausbreitung und Wirkung des Urania-Idee", pp.105,112].

Algunos años después de su apertura, Urania trasladó su sede en Berlín a un nuevo edificio de la capital. La construcción original no se ha conservado hasta la actualidad ya que sufrió daño durante los años de guerra. Sin embargo, el teatro ha subsistido y actualmente se encuentra integrado como parte de un edificio de la policía [NOTA: Extraído de la página web oficial de la *Oficina Estatal de Monumentos de Berlín*: http://www.stadtentwicklung.berlin.de]. La institución como tal se ha mantenido activa y fiel a su vocación original ampliando su campo de acción a otras ramas de las ciencias y las humanidades.

Observatorio Yerkes (1897)

Cuando en 1892 la Universidad de Chicago abre sus puertas, ésta no contaba con ningún tipo de instalación para la investigación astronómica o astrofísica. [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. p. 211]. Entonces se elegiría a George Hale, un joven astrónomo que en ese momento trabajaba en su observatorio privado, como nuevo profesor en dicho campo. Aprovechando la disponibilidad de dos grandes discos de vidrio que podían ser rectificados para componer el mayor telescopio refractor de su tiempo, Hale y el presidente de la Universidad, William Harper, se lanzaron en pos de un mecenas que acometiese la inversión. Dicha búsqueda concluiría con Charles Yerkes, un importante hombre de negocios que asumiría el coste de la fabricación del telescopio para que quedase asociado a su nombre [NOTA: página oficial del *Observatorio Yerkes*: http://astro.uchicago.edu/yerkes].

Además de esto, Yerkes se comprometió por escrito a añadir a su "regalo un observatorio necesario para albergar el instrumento" [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. p. 211], lo que sería interpretado por el propio Hale como un acto de generosidad basado en el deseo de conseguir un observatorio insuperable [NOTA: Hale, G.H. (1892): "The Yerkes Observatory of the University of Chicago". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. 4 n. 26*. California. p. 250].

A la hora de buscar un lugar para construir el nuevo observatorio se acordó que debía quedar en un radio de cien millas de la Universidad, para que su importancia como departamento de la misma no se viese mermada. Bajo esta premisa, se nombró un comité para seleccionar un sitio disponible en base unos criterios definidos por Hale: afección por humo o luces eléctricas, presencia de aire caliente, las vibraciones de trenes o existencia de grandes cuerpos de agua [NOTA: página oficial del *Observatorio Yerkes*: http://astro.uchicago.edu/yerkes].

Tras un examen de las diferentes opciones disponibles, el Comité acordó la instalación en un terreno al norte del Lago Geneva, en Williams Bay, Wisconsin. Aun cumpliendo satisfactoriamente con todos los requisitos planteados, se subrayó la belleza del lugar como punto importante para su elección. Además, el sitio estaba en una posición elevada, la atmósfera era clara y no se preveían desarrollos próximos urbanos,

de fábricas, ferrocarrilles o tráfico [NOTA: Frost, E.B. (1897): "The Yerkes Observatory". *Science, New Series, vol. 6, n. 150*. p. 721] [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. p. 212].

Esta ubicación dejaría el telescopio a unos ochenta metros sobre el nivel del lago, que quedaría a unos seiscientos metros de distancia, y la elevación sobre el nivel del mar sería de cuatrocientos metros [NOTA: Frost, E.B. (1897): "The Yerkes Observatory". *Science, New Series, vol. 6, n. 150*. p. 721].

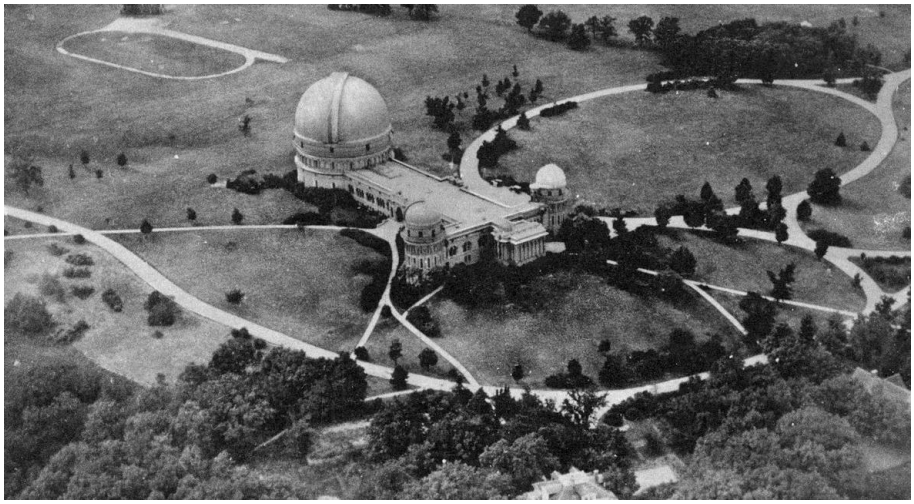


Figura 5.40 – Vista aérea del Observatorio Yerkes hacia 1900.

Pese a que, evidentemente, la principal finalidad del observatorio iba a ser acoger el gran refractor en las mejores condiciones posibles, se decidió que el proyecto sería mucho más ambicioso, incluyendo algunos telescopios más, de menor relevancia, y diferentes zonas de trabajo astronómico junto con varios laboratorios y otros espacios de investigación. El edificio no se centraría únicamente en la astronomía de posición, sino que también debía ser concebido para el estudio espectroscópico, así como para cubrir las futuras necesidades de otros departamentos de investigación que pudiesen surgir [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. p. 213].

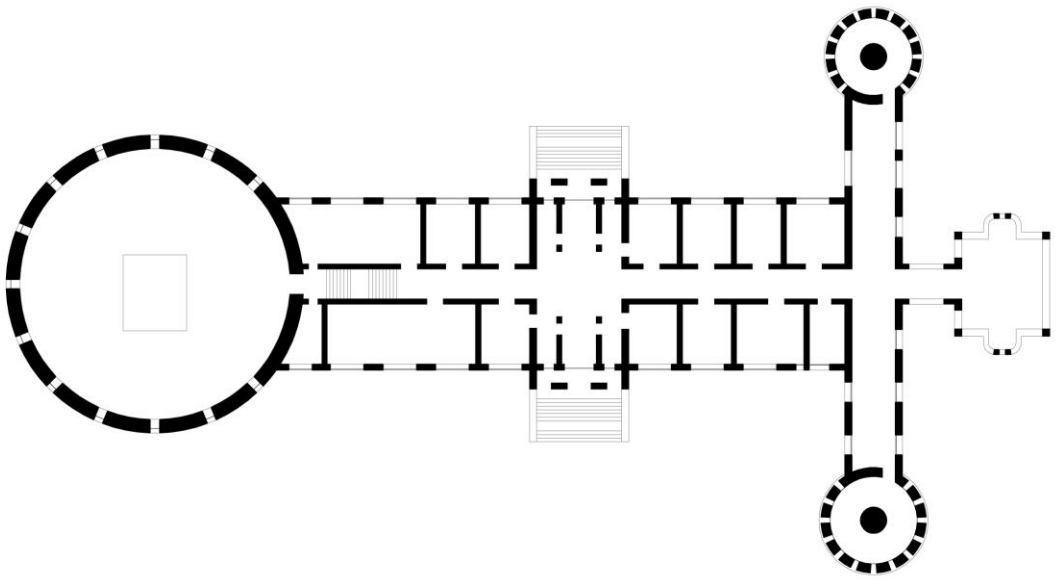
En el año de su fundación, Yerkes contrató a Henry Ives Cobb, el arquitecto que entonces trabajaba desarrollando otros edificios de la Universidad de Chicago, para que diseñase su observatorio en colaboración con Hale. La complejidad del encargo recaía en proyectar un edificio que se adaptase tanto al entorno como al programa de usos, con su particular ambición científica. Para ello, Hale visitó y analizó algunos de los

principales observatorios de posición y laboratorios espectroscópicos de Estados Unidos y Europa para extraer las bases de diseño y estrategias que la experiencia demostrase más acertadas. En función de lo estudiado, Hale presentó a Cobb la información recopilada y procesada para que el arquitecto elaborase los planos de un proyecto que respondería a las necesidades científicas sin dejar de lado los aspectos arquitectónicos [NOTA: página oficial del *Observatorio Yerkes*: http://astro.uchicago.edu/yerkes] [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. pp. 213-214].

La construcción del Observatorio se inició en 1895, prolongándose durante dos años hasta su inauguración en 1897 [NOTA: Struve, O (1947): "The Yerkes Observatory: Past, Present, and Future". *Science, New Series, Vol. 106, No. 2749*. p. 217].

El edificio tiene una planta eminentemente longitudinal que supera los cien metros de largo cuyo cuerpo principal es un paralelepípedo alineado de este a oeste con un ancho inferior a veinte metros. En el extremo oriental se adosa a una estrecha nave, dispuesta perpendicularmente al cuerpo principal, que está rematada a norte y sur por sendas torres circulares que se elevan sobre el conjunto con sus respectivas cúpulas (de ocho y nueve metros de diámetro). Además, en la cara oeste se sitúa una relativamente pequeña estructura de planta rectangular tan sólo conectada al resto de la construcción por un corredor. Al otro lado del edificio, el extremo occidental queda marcado por la presencia del elemento de mayor tamaño y más representativo del observatorio, el gran volumen cilíndrico que sustenta la cúpula (de veintiocho metros de diámetro) bajo la que se resguarda el refractor que da origen al proyecto.

La calidad constructiva y de acabados es elevada, acorde con las pretensiones de grandiosidad de su promotor. De este modo, los parámentos se resuelven mediante fábrica de ladrillos con un muy cuidado aparejo y disposición de las piezas. A eso se suma la presencia de elementos de terracota profusamente tallada. Así, la fachada cuenta con abundantes elementos decorativos y ornamentales: columnas, arcos de herradura, arcos planos, escudos, frisos, aleros, volutas o gárgolas. Todo ello sin obviar los abundantes y diferentes tipos de ventanas que se distribuyen por el edificio en función de los espacios a los que sirven. Sobre la piedra y el ladrillo, el metal, labrado y trabajado de las barandillas decorativas, y pulido y moldeado en las tres cúpulas.



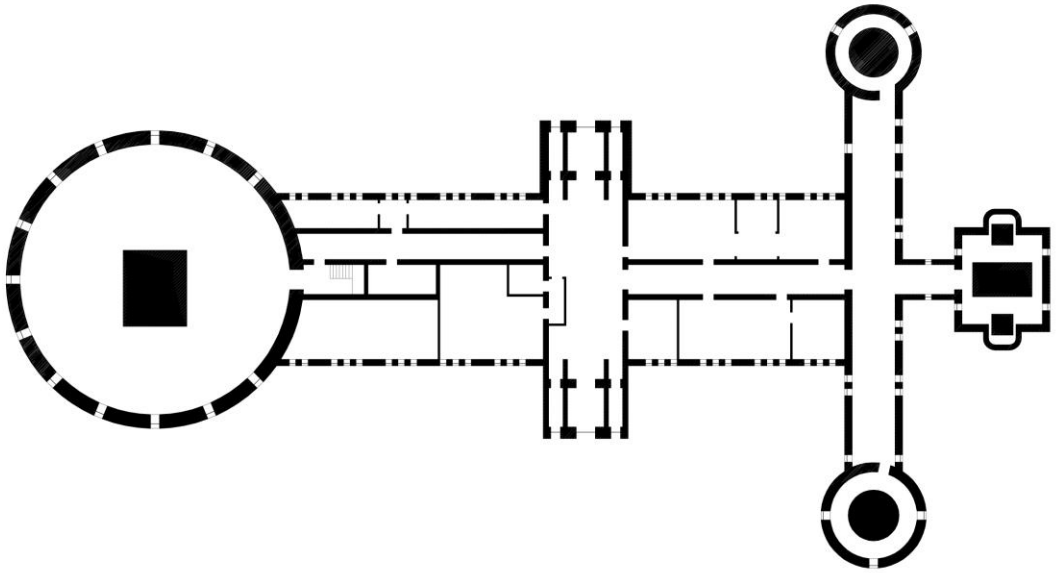


Figura 5.41 – Observatorio Yerkes. Planta baja.

Figura 5.42 – Observatorio Yerkes. Planta sótano.

El observatorio cuenta con dos entradas idénticas que ocupan respectivamente el centro de las fachadas sur y norte, en el cuerpo principal. Ambos accesos desembocan en una misma sala: el distribuidor principal, que es cruzado por un amplio corredor que atraviesa el edificio de este a oeste dando paso a los diferentes cuartos y espacios, y que conduce hasta las escaleras que resuelven la comunicación entre plantas.

En el nivel inferior, a modo de semisótano, se encontraban algunos laboratorios, incluido el de física, la zona de trabajo fotográfico (con cuartos oscuros y salas de ampliación y de emulsión). También abajo se disponían los diferentes talleres ópticos, de instrumentos y de patrones, con un área para pulir y probar lentes o espejos, otra para trabajar metal y hasta una forja. El espacio restante se destinaba como almacén. Por su parte, el nivel principal contaba con una sala de recepciones, una biblioteca, laboratorios espectroscópicos y químicos, varios cuartos de cálculo y computación, oficinas y despachos, incluyendo uno para el director.

Los alzados este y oeste del edificio quedaban destinados a la actividad astronómica. Así, en el lado oriental concentraban la sala meridiana, que contaba al principio con un instrumento de tránsito y donde se preveía la instalación de un gran círculo meridiano, y las dos torres, que albergarían inicialmente sendos reflectores, unidas entre sí por un corredor en cuyo ático se situaba la sala de heliostatos. En extremo occidental la vasta sala circular bajo la cúpula que daba cobijo tanto al gran refractor como al propio observador.

El telescopio Yerkes, por su propio diseño y características, necesitaba de unas instalaciones determinadas que facilitasen o incluso posibilitasen su utilización. En este sentido, aunque la imponente cúpula de madera y estaño, con su estructura de acero, pudiese girar a mano con un sistema de ruedas, contaba con un novedoso sistema de motor eléctrico que permitía su rotación mediante interruptores a mano tanto del observador como de un asistente. Algo similar sucedía con el montaje del telescópico para facilitar su movimiento con mayor fluidez y precisión. Asimismo, la sala incorporaba un suelo ascendente: una plataforma que podía elevarse gradualmente también mediante un sistema motorizado para adecuar la posición del observador a la necesidad del refractor [NOTA: Hale, G.H. (1892): "The Yerkes Observatory of the University of Chicago". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. 4 n. 26*. California. p. 251] [NOTA: Frost, E.B. (1897): "The Yerkes Observatory". *Science, New Series, vol. 6, n. 150*. p. 722].

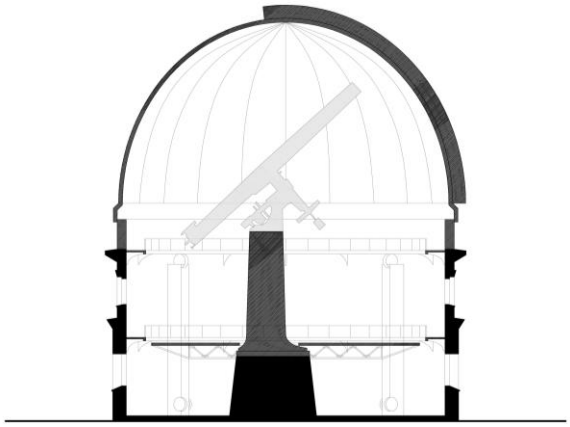


Figura 5.43 – Observatorio Yerkes. Sección de la cúpula principal.

Además de lo ya referido, el observatorio incorporó otra serie de especificaciones destinadas a proporcionar las mejores condiciones de trabajo imaginables en su tiempo. Así, como era habitual, los diferentes instrumentos astronómicos descansaban sobre sus respectivos pilares independientes de ladrillo y hormigón, contando el gran refractor con una columna de hierro fundido como soporte estable. Tanto las paredes como las ventanas dobles estaban concebidas para mantener una temperatura casi constante y hasta las salas que lo necesitaban incorporaban persianas enrollables para cortar la entrada de luz. Incluso, la abertura de la gran cúpula tenía unas cortinas ajustables para proteger el telescopio del viento [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. pp. 215, 217, 219].

En lo referente al desarrollo de su actividad investigadora, ya en su discurso inaugural se parafraseo a Hale refiriendo que se pretendía "obtener el máximo rendimiento posible del gran telescopio" remarcando el explícito deseo de su fundador de que "no se dedicase a fines populares", quedando en origen cerrado al público. Así, su plan de investigación quedaría dirigido hacia las "observaciones micrométricas de estrellas, satélites, cometas, nebulosas, etc, las investigaciones solares, tanto visuales como fotográficas, y a los estudios espectroscópicos sobre la composición química de las estrellas y su movimiento". Además, de servir a la "investigación de cualquier fase de un problema físico astronómico o relacionado". Es decir, se esperaba que Yerkes se convirtiese en una referencia tanto para la astronomía de posición como para la astrofísica [NOTA: Frost, E.B. (1897): "The Yerkes Observatory". *Science, New Series, vol. 6, n. 150*. p. 723] [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory".

Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59. California. p. 222].

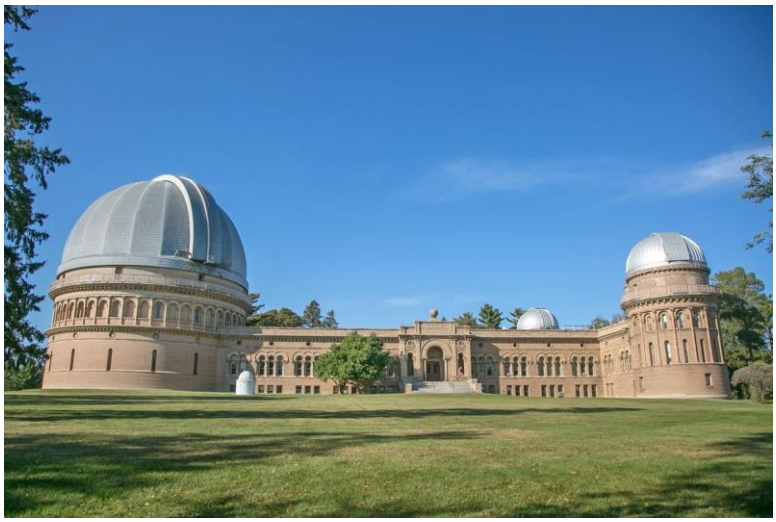


Figura 5.44 – Observatorio Yerkes.

Desde que comenzaron las observaciones, el refractor se mantuvo constantemente en funcionamiento, y aunque tanto Hale como varios de los miembros del personal abandonaron la institución hacia principios del nuevo siglo, el observatorio continuó con su actividad siguiendo la línea de trabajo marcada por su Director [NOTA: Struve, O (1947): "The Yerkes Observatory: Past, Present, and Future". *Science, New Series, Vol. 106, No. 2749*. p. 218]. Aun conservando su actividad, la institución comenzó a perder relevancia a medida que el Departamento de Astronomía y Astrofísica que albergaba comenzó a trasladarse a Hyde Park en 1960.

El Observatorio Yerkes todavía se mantiene en uso con un buen estado de conservación y forma parte de las instalaciones de la Universidad de Chicago, donde durante décadas se han desarrollado actividades de investigación y formación. Tras más de un siglo, su refractor sigue siendo el más grande del mundo. En los últimos tiempos la actividad científica ha ido decreciendo para dejar paso a actividades de divulgación o turísticas, incluyendo visitas, observaciones con sus telescopios y otros eventos colectivos [NOTA: página oficial del *Observatorio Yerkes*: http://astro.uchicago.edu/yerkes].

En 2005 la Universidad intentó vender el complejo con sus terrenos adyacentes para un desarrollo urbanístico pero la fuerte controversia y oposición social paralizaron la iniciativa. Aun así, su escasa aportación a las investigaciones recientes como la

intención de trasladar los programas de formación o divulgación a otras dependencias propició que a principios de 2018 se informase de que el observatorio cerraría sus puertas en octubre de ese año, sin planes de futuro previstos o información alguna al respecto [NOTA: "UChicago activities at Yerkes Observatory to end in 2018". *Uchigago news* en: https://news.uchicago.edu] [NOTA: Kent, K (2018): "University Of Chicago Prepares To Sell Yerkes Observatory In Williams Bay". *Wisconsin Public Radio* en: https://www.wpr.org].

Repasando su historia, se puede entender cómo Yerkes, más allá del anecdótico hito de su gran refractor, destaca por el cambio en la concepción del observatorio por la que el edificio evolucionó desde la sede del observatorio de los instrumentos astronómicos y la actividad astronómica las actividades derivadas del mismo, incluyendo hasta el alojamiento del personal, hasta un centro científico complejo en el que investigar los fenómenos físico-químicos derivados de sus observaciones.

Observatorio de Allegheny (1912)

El origen del Observatorio de Allegheny se remonta hasta mediados del siglo XIX, cuando el profesor Lewis Bradley adquirió un pequeño telescopio para uso particular y cuya utilización captó la atención de varios hombres influyentes y adinerados de la localidad. Este interés derivó en diversas reuniones, organizadas por el propio Bradley, que terminarían desembocando en la formación en 1859 de la Asociación del Telescopio de Allegheny, cuyo objetivo era adquirir un buen telescopio para la libre disposición de los miembros de la asociación e instalarlo en el aula del profesor [NOTA: Beardsley, W. (1981): "The Allegheny Observatory during the era of the Telescope Association. 1859-1867". *The Western Pennsylvania Historical Magazine. vol. 64, n. 3*. pp. 214-216] [NOTA: página oficial del *Departamento de Física y Astronomía* de la *Universidad de Pittsburgh*: https://www.physicsandastronomy.pitt.edu/allegheny-observatory]. De aquí se deduce que la finalidad de esta organización viraba más hacia la divulgación científica y la educación que a la investigación.

Pronto se llegó a la conclusión de que una azotea en la misma ciudad no era adecuado para el telescopio previsto, por lo que se seleccionó una nueva ubicación en una de las colinas que rodeaban la urbe, arrendando una parcela e iniciando la

construcción de un modesto edificio formado por dos pequeñas naves laterales y un bloque central con una cúpula para albergar el instrumento. Aun cuando la obra estuvo terminada, fue necesario esperar para la finalización del refractor encargado, que con su posterior instalación retrasó la inauguración hasta 1862 [NOTA: Beardsley, W. (1981): "The Allegheny Observatory during the era of the Telescope Association. 1859-1867". *The Western Pennsylvania Historical Magazine. vol. 64, n. 3*. pp. 218, 223, 227-228].

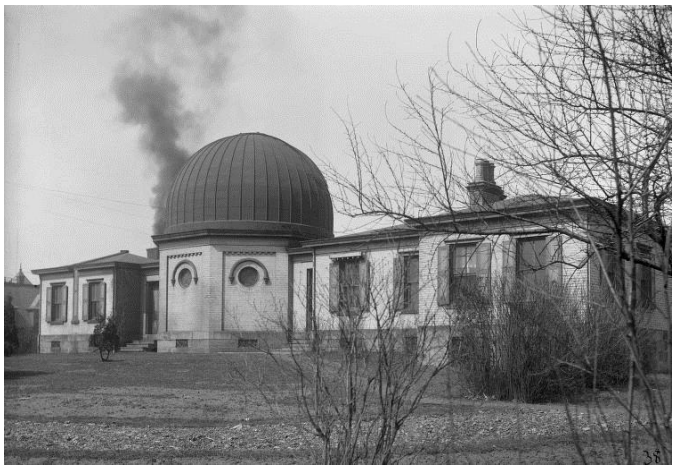


Figura 5.45 – Antiguo Observatorio de Allegheny (circa 1910).

Desde su puesta en funcionamiento, el uso del telescopio se centró en la observación de la Luna y los planetas como mero entretenimiento de los miembros de la asociación [NOTA: página oficial del *Observatorio de Allegheny*: https://www.pitt.edu/~aobsvtry/]. No obstante, el desuso y desinterés que acompañó a la asociación los años posteriores comenzaron a deteriorar la instalación, lo que terminaría, en 1867, con la decisión de donar el telescopio y su edificio a la Universidad Occidental de Pennsylvania (que posteriormente se convertiría en la Universidad de Pittsburgh). Esto conllevó el nombramiento de Samuel Langley como Director del centro, que adquiriría por fin una directriz investigadora profesional [NOTA: Beardsley, W. (1981): "The Allegheny Observatory during the era of the Telescope Association. 1859-1867". *The Western Pennsylvania Historical Magazine. vol. 64, n. 3*. p. 234] [NOTA: página oficial del *Departamento de Física y Astronomía* de la *Universidad de Pittsburgh*: https://www.physicsandastronomy.pitt.edu/allegheny-observatory].

La dirección de Langley se prolongó durante más de veinte años hasta que fue reemplazado por James Keeler, quien siendo consciente de las limitaciones del edificio original comenzó a trabajar en la propuesta de un nuevo y mejorado observatorio, iniciativa que abandonaría junto con su cargo, en 1898, al no apreciar visos de su

realización. Tras un período de un año de dirección interina de John Brashear, sería el profesor Wadsworth quien asumiría el cargo para recuperar la idea de Keeler de erguir un nuevo edificio y renunciar al antiguo. El trabajo de Wadsworth dejaría de lado la obtención de resultados científicos para desarrollar y preparar la institución para la investigación del nuevo siglo con un edificio pensado para instrumentos mayores y adaptado a las necesidades de una ciencia en evolución: el nuevo Observatorio de Allegheny [NOTA: Pickering, E. C. (1912): "The Allegheny Observatory in its relation to Astronomy". Science, New Series, vol. 36, n. 927. p. 418] [NOTA: página oficial del *Observatorio de Allegheny*: https://www.pitt.edu/~aobsvtry/].

El propio Brashear declaró que "el antiguo observatorio […] se volvió inadecuado para la investigación moderna […], la ciudad lo había invadido tanto que la atmósfera está habitualmente viciada por el humo de las casas, molinos, etcétera". En estas circunstancias, se seleccionó una ubicación más favorable para el nuevo edificio, un lugar en el centro de un nuevo parque, el *Riverview Park*, a unos ciento sesenta y cinco metros sobre el nivel del río Ohío y a unos trescientos sesenta sobre el mar, en una posición favorable respecto a las ciudades próximas de Pittsburg y Allegheny, y teniendo en consideración los vientos predominantes para favorecer una atmósfera despejada [NOTA: Anon. (1899): "The Allegheny Observatory". *Scientific American*. September. p. 147, citando palabras de John Brashear poco después de su período de dirección interina].

El proyecto fue encargado al arquitecto T. E. Billquit, quien se apoyó en los preceptos de Wadsworth, que pasó meses estudiando las necesidades del nuevo instrumental y el funcionamiento del futuro edificio, y que a su vez se fundamentó en el diseño anterior de Keeler. El diseño se basaba en una concepción de edificio que favoreciese la investigación acomodando su arquitectura a las necesidades de los instrumentos que iba a acoger: el refractor del antiguo observatorio, destinado al público, un nuevo refractor para la astrometría fotográfica y un reflector. La apertura del centro a visitantes se consideró como una premisa más del proyecto, incluyendo una sala de conferencias para ofrecer una actividad científica alternativa para las noches nubladas. Todo ello sin obviar su representatividad, ya que en base a su ubicación elevada sería visible desde todo el área circundante [NOTA: Butowsky, H. (1989): *Astronomy and Astrophysics. A national historic landmark theme study*. National Park

Service. Washington. pp. 262-263] [NOTA: Anon. (1899): "The Allegheny Observatory". *Scientific American*. September. p. 147].

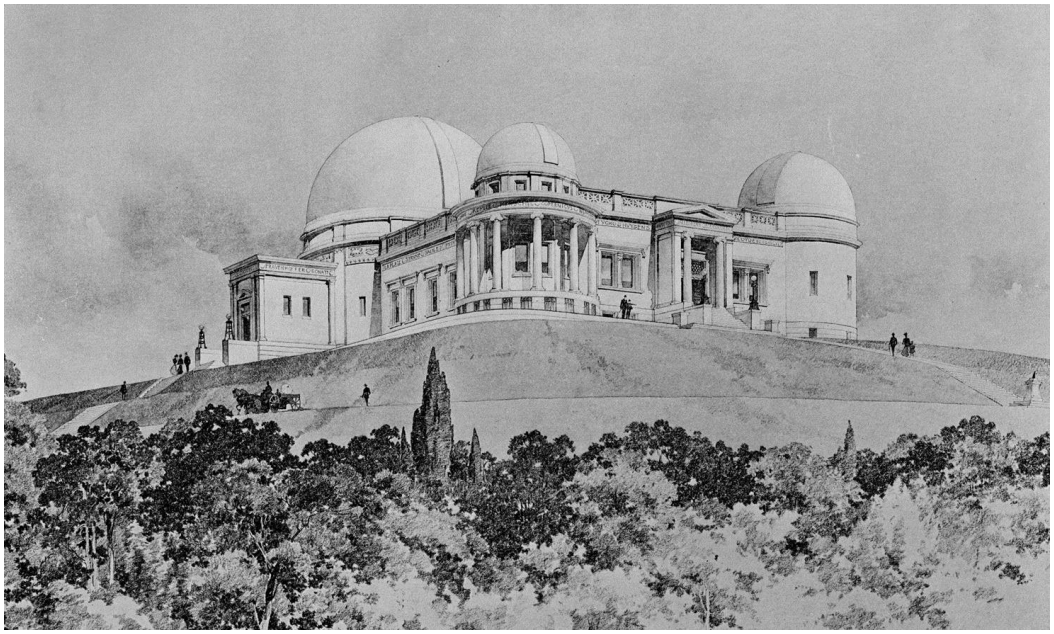


Figura 5.46 – Grabado del Observatorio de Allegheny.

La construcción del nuevo Observatorio de Allegheny se prolongó durante más de una década hasta que se inauguró en 1912, ya bajo la Dirección de Frank Schlesinger, en su ubicación definitiva, a unos seis kilómetros al norte del centro de Pittburgh. [NOTA: Anon. (1912): "The New Allegheny Observatory". *Science, New Series, vol. 36, n. 924*. p. 341] Por su parte, el antiguo edificio se abandonó a otros usos hasta que, con el paso de los años, terminó siendo desmantelado.

El observatorio se organiza como una estructura compleja de diferentes volúmenes añadidos que conforman un conjunto unitario. Su planta presenta una disposición de triángulo rectángulo en cuyos vértices se encuentran sus tres torres, quedando unidas entre éstas por un cuerpo central de planta poligonal alineado en su lado mayor de este a oeste. Dos pequeños volúmenes salientes destacan sobre sus lados este y sur dando lugar a los accesos del edificio, y entre estos aparece una terraza que enmarca y abraza el perímetro suroeste del conjunto. Al oeste, un volumen prismático quedaba conectado a la construcción por un estrecho corredor. Todo el conjunto presenta una altura semejante del que sólo sobresalen las tres cúpulas, de distinta escala, apoyadas sobre sus respectivas torres.

Los alzados presentan una estética neoclásica con simetrías y abundantes elementos de la tradición arquitectónica griega. Sobre un zócalo uniforme, la fachada queda salpicada de pilastras, volutas y frisos en torno a los huecos de ventana y bajo la cornisa, sobre la que una balaustrada corona los frentes. Aunque las entradas incorporan columnas jónicas arquitrabadas con su frontón y tímpano, además de las ya mencionadas cúpulas, el principal rasgo identificativo es la estructura a modo de *tholos* que circunda la torre sureste.

El cuidado puesto en el diseño de la envolvente y en la propia volumetría es fruto de su posición preponderante encima de la colina del parque que lo hacía visible desde los alrededores sobre una masa boscosa que con los años terminaría por ocultarlo a la vista.

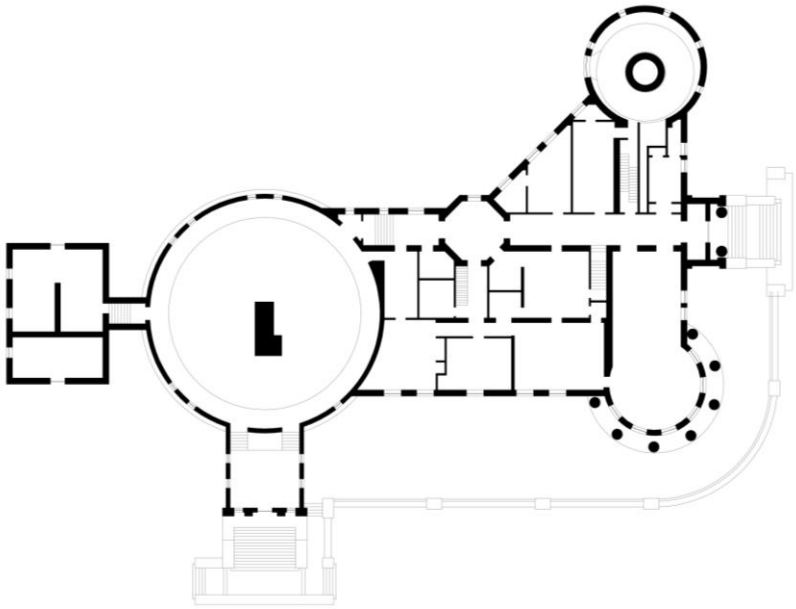


Figura 5.47 – Observatorio Allegheny. Planta.

De sus dos entradas anteriormente referidas, la meridional comunica directamente con la torre del telescopio principal. Por su parte, la puerta de entrada oriental da acceso a un vestíbulo a través del que se llega al distribuidor central, un salón alargado que cruza todo el edificio y por el que transcurren todos los recorridos. Este distribuidor se cruza perpendicularmente con un vestíbulo secundario formando la llamada sala octogonal. En las inmediaciones de la entrada este, se encuentran una pequeña sala de recepciones y una sala de lecturas o conferencias que termina en la torre del telescopio secundario, siendo estos espacios los comúnmente destinados al público. A partir de

este punto, la planta alberga varios despachos y oficinas para el Director, otros astrónomos o los asistentes, una biblioteca, y diferentes espacios de trabajo, salas de cálculo, de dibujo, de ampliación, del reloj o de los instrumentos. Además de esto y otros espacios de servicio, en el sótano del edificio se incluyó una cripta en la que descansarían los restos de algunos de sus más destacados científicos.

En cuanto a la función astronómica, mientras la torre sureste quedó destinada a un uso divulgativo, la verdadera investigación se concretó en la torre noreste y la oeste, así como la sala de tránsito. Esta última, en el extremo occidental, se orientaba de norte a sur con sus soportes estructuralmente aislados del resto de la construcción y con una ventana corrida de norte a sur como era preceptivo. La torre noreste contaba con el reflector, quedando el gran refractor para la torre principal. Las tres cúpulas cuentan tanto con un sistema de rotación como con una solución de apertura. Especial cuidado se prestó a los detalles de la torre principal, en la que, además de su gran soporte desde la cimentación hasta el anclaje del telescopio que está estructuralmente aislado del resto del edificio, había un sistema de suelo móvil que se elevaba para facilitar la observación. Incluso, para mejorar la estabilidad térmica, se diseñó una cámara de paso intermedia ventilada entre el largo distribuidor del cuerpo central, calefactado, y la torre principal, no calefactada, para evitar variaciones puntuales de temperatura.

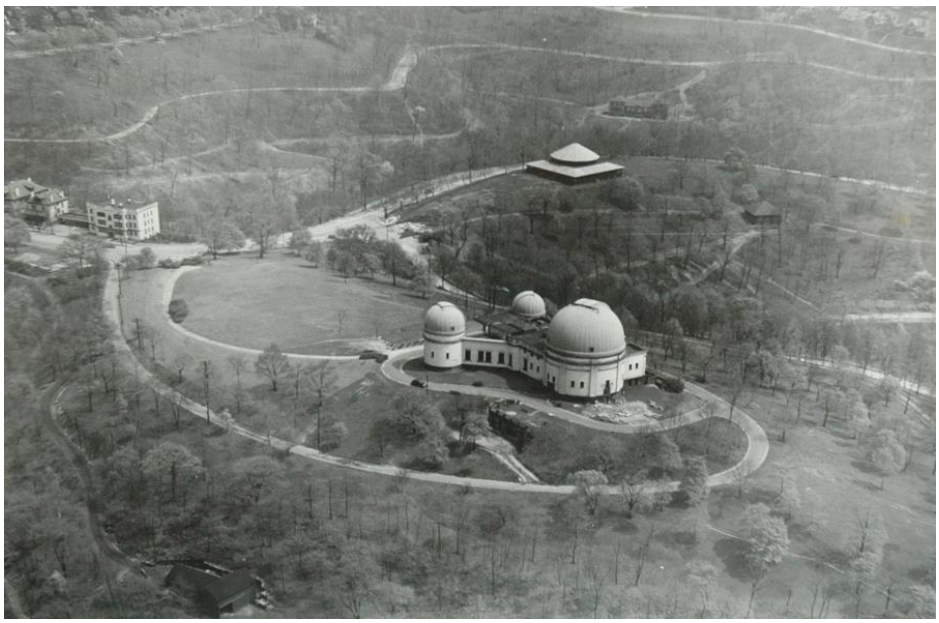


Figura 5.48 – Vista aérea del Observatorio de Allegheny hacia 1930.

Aunque desde que el antiguo observatorio pasó a formar parte de la Universidad, se había especializado en paralaje astrométrico, la construcción del nuevo edificio vino

acompañada de un cambio de prioridades, que desde entonces incluirían el trabajo solar además de la astrometría. Sería además el propio Schlesinger quien incorporaría la fotografía a la investigación. Durante todo el siglo XX, el Observatorio se ha mantenido como una de las principales instituciones de investigación astronómica del mundo [NOTA: Anon. (1899): "The Allegheny Observatory". *Scientific American*. September. p. 147, citando palabras de John Brashear poco después de su periodo de dirección interina] [NOTA: Anon. (1920): "The Allegheny Observatory". *Science, New Series, vol. 51, n. 1323*. p. 458] [NOTA: página oficial del *Observatorio de Allegheny*: https://www.pitt.edu/~aobsvtry/].

En la actualidad, el edificio se encuentra en buen estado, conservando sustancialmente su distribución original con la salvedad de la sala de tránsito, que fue demolida a los pocos años de su inauguración.

El Observatorio forma parte del Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Pittsburgh, y además de mantener su desempeño investigador, el centro se dedica también a la enseñanza e incluso ha mantenido su función de divulgación pública con observaciones, conferencias o visitas guiadas [NOTA: página oficial del *Departamento de Física y Astronomía* de la *Universidad de Pittsburgh*: https://www.physicsandastronomy.pitt.edu/allegheny-observatory].

Observatorio de Griffith (1935)

El alumbramiento del Observatorio Griffith no hubiese sido posible de ningún modo sin la firme voluntad de su promotor y benefactor, Griffith Jenkins Griffith: un poderoso empresario de origen británico que había tomado Los Ángeles como su ciudad de acogida. Pretendiendo dotar a esta urbe de incesante crecimiento de un gran parque como los de las capitales europeas, a finales del siglo XIX, Griffith cedió unos doce kilómetros cuadrados de terrenos de su propiedad, situados al sur del Monte Hollywood, a la ciudad para que se convirtiesen en uno de los parques públicos más grandes de Norteamérica. [NOTA: Meares, H. (2014): "The creation of LA's most recognizable and beloved building" en https://www.curbed.com/2014/12/17/10011006/the-creation-of-las-most-recognizable-and-beloved-building]. Sin embargo, sus donaciones no terminarían ahí. Sería durante una visita al Observatorio del Monte Wilson, en 1912,

cuando al contemplar el cielo mediante su potente reflector vivió una experiencia reveladora que él mismo verbalizó, según diversas fuentes, exclamando que "si toda la humanidad pudiese mirar a través de este telescopio, revolucionaría el mundo" [NOTA: Krupp, E. C. (2011): "Going public". *Proceedings of The Inspiration of Astronomical Phenomena VI. Venezia, Italy*. San Francisco. p. 463] [NOTA: Markkanen, T. "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum vol. 1, n. 2*. 2013. p. 48] [NOTA: Meares, H. (2014): "The creation of LA's most recognizable and beloved building" en https://www.curbed.com/2014/12/17/10011006/the-creation-of-las-most-recognizable-and-beloved-building].

Tras este suceso, Griffith ofreció fondos a la ciudad para construir un observatorio, que nunca llegaría a materializarse durante su vida. En su testamento, de 1919, dejó un importante legado a Los Ángeles para la construcción de un centro científico-educativo que incluyese salas de exposiciones, un telescopio abierto al público y un cine donde se expusieran películas de fondo científico. Especificó además el propósito, las características y localización; todo ello, con fondos suficientes para asegurar que su acceso y uso fuese gratis para siempre. Pretendía que la gente mirase por el ocular y pasase por la misma experiencia que él había vivido [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org] [NOTA: Krupp, E. C. (2011): "Going public". *Proceedings of The Inspiration of Astronomical Phenomena VI. Venezia, Italy*. San Francisco. p. 463].

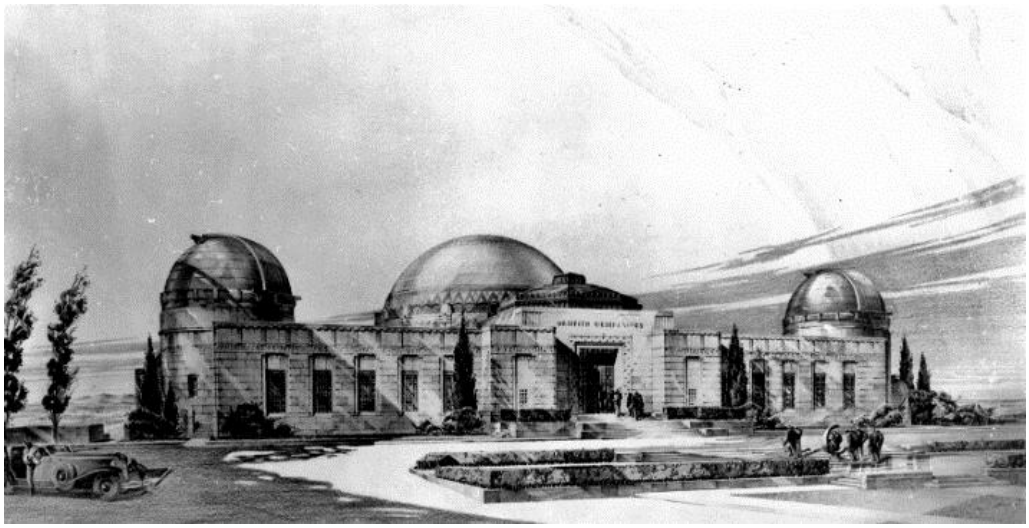


Figura 5.49 – Perspectiva del Observatorio Griffith (circa 1935). Dibujo de los arquitectos J. Austin y F. Ashley

Finalmente, sería a partir de 1930 cuando la Junta que gestionaba los fondos legados por el filántropo pusiese en marcha los diversos trámites que terminarían dando lugar al Observatorio Griffith tal y como era su voluntad [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org]. Como principal y única salvedad se reemplazó la prevista sala de cine por un planetario, que se había inventado con posterioridad a la muerte de Griffith y que probablemente se adecuaba más a su intención original.

Aunque no pueda decirse que este observatorio abierto, público y dedicado a la divulgación, comunicación y promoción de la ciencia en general y de la astronomía en particular sea pionero en su género ya que durante las primeras décadas del siglo XX se construyeron observatorios públicos en varias grandes ciudades de Centroeuropa [NOTA: Markkanen, T. "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum vol. 1, n. 2*. 2013. p. 48], su evolución y significancia hace que sí pueda distinguirse como uno de los más representativos e importantes de entre ellos.

La ubicación del edificio estuvo bastante clara desde su concepción original como culminación del parque homónimo. El complejo se situaría en la parte superior de la ladera sur del Monte Hollywood. A casi trescientos cincuenta metros sobre el nivel del mar, el Observatorio Griffith se eleva como un referente sobre el horizonte de Los Ángeles, siendo visible desde gran parte de la ciudad y sus alrededores [NOTA: Krupp, E. C. (2011): "Going public". *Proceedings of The Inspiration of Astronomical Phenomena VI. Venezia, Italy*. San Francisco. p. 463] [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org].

Esta situación, además de su idoneidad por la calidad de las vistas sin obstáculos del firmamento, enmarca el observatorio desde el centro de la ciudad como el vértice entre el parque y el cielo, una posición que subraya la importancia de la institución y la convierte en un foco de atención. Su integración con el entorno se traduce en su inserción en el accidentado terreno en el que, además, un camino transcurre desde la base del parque hasta la cima, por el que los visitantes que acceden a pie ascienden como una peregrinación hacia la ciencia [NOTA: Schleier, M. (2011): "The Griffith Observatory in Ray's Rebel Without a Cause (1955): mystical temple and scientific

monument". *The Journal of Architecture, 16:3*. p. 373] [NOTA: Socha, M. (1935): "Address at the formal opening of the Griffith Observatory and Planetarium". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. p. 158].



Figura 5.50 – Observatorio Griffith visto desde la ciudad.

El diseño del Observatorio Griffith sería el resultado de una colaboración entre los diferentes agentes que participaron desde su concepción inicial en cuanto a apertura pública y usos previstos por parte del propio Griffith hasta que el proyecto estuvo listo para su ejecución. Entre medias, las primeras directrices serían de George Hale, que ya contaba con experiencia en varios importantes observatorios. A éste se sumaron los planos preliminares del físico Edward Kurth junto con el ingeniero y astrónomo aficionado Russell Porter. Sin embargo el proyecto terminaría siendo realizado por los arquitectos John Austin y Frederick Ashley, que contaron con el asesoramiento tanto de Kurth como de Porter [NOTA: Bigg, C., Vanhoutte, K. (2017): "Spectacular astronomy". *Early Popular Visual Culture, 15:2*, p. 118] [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org].

El observatorio se concibió como un gran templo sin un estilo homogéneo claro pero lleno de referencias clásicas como fastuosas escaleras o columnas que constituían un conjunto abovedado con cúpulas de cobre que debían transmitir la grandeza de los nuevos monumentos consagrados a la ciencia [NOTA: Schleier, M. (2011): "The Griffith Observatory in Ray's Rebel Without a Cause (1955): mystical temple and scientific monument". *The Journal of Architecture, 16:3*. p. 370] [NOTA: Meares, H. (2014): "The creation of LA's most recognizable and beloved building" en

https://www.curbed.com/2014/12/17/10011006/the-creation-of-las-most-recognizable-and-beloved-building].

El edificio no estaba destinado a la investigación astronómica profesional, de hecho nunca tuvo dicha intención sino que estaba concebido para humanizar la astronomía y hacerla accesible al público común. Y pese a que cada parte o elemento del complejo estaba ideado para la astronomía pública, su diseño estaba basado en los observatorios profesionales de su tiempo, adaptando las características de un centro de investigación a las de un templo abierto dedicado a la astronomía [NOTA: Markkanen, T. "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum vol. 1, n. 2*. 2013. p. 50] [NOTA: Krupp, E. C. (2011): "Going public". *Proceedings of The Inspiration of Astronomical Phenomena VI. Venezia, Italy*. San Francisco. p. 463].

La principal cualidad de este edificio tiene su origen en la coherencia existente entre la función y necesidades a las que responde y su materialización. En palabras de Brenda Levin [NOTA: arquitecta especialista en restauración que asumió la reforma del Observatorio en 2002]: "La elegancia del diseño proviene en parte del hecho de que la arquitectura refleja el propósito del edificio. No es necesario entrar al edificio para saber que es un Observatorio que alberga un planetario" [NOTA: Meares, H. (2014): "The creation of LA's most recognizable and beloved building" en https://www.curbed.com/2014/12/17/10011006/the-creation-of-las-most-recognizable-and-beloved-building].

Las obras se iniciaron en 1933, justo después de un gran terremoto, lo que llevaría a los arquitectos a modificar el diseño para reforzar la estructura del edificio. Además, la crisis económica del momento permitió la elección de los mejores materiales tanto constructivos como de acabados. Dos años después de su comienzo, el Observatorio estaba terminado y fue entregado en propiedad a la ciudad de Los Ángeles [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org].

Aunque la planta del edificio pueda rememorar ciertas construcciones de carácter religioso, la imagen del conjunto dista bastante de una catedral o una basílica. La composición del observatorio se organiza en base a una estructura con planta en forma de "T" alineada con las direcciones cardinales y en la que cada uno de sus extremos se

encuentran rematado por una cúpula, siendo el vértice sur donde está la de mayor tamaño.

Toda la envolvente quedó resuelta mediante hormigón pintado de blanco en el que los diferentes huecos, que cambian de tamaño dependiendo de la fachada y que ocasionalmente incorporan rejas, se abren en una fachada marcada por la presencia de diferentes relieves, texturas y molduras de inspiración griega o, simplemente, geométricas. Por encima de la fachada, se asoman otros cuatro volúmenes de cobre que resaltan frente al blanco. En la cara norte, en el centro se asoma una cúpula rebajada octogonal mientras que sobre los extremos este y oeste se encuentran las cúpulas semiesféricas simétricas. Al sur del conjunto, la gran cúpula hemisférica de veintitrés metros de diámetro. Esta última, se apoya sobre un muro con arcos a modo de arbotantes que acompaña la pendiente del terreno insertándose en el mismo, dando lugar a un alzado de mayor altura que el resto del conjunto y que, al estar orientado hacia la ciudad, se convirtió en la imagen reconocible del Observatorio.

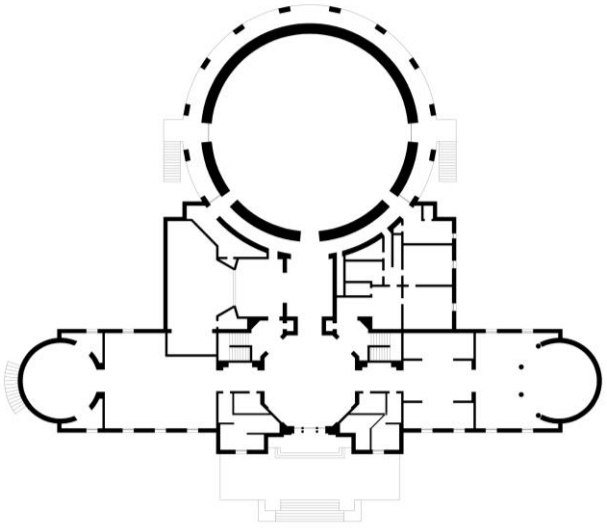


Figura 5.51 – Observatorio Griffith. Planta.

El principal acceso al edificio se producía por su fachada norte, donde también quedaban las escaleras exteriores que adosadas a esta cara en sus lados oriental y occidental conducían hacia las terrazas y los telescopios bajo las cúpulas. Una vez dentro, se alcanza el distribuidor principal en el que se encontraba el péndulo de Foucault, y desde donde a izquierda y derecha se accedía a diferentes zonas de exposiciones, pudiendo continuar de frente hasta el gran planetario. El resto de la planta queda ocupada por la biblioteca, despachos, archivos y otros cuartos de servicio como

aseos o almacenes. Más allá de los murales pintados, los acabados del interior son de materiales nobles, como mármol, madera ornamentada y bronce.

Ya antes de su inauguración en 1935 se esperaba que el Observatorio Griffith más que una institución altamente técnica o científica fuese un punto de encuentro para educar a la población con exposiciones o conferencias y para inspirar, divulgar y popularizar la astronomía a través de la observación por sus telescopios o las sesiones del planetario. Así, Dinsmore Alter, su primer director, remarcó el papel que el observatorio podría jugar para corregir algunas ideas extendidas equivocadas sobre el mundo natural [NOTA: Leonard, F. (1934): "Popularizing Astronomy". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific, Vol. 46, No. 272,* pp.191-192] [NOTA: Socha, M. (1935): "Address at the formal opening of the Griffith Observatory and Planetarium". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. p. 157] [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org].

El observatorio pertenecía a la ciudad, a sus usuarios, y los prominentes científicos que se encargaron de gobernarlo se convirtieron en pioneros de la ciencia pública. Desde su apertura se convirtió en uno de los puntos más visitados de la población, alcanzando una repercusión que lo llevaría a aparecer en programas de televisión y decenas de películas con cierto protagonismo. Toda esta fama terminó haciendo que el Griffith trascendiese más allá del centro de divulgación astronómica hasta un icono de Los Ángeles [NOTA: Bigg, C., Vanhoutte, K. (2017): "Spectacular astronomy". *Early Popular Visual Culture, 15:2*, p. 119] [NOTA: Krupp, E. C. (2011): "Going public". *Proceedings of The Inspiration of Astronomical Phenomena VI. Venezia, Italy*. San Francisco. p. 463].

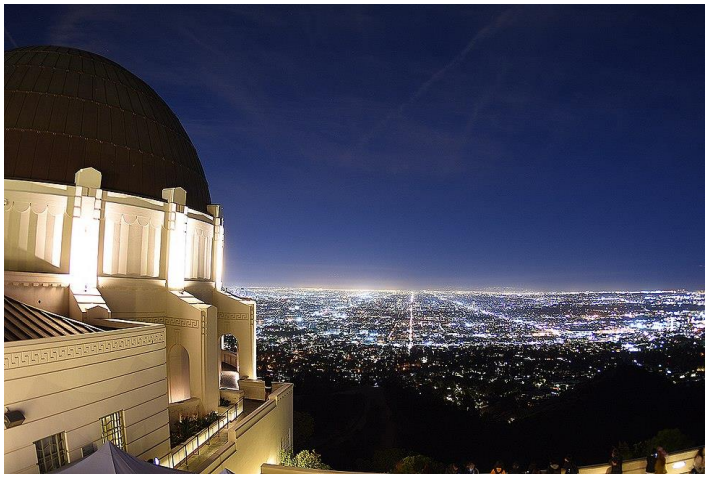


Figura 5.52 – Observatorio Griffith con la ciudad al fondo. Vista hacia el sur.

La popularidad de la institución ha ido en constante aumento desde su inauguración convirtiéndose en el observatorio público más visitado del mundo [NOTA: página oficial del *Observatorio Griffith*: http://www.griffithobservatory.org]. La gran afluencia de usuarios propició un cese de su actividad en 2002 para acometer una ambiciosa reforma que aumentase significativamente la superficie de visita (espacios de exposiciones, sala de conferencias…) y mejorase los servicios y el funcionamiento del edificio (accesibilidad, seguridad…) sin socavar el diseño original. Su reapertura tuvo lugar cuatro años más tarde y desde entonces el observatorio sigue abierto al público sin coste alguno tal y como fue la voluntad en su origen.

Una arquitectura para reafirmar la astronomía

Durante el período que abarca desde finales del siglo XVIII hasta principios del XX comienzan a aparecer observatorios por todo el mundo y serán varios los motivos que propicien este fenómeno. Mientras que por un lado continúan surgiendo grandes observatorios nacionales en algunos de los estados que aún no cuentan con uno (como en Rusia o Portugal), por otro, la astronomía comenzaría a trascender desde la mera curiosidad hasta un verdadero interés para una parte de la población acaudalada que, en un contexto expansionista y de colonización se traduciría en la fundación de observatorios particulares o semiprivados en nuevos asentamientos de los puntos más remotos (como en India o Australia).

Además de esto, más allá del afán de conocimientos derivados de un contexto ilustrado, los observatorios comienzan a adquirir un carácter pragmático cuando su papel en tareas de cartografía, de navegación o del establecimiento preciso del tiempo resulta fundamental a la vez que económicamente rentable.

Si bien hasta este momento el instrumento que había caracterizado a la astronomía previa este período, y por lo tanto a los observatorios, era el cuadrante meridiano [NOTA: Lafuente y Sellés, *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. p. 170], lo cierto es que durante estos años el telescopio iba a adquirir un papel cada vez más trascendente para esta ciencia, lo que se debía reflejar necesariamente en un significativo cambio en el diseño de observatorios. Este aspecto se vería además acentuado por una insistente aspiración a conseguir mejores definiciones, lo que, al igual que sucedió con Hooke,

Huygens o Hevel cuando se comenzó a usar este instrumento para fines astronómicos [NOTA: véase el apartado "El telescopio como variable", p.96], implicaría un aumento de tamaño del telescopio y, por lo tanto, de todos los servicios principales o secundarios de los que dependía. Es decir, aunque se siguiesen construyendo algunos centros de investigación contenidos en sus dimensiones, la escala de los principales observatorios iba a ir incrementándose exponencialmente a la par que sucedía en la carrera por conseguir el refractor más grande de su tiempo.

Además de su crecimiento, la otra gran herencia edificatoria que quedará de los observatorios de este período será la presencia de una o varias cúpulas giratorias con aberturas. Esta solución de cubierta móvil, pese a tener su origen en el siglo XVIII, se generaliza en el XIX ya que resuelve la protección atmosférica tanto del telescopio como de los astrónomos o técnicos, permitiendo a su vez la observación de todo el cielo. La cúpula móvil aparece tanto con geometrías cilíndricas (Tartu, Hamburgo, Helsinki…) como semiesféricas (Göttingen, Cabo de Buena Esperanza, Harvard…), siendo esta última la de mayor arraigo y la que terminaría por calar en el ideario colectivo representando, todavía en el siglo XXI, la imagen popular asociada a los observatorios astronómicos.

Fuera de estos progresos, la apariencia exterior y, generalmente, también la interior de los observatorios occidentales no refleja cambios significativos con las de sus predecesores. Más allá de las variaciones en la configuración de las plantas, o la volumetría, que lógicamente se adaptaban a las necesidades técnicas de los instrumentos y de las condiciones favorables de observación, la definición arquitectónica respondía a un estilo clásico, imitando en ocasiones partes o elementos propios de los edificios de la antigua Grecia con referencias mitológicas, frontones, columnas de diversas órdenes y otros ornamentos similares [NOTA: Morton-Gledhill, R. I. (1988), "The architecture in astronomy in the British isles: a general study". p. 245].

Otro de los aspectos que evolucionan durante esta fase de difusión será la modificación y ampliación del programa de usos o la incorporación de funciones secundarias a los observatorios.

La supresión más relevante que aconteció a lo largo de estos años fue la residencia del director. Esta vivienda que por norma contaba con todo tipo de comodidades y en la que el observador principal solía vivir con su familia, e incluso quedaba acompañada de

otros cuartos para estancias temporales y habitaciones para el servicio, normalmente quedaba integrada o anexa al propio edificio hasta que comenzó a perder peso en el proyecto, lo que derivó en una construcción independiente en las inmediaciones y, finalmente acarrearía su desaparición o absoluta desligadura.

Esa pérdida de la zona residencial implicaba una liberación de espacio que sería reemplazada por otras funciones principales derivadas de la actividad básica del observatorio como laboratorios, salas de cálculo, cuartos de ampliación, etcétera; y por otros usos secundarios que dotasen de servicio al edificio como despachos, salas de espera o bibliotecas. Sin embargo, más allá de lo ya expuesto, la apertura de estos centros de investigación a estudiantes, personas interesadas en la materia y hasta al gran público conllevaría la inclusión ocasional de otros desempeños que irían desde salas de conferencias o aulas, hasta salas de exposiciones o cafeterías.

Precisamente, este vínculo de la astronomía con la educación, que se puede remontar hasta la Antigua Grecia o quizá más allá, que se mantiene durante el período de los primeros observatorios islámicos y que se asociaría hasta con la instrucción naval, convergería con la Universidad a principios del siglo XVII en Leiden y se prolongaría con algunos casos durante la siguiente centuria, hasta terminar por afianzarse durante el XIX, cuando algunas facultades o departamentos universitarios fundaran sus propios centros astronómicos o se asociaran con alguno ya existente estableciendo una relación que consolidaría el modelo de observatorio astronómico destinado a la formación o docencia.

Igualmente, otro de los cambios más representativos de la sustancial evolución del observatorio decimonónico se refiere al origen de estas instituciones, en concreto al germen de estos centros científicos. Si hasta este momento serán los monarcas o los gobiernos quienes financien y soporten estos proyectos en base a motivaciones estratégicas o de prestigio, en el siglo XIX aparecerán organizaciones o promotores privados que construirán sus propios observatorios tanto para su uso particular como para su cesión pública o su donación a alguna entidad.

La popularización de los observatorios será por lo tanto una consecuencia lógica y directa de su apertura social. Cuando estos centros de investigación tradicionalmente restringidos a una élite científica comienzan a hacerse permeables (al menos parcialmente) a un público no especializado a través de clases, conferencias o

seminarios y la prensa se hace eco de sus hitos, comienza a despertarse un interés por esta ciencia que se traducirá en la fundación de observatorios particulares, en la aparición de otros públicos e incluso en su función como reclamo turístico. Esta tendencia perdurará hasta alcanzar la significación de un observatorio como elemento reconocible de una región o población, o incluso como icono popular y cinematográfico.

Además de lo ya referido, otra circunstancia común a los observatorios de este período es la constante búsqueda de unas condiciones favorables para la mirar al cielo con instrumentos cada vez más precisos y, por lo tanto, más susceptibles de ser afectados negativamente por el movimiento, los cambios climáticos, la humedad o la polución y la iluminación proveniente de las poblaciones. Sin embargo, esta pretensión se veía redundantemente contravenida por circunstancias no previstas originalmente, como las vibraciones de los trenes, el humo de las fábricas o la luz de las ciudades que crecían invadiendo los límites de unos observatorios que debían protegerse o alejarse cada vez más de todos estos eventos perjudiciales.

Con todo, antes de alcanzar el siglo XX, la expansión colonial y la popularización de esta ciencia, habían llevado a los observatorios astronómicos a difundirse por lo largo y ancho del mundo, alcanzando los cinco continentes.

Durante este período surgieron observatorios con gran variedad de configuraciones espaciales, con diversos conceptos funcionales y con diferentes grados de apertura, lo que dio lugar a proyectos muy heterogéneos. Aun reconociendo algunos déficits y errores de concepción propios de la inexperiencia, se evidencia que manteniendo unos criterios fundamentales (ubicación propicia, estabilidad estructural y térmica, atención a los usuarios…) hay infinidad de soluciones a través de las que la arquitectura puede generar las condiciones precisas para la investigación y observación astronómicas.

En este punto, aunque la arquitectura debía adecuarse a los requisitos astronómicos exigidos y a las condiciones de los grandes telescopios, la definición proyectual del edificio iba de la mano de los instrumentos previstos para el mismo, que en muchas ocasiones se encargaban de manera simultánea. De este modo, el observatorio se podía diseñar para respaldar, ensalzar y favorecer la astronomía.

Capítulo 6. Desarrollo del observatorio contemporáneo

El desarrollo de los observatorios hasta el siglo XIX alcanza una serie de características o soluciones constructivas que se establecen como rasgos sustanciales de la definición arquitectónica del observatorio astronómico. En este sentido se consolidan aspectos como la búsqueda de la mayor estabilidad estructural posible, la independencia de los soportes de los instrumentos ópticos respecto del resto de la estructura del conjunto, la disgregación de usos principales y secundarios, la atención a la estabilidad térmica, la especialización de la fachada y sus huecos en función del uso contenido, o la instalación de la cúpula móvil como solución de cubierta-envolvente mediante la que poder visibilizar todo el cielo.

Más allá de sus particularidades edificatorias, los cambios sustanciales en los observatorios hasta llegar a este momento abarcan desde su germen hasta su finalidad. De este modo, se pasaría desde el noble o monarca como promotor hasta las instituciones o los benefactores públicos. Asimismo, se avanzaría desde el interés netamente científico hasta su aplicación práctica o la incorporación de funciones propagandísticas o divulgativas.

Históricamente, el crecimiento de los observatorios ha ido vinculado al incremento en número de sus instrumentos y al aumento de tamaño de estos conforme los avances técnicos lo hacían posible. En el caso de los centros reales o estatales, Newcomb afirmaba que "Siempre que un monarca ha deseado asociar su nombre con la ciencia, ha diseñado un observatorio proporcional a la magnitud de su ambición, llenándolo con instrumentos de la escala correspondiente" [NOTA: Newcomb, S. (1881): "Astronomical Observatories". *Science. Vol.2 N.59.* pp. 378]. Esta aserción puede extrapolarse a los observatorios contemporáneos, independientemente del benefactor o impulsor de su fundación, matizando que el diseño y la escala del edificio serán proporcionales a la ambición científica y del proyecto investigador que subyazca detrás.

Por otro lado, a partir del siglo XIX, el desarrollo de las ciudades empieza a propiciar problemas ya en algunos observatorios decimonónicos, que no sólo se comienzan a retirar de las grandes capitales hacia poblaciones menores sino que empiezan a ver como algo favorable su situación en entornos alejados de lo urbano. Esta tendencia perdurará y se intensificará en las décadas posteriores subrayando una

distancia física con el ciudadano de a pie que desembocará en una disociación intelectual. Esos centros astronómicos con espacios como salas de conferencias, aulas o exposiciones, abiertos a visitantes, aficionados y expertos, o incluso los observatorios públicos, irán perdiendo protagonismo a favor de complejos científicos altamente especializados en los que, cada vez más, casi únicamente la función astronómica tenga cabida.

Tanto la necesidad de alejarse de los núcleos urbanos como las nuevas exigencias arquitectónicas y estructurales que requerían los nuevos instrumentos astronómicos representan causas de obsolescencia de los observatorios. De forma que muchos observatorios, en especial los más modestos, que surgieron durante el período anterior terminaron por abandonar la investigación para reconvertirse con otro tipo de uso aprovechando la propia construcción o, directamente, se cerraron [NOTA: Eelsalu, H. "The rise and fall of small astronomical observatories: a case study Dorpat/Tartu Observatory". *Journal of Astronomical History and Heritage, Vol. 2, No. 2*, p. 111].

Dejando atrás las heterogéneas configuraciones espaciales propias del observatorio moderno, la tendencia del contemporáneo apunta hacia una construcción de un cuerpo base sobre el que se irgue el instrumento principal con una solución de cubrición móvil y practicable, generalmente una cúpula. Además, la búsqueda de la mayor precisión posible de los instrumentos propiciará optimizar las observaciones, conllevando el establecimiento de estos centros en zonas, en la medida de lo posible, no afectadas por la contaminación antrópica y con las condiciones atmosféricas más favorables a su disposición.

Cada vez más grande, más especializado y más tecnificado, pero a su vez más alejado de la ciudad y más desconocido para la población, el gran observatorio contemporáneo se ha consolidado durante el siglo XX y hasta el presente como una hermética institución científica que irrumpe aislada y remotamente en la cima de alguna montaña o elevación.

Observatorio Lick (1881/1888)

Esta institución tiene su origen en el deseo y la voluntad de James Lick, un acaudalado hombre de negocios y filántropo de San Francisco, que, según confesó a

George Davidson, profesor de astronomía y presidente de la Academia de Ciencias de California, aspiraba a construir un telescopio más grande y más potente que cualquier otro existente. Sin embargo, sus intenciones no estaban acompañadas de un juicio certero, pretendiendo instalar el observatorio en la propia ciudad. De este modo, Davidson lo inició en la materia, dirigiendo las aspiraciones de Lick y moldeando su criterio en función de los conocimientos y la experiencia del astrónomo. Así, se concluyó su propósito de erguir un observatorio con un gran refractor en la Sierra Nevada californiana [NOTA: Neubauer, F. J. (1950): "A short history of the Lick Observatory" *Popular Astronomy,* vol. 58, n.5, pp.205-206].

Poco antes de fallecer, Lick designó la cesión de su fortuna a un fideicomiso para cumplir sus legados *post mortem,* siendo uno de ellos la construcción de un observatorio ubicado en el Estado de California con un telescopio "superior y más potente" [NOTA: en palabras del mismo James Lick] que cualquier otro. En todo caso, en las voluntades del filántropo no se especificaban los detalles del observatorio, quedando esta responsabilidad y libertad de elección a cargo de la junta de fideicomisarios [NOTA: Misch, A., Stone, R (1998): "Building the Observatory" de la página web oficial de las *Colecciones históricas del Observatorio Lick*: http://collections.ucolick.org/archives_on_line/].

El propio Lick había seleccionado como presidente de la Junta al Capitán Richard Floyd, quien asumiría la principal responsabilidad a la hora de planificar y supervisar los avances del observatorio apoyándose en Thomas Fraser, un ingeniero de construcción autodidacta que actuaría como superintendente de la obra. Sin embargo, puesto que ninguno de los partícipes de aquel proyecto tenía conocimientos en la materia, fue necesario buscar un asesoramiento externo que terminó recayendo en el astrónomo Simon Newcomb [NOTA: Neubauer, F. J. (1950): "A short history of the Lick Observatory" *Popular Astronomy,* vol. 58, n.5, pp.208,221-222].

Mientras Newcomb y, posteriormente, Floyd viajaron a Europa para visitar observatorios, consultar con destacados astrónomos y constructores de instrumentos, e incluso comprar libros para la futura biblioteca del complejo, la Junta del fideicomiso empezó a trabajar en la selección de la mejor ubicación posible para el observatorio [NOTA: Misch, A., Stone, R (1998): "Building the Observatory" de la página web oficial de las *Colecciones históricas del Observatorio Lick*:

http://collections.ucolick.org/archives_on_line/], una decisión que resultaría crucial para la trascendencia del observatorio. Mientras que en la actualidad se asume que los centros astronómicos se sitúan en montañas aisladas, esto no era lo frecuente en ese momento.

En este sentido, James Lick pretendió inicialmente que se instalase en San Francisco, al desconocer los inconvenientes que una ciudad acarreaba para la observación: principalmente contaminación lumínica, contaminación por humo y vibraciones. Por ello, gracias al asesoramiento científico, la búsqueda de la Junta se enfocó hacia las cumbres de las montañas más altas del Estado. Finalmente, la localización elegida sería la cima Monte Hamilton, apuntada por Fraser y que llegaría a contar con la aprobación personal de Lick antes de su muerte [NOTA: Página web oficial del *National Park Service* de los EE. UU.: https://www.nps.gov/index.htm].



Figura 6.1 – Fotografía en blanco y negro coloreada del Observatorio Lick (1902).

De este modo, el Observatorio Lick se iba a convertir en el primer observatorio de montaña en el mundo ocupado de manera continua, convirtiéndose en un ejemplo a imitar por casi todos los que se inauguraron después [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de]. En palabras del propio Capitan Floyd: "La posibilidad de que un establecimiento astronómico completo pudiera ser plantado algún día en la cumbre parecía más un cuento de hadas que un hecho serio" [NOTA: Misch, A., Stone, R (1998): "Building the

Observatory" de la página web oficial de las *Colecciones históricas del Observatorio Lick*: http://collections.ucolick.org/archives_on_line/].

La instalación del Observatorio en el Monte Hamilton no tenía precedentes. La ubicación del centro había resultado fundamentalmente por sus ventajas astronómicas, independientemente de su proximidad a determinada ciudad o universidad, o incluso de su inaccesibilidad. La cima de la montaña alcanzaba los mil trescientos metros de altitud y era el punto más elevado de su entorno, lo que con sus favorables condiciones atmosféricas resultó un rotundo acierto.

Una condición estipulada por Lick para ratificar dicha ubicación fue la construcción de una carretera hasta la cima de la montaña a cargo del Condado donde se situaba que, advirtiendo el prestigio que podía derivar de una importante institución científica, aceptó la petición [NOTA: Misch, A., Stone, R (1998): "Building the Observatory" de la página web oficial de las *Colecciones históricas del Observatorio Lick*: http://collections.ucolick.org/archives_on_line/].

Tras la muerte de James Lick en 1876, todas las decisiones recayeron en la Junta del fideicomiso. Finalmente, para el telescopio principal se optó por un refractor de treinta y seis pulgadas, que fue encargado junto con el resto de instrumentos. La localización exacta de los edificios en la cima fue determinada por Newcomb, Fraser y Floyd [NOTA: Neubauer, F. J. (1950): "A short history of the Lick Observatory" *Popular Astronomy*, vol. 58, n.5, pp.214-215]. En cuanto a los planos del observatorio, se encomendaron al arquitecto S.E. Todd [NOTA: Página web oficial del *National Park Service* de los EE. UU.: https://www.nps.gov/index.htm].

La construcción se inició a principios de 1880 cuando se empezó a trasportar material a la cumbre y comenzaron los trabajos para nivelar la cresta de la montaña bajo la supervisión de Floyd y Fraser. Para mediados de año la cima estaba ocupada por talleres, establos y viviendas temporales de los trabajadores [NOTA: Neubauer, F. J. (1950): "A short history of the Lick Observatory" *Popular Astronomy*, vol. 58, n.5, p.215] [NOTA: Página web oficial del *National Park Service* de los EE. UU.: https://www.nps.gov/index.htm].

Pronto se iniciaron las bases de las construcciones y el buen ritmo de trabajo posibilitó que a mediados de 1881 ya estuviesen completados los edificios secundarios

destinados al telescopio de tránsito y al cenital. Simultáneamente, se terminó la torre menor del edificio principal con su correspondiente cúpula que cobijaba el telescopio de doce pulgadas con el que ese mismo año se hicieron las primeras observaciones. De forma paralela continuaron las obras en la construcción principal, que se extendía desde la pequeña torre, y en el edificio del círculo meridiano, que se terminó en 1884 cuando recibió su instrumento. A falta de la gran torre para el refractor, que se pospuso unos años, el edificio principal quedó terminado en 1885 [NOTA: Neubauer, F. J. (1950): "A short history of the Lick Observatory" *Popular Astronomy*, vol. 58, n.5, pp.215-218].

El retraso en la conclusión del observatorio se debió a un incidente en la fabricación de la lente del telescopio, sin la que no era posible determinar la distancia focal que condicionaría la longitud del refractor, dato sin el que no era posible establecer las dimensiones apropiadas para su torre y cúpula [NOTA: Misch, A., Stone, R (1998): "Building the Observatory" de la página web oficial de las *Colecciones históricas del Observatorio Lick*: http://collections.ucolick.org/archives_on_line/]. Esto evidencia nuevamente la relación simbiótica entre astronomía y arquitectura que existe en los observatorios.

Las obras no pudieron reanudarse hasta que se consiguieron las lentes, cuando se inició la construcción de la torre con cúpula, y se prolongaron hasta 1887. Antes de que los trabajos hubiesen concluido, durante el levantamiento del gran soporte para el telescopio, los restos del hombre que había hecho posible aquella obra fueron trasladados allí como era su voluntad. Desde entonces descansa bajo una placa que recuerda: "aquí reposa el cuerpo de James Lick" [NOTA: Neubauer, F. J. (1950): "A short history of the Lick Observatory" *Popular Astronomy*, vol. 58, n.5, pp.218-219].

Finalmente, en 1888, comenzaron las observaciones con el gran refractor y el observatorio fue inaugurado oficialmente. Con su cometido resuelto, la Junta del fideicomiso cedió el control de la institución a la Universidad de California. Edward S. Holden ocupó el cargo de primer Director del Observatorio Lick y estableció un ambicioso programa científico que incluía astrometría, espectroscopia, estudio de estrellas dobles y la preparación de un atlas fotográfico lunar [NOTA: Página web oficial del *National Park Service* de los EE. UU.: https://www.nps.gov/index.htm].

Si bien la iniciativa del observatorio provino del propio James Lick, lo cierto es que no hubiese salido adelante, al menos no con un desarrollo tan avanzado a su tiempo, sin

la profunda implicación de otros agentes cruciales en su ejecución como George Davidson, el Capitan Richard Floyd, Thomas Fraser o Simon Newcomb.

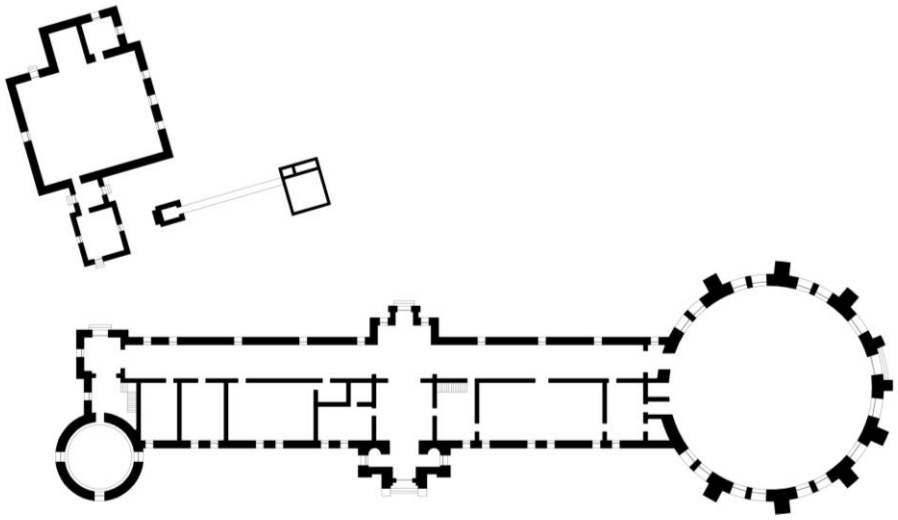


Figura 6.2 – Observatorio Lick. Planta.

Más allá de los rasgos derivados de su aventajada ubicación, lo cierto es que las características arquitectónicas del complejo se asemejan más a las propias del observatorio moderno que a las del contemporáneo. Representando el Observatorio Lick un caso intermedio, de transición, entre sendas tendencias. Su principal evolución edificatoria radica en la escisión de aquellos usos que requerían de una determinada orientación permitiendo una configuración de planta más libre para el edificio principal y en la inclusión de soluciones técnicas para facilitar el desempeño de los astrónomos.

De este modo, se plantean de forma exenta, aunque próximas, las construcciones relativas al círculo meridiano, al tránsito y al cénit, que se resuelven como estructuras prismáticas muy básicas alineadas de norte a sur. Así, a unos pocos metros al suroeste de estos se levanta el edificio principal con una planta alargada también orientada de norte a sur aunque sin ninguna precisión. Éste se organiza en base a unos grandes corredores y vestíbulos con forma de cruz que se extienden por toda la planta, quedando todo su lateral occidental ocupado por espacios de trabajo (oficinas, despachos y la biblioteca) y los fondos destinados a los telescopios instalados sobre sus respectivos soportes. El extremo septentrional queda rematado por la cúpula pequeña y el meridional por la gran cúpula para el refractor Lick de treinta y seis pulgadas. Esta última incluye además soluciones mecánicas para simplificar tanto el movimiento y la

orientación del telescopio, como el desplazamiento ascendente del suelo o la rotación y apertura de la propia cúpula.

Con el paso de los años y con el fin de adaptarse a las diferentes necesidades científico-programáticas, el complejo llevaría a cabo diversas renovaciones y obras de ampliación, tanto en su edificio principal como en forma de nuevas instalaciones exentas. De esta forma, el Observatorio Lick ha mantenido su vigencia y continúa activo en la actualidad.

Observatorio de Niza (1881)

Este centro de investigación astronómica surge a partir de 1879 como resultado del encuentro de su promotor, el banquero Raphaël Bischoffsheim, con los astrónomos del *Bureau des longitudes* de Paris, Maurice Loewy y Joseph Perrotin [NOTA: Lequeux, J. (2011): "The Coudé Equatorials". *Journal of Astronomical History and Heritage* 14(3), pp. 192, 199] [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. p.4]. Sin embargo, aunque las primeras observaciones se produjeron a finales de ese mismo año la instalación de su primer instrumento óptico de forma permanente con su correspondiente edificio no se llevaría a cabo hasta dos años más tarde [NOTA: Página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu].

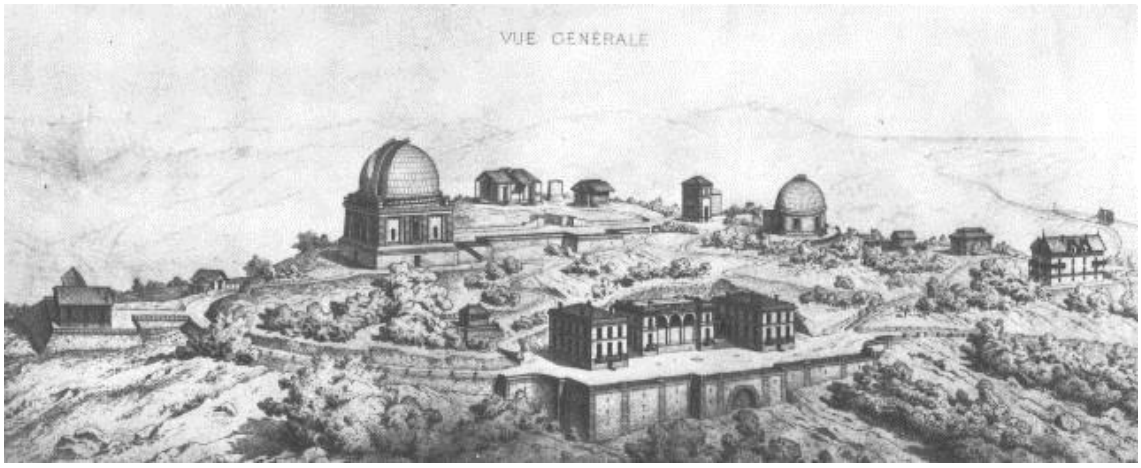


Figura 6.3 – Grabado del Observatorio de Niza a sus inicios.

Para su ubicación se seleccionó la cima del Monte Gros, una posición elevada a trescientos setenta y cinco metros de altitud en las afueras de la ciudad, desde donde

había una visual despejada del horizonte [NOTA: Holden, E.S. (1891): "The Observatory of Nice". *Astronomical Society of the Pacific*. p.123].

Tras adquirir los terrenos de la cumbre del Monte Gros sobre los que se debía erguir la institución, se confió en Charles Garnier para que, en colaboración con los astrónomos, definiese la ordenación del observatorio, el diseño de los edificios e, incluso, los recorridos por la parcela y el acceso a la cumbre [NOTA: Página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu].

La elección de Garnier tampoco fue casual, sino que se le seleccionó confiando en la capacidad para proyectar un conjunto no sólo perfectamente funcional sino para subrayar la trascendencia arquitectónica de los edificios, tal y como había demostrado en la reciente inauguración de la Nueva Ópera de París. De igual modo se contó con los servicios de reputado Gustave Eiffel para las estructuras metálicas [NOTA: Lequeux, J. (2011): "The Coudé Equatorials". *Journal of Astronomical History and Heritage* 14(3), p.199].

Cuando la propuesta arquitectónica estuvo lista en 1879, los astrónomos se mostraron satisfechos con el planteamiento de Garnier para el plan del observatorio, que se desarrollaría y revisaría durante el año posterior hasta el comienzo de las obras al año siguiente. Y aunque queda claro que esta institución es consecuencia de la colaboración entre los científicos y el arquitecto, resultó igualmente crucial el papel de Bischoffsheim como impulsor y promotor. Tanto es así que el propio Granier se lo reconoce en su *Monografía del Observatorio de Niza* cuando expone que "Tenía un solo objetivo: ser útil. Un deseo: hacerlo mejor que en cualquier otro lugar y él era el responsable de los medios para conseguirlo" [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. pp.4, 6].

De este modo, gracias al impulso de Bischoffsheim, el de Niza se convertiría en el observatorio mejor equipado de Europa de su tiempo, con la salvedad de Pulkovo [NOTA: Holden, E.S. (1891): "The Observatory of Nice". *Astronomical Society of the Pacific*. p.124].

El complejo quedaría formado por múltiples edificios independientes dispersos por la cumbre del monte. Cinco de ellos se destinarían a instrumentos astronómicos

realizados por los principales fabricantes europeos, mientras que el resto albergarían otros usos secundarios o de servicios (despachos, biblioteca…). La construcción se prolongaría hasta 1892. Desde la finalización del refugio del pequeño círculo meridiano en 1881 pasarían dos años hasta que se terminó el del primer telescopio ecuatorial. Cuatro años más tarde, concluirían las obras tanto del gran círculo meridiano como del gran telescopio ecuatorial. Finalmente, tras un lustro se incorporaría un nuevo instrumento ecuatorial destinado a la observación fotográfica [NOTA: Página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu] [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. p.8].

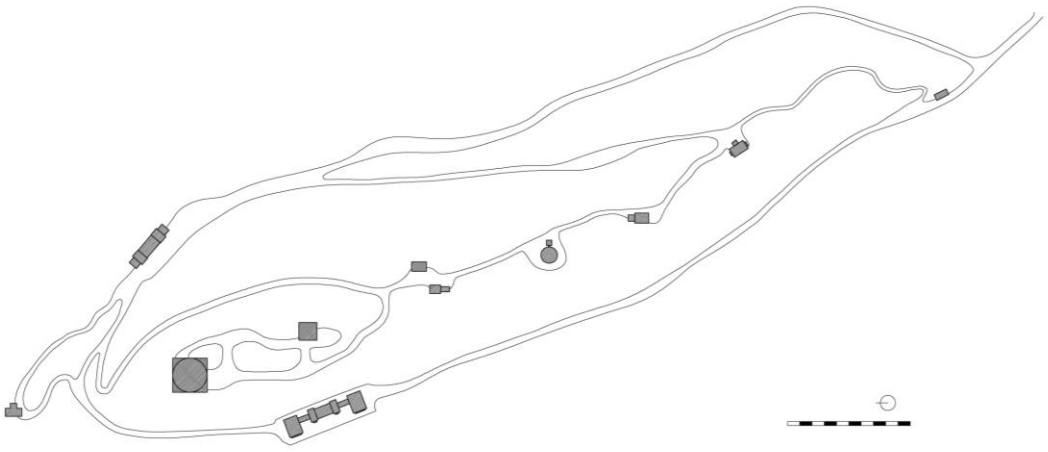


Figura 6.4 – Observatorio de Niza. Planta de conjunto.

Aunque pudiera parecer que la distribución de las diferentes piezas que conforman el observatorio es arbitraria y las mismas están desperdigadas sin ningún sentido por la cumbre, cada posición responde a unos criterios bien definidos. El propio Garnier, se preocupó de aclarar este punto: "Uno podría pensar que todos los edificios fueron diseminados al azar; sin embargo, no es así. Los sitios se han estudiado con el mayor cuidado y con la mayor consideración, y se puede afirmar que, teniendo en cuenta la orientación de la meseta y la forma del suelo, la disposición adoptada es la más perfecta posible" [NOTA: fragmento de la *Monografía del Observatorio de Niza* recuperado de la Página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu]

Esta ordenación se basa en algunos criterios fundamentales: como la mayor distancia posible entre las distintas construcciones, una determinada orientación de algunos edificios astronómicos, el hecho de evitar la presencia de obstáculos en las posibles direcciones de observación de los diferentes instrumentos, la colocación de los edificios secundarios a menor altura que los astronómicos; y, en otros criterios menos trascendentes pero también contemplados, la apariencia y composición del conjunto o las visuales desde la ciudad [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. p.5].

Su formación se significa como un importante avance en la historia de los observatorios astronómicos ya que, además de ser el primer centro astronómico instalado permanentemente en altura de Europa, se convertiría en precursor en idearse, diseñarse y construirse, de forma intencionada y permanente, como un conjunto de edificios independientes [NOTA: página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu] [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de].

Una lectura del observatorio como suma de elementos evidencia que algunas de las construcciones tenían más importancia que otras, por lo que las primeras recibieron un tratamiento estético más cuidado y ornamentado, casi palaciego, mientras que las segundas presentaban una arquitectura más convencional y funcional, casi estrictamente doméstica. No obstante, como conjunto unitario destaca por su cuidada composición en relación a su percepción desde la ciudad y su estudiada integración en un entorno arbóreo montañoso.

Accediendo al observatorio en la cumbre desde el sur se hallaban los establos y cobertizos próximos a algunas de las viviendas del personal. A partir de este punto se alcanzaba la parte superior de la cima, donde se encontraba concentrado el programa científico. La siguiente construcción en el camino era el pabellón de la física, a continuación se situaba el primer ecuatorial y tras éste estaba el coudé ecuatorial. Seguidamente, se encontraban las estructuras del pequeño meridiano y del gran instrumento meridiano. Más adelante, coronando el complejo con su cúpula estaba el edificio del gran ecuatorial. Ya descendiendo hacia el extremo norte se hallaba el pabellón magnético. La vertiente este quedaba únicamente ocupada por las

dependencias de talleres y zonas de trabajo técnico. Por último, la ladera norte acogía la construcción de mayor tamaño: situado en una amplia terraza artificial a una altura inferior a la de otras estructuras, el edificio principal agrupaba una biblioteca junto con dormitorios, despachos y otros servicios.

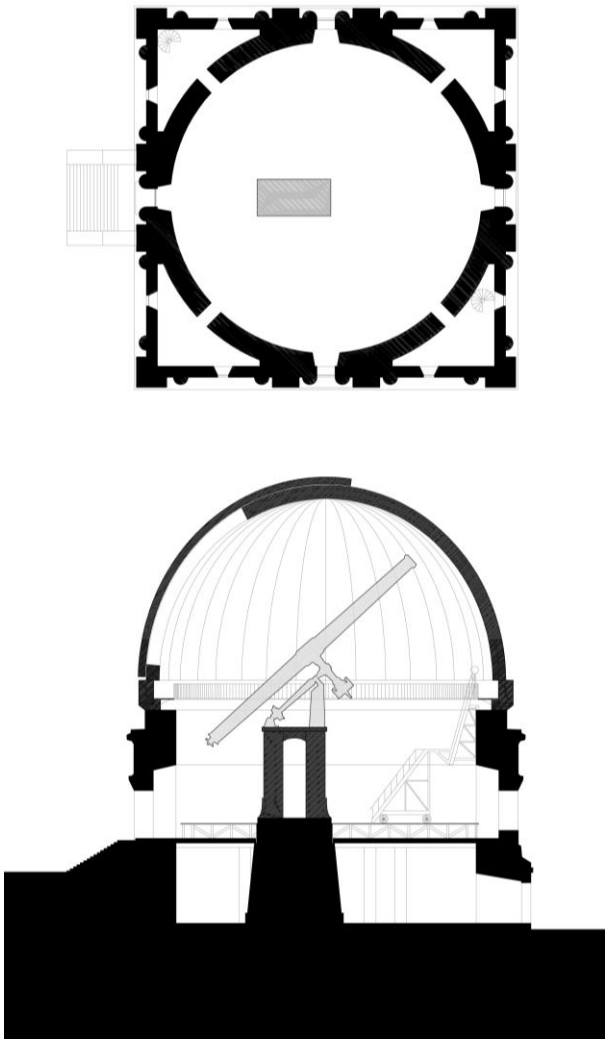


Figura 6.5 – Observatorio de Niza. Gran ecuatorial. Planta y sección.

Por encima del edificio principal, el elemento más reconocible y representativo del observatorio sería el pabellón del gran ecuatorial. Éste queda definido por una gran cúpula móvil apoyada sobre un tambor de piedra que queda inscrito en una base de planta cuadrada con aires de templo clásico. En contraste con el zócalo neoclásico, la cúpula metálica fue diseñada con absoluta contemporaneidad por Gustave Eiffel como la que mayor cúpula móvil de su tiempo. Todo ello para generar un enorme espacio vacío que pudiese albergar, proteger y permitir el correcto funcionamiento del gran instrumento ecuatorial, instalado sobre su pilar estructuralmente independiente, que

sería en ese momento el telescopio más grande del mundo [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. p.8].

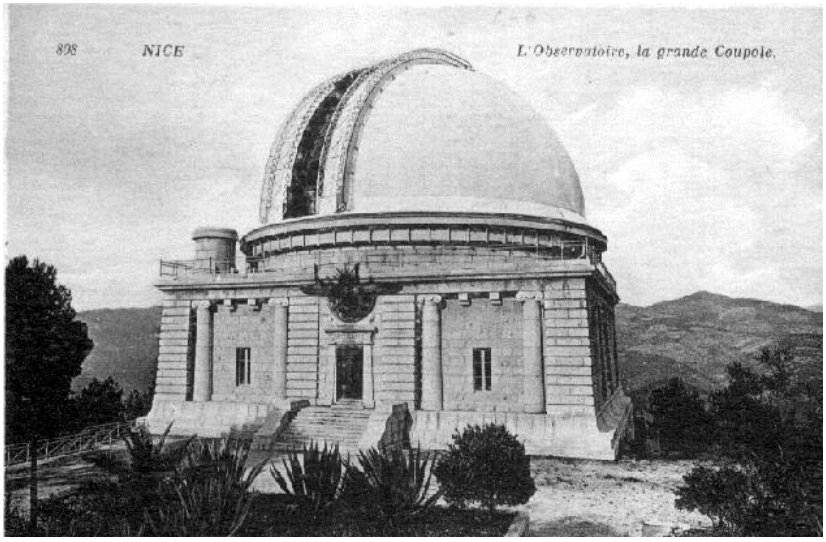


Figura 6.6 – Edificio del Gran ecuatorial a principios de siglo XX. Observatorio de Niza.

Con el objetivo de garantizar la continuidad y el buen funcionamiento del observatorio en el futuro, Bischoffsheim designó a la Universidad de París como legatario de la propiedad. Por lo tanto, tras su muerte en 1906 el complejo astronómico pasó a formar parte de la institución como un anexo [NOTA: Lequeux, J. (2011): "The Coudé Equatorials". *Journal of Astronomical History and Heritage* 14(3), p.199].

Pese a que bajo el Gobierno de su primer director, Joseph Perrotin, se realizaron observaciones fotométrica y espectroscópicas, a principios del siglo XX sus observaciones se especializaron en la investigación astrométrica [NOTA: página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu].

Aunque se conserva sin presentar modificaciones sustanciales, durante los años venideros el observatorio incorporaría algunas estructuras adicionales para nuevos instrumentos y otros edificios para cubrir otras necesidades programáticas, como un restaurante, una sala para equipos informáticos o un laboratorio. No obstante, los criterios planteados por Garnier en su concepción original se mantendrían en estas adiciones [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. p.6] [NOTA: página web oficial de *L'Observatoire de la Côte d'Azur*: https://www.oca.eu].

A finales del siglo pasado la institución fue renombrada, tras fusionarse con otro centro investigador, como Observatorio de la Costa Azul y varios de sus edificios e instrumentos fueron declarados como Monumentos Históricos, lo que ha propiciado que en los últimos años haya sido sometido a diversos procesos de restauración [NOTA: Heudier, J.L. (2006): "De l'Observatoire à l'Observatorium". *La lettre de l'OCIM* n.106. p.4] [NOTA: Etienne, C., Durst, C. et al. (2015): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique*. pp.9,21].

Además de mantener sus instrumentos en uso hasta el presente y continuar con su actividad investigadora, el Observatorio de Niza conserva una colección de instrumentos científicos de diferentes disciplinas así como archivos históricos que junto con su patrimonio arquitectónico, astronómico y paisajístico lo convierten en un centro atractivo para los visitantes que se acercan a conocerlo.

Observatorio Pic du Midi (1882/1908)

La propia concepción original de este observatorio en la cima de una prominente montaña, con las consecuentes dificultades para acceder hasta allí, caracterizaría el tipo de edificación que surgiría, tanto en su definición constructiva como en su configuración funcional, del mismo modo que marcaría su evolución en el tiempo como un complejo científico que se extendería y especializaría conforme a sus cambiantes necesidades.

Pese a que la intención de construir un observatorio en esta cima se remonta hasta el siglo XVIII, no será hasta finales del siglo siguiente cuando esta iniciativa toma forma [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php] de la mano del general retirado Charles Nansouty y del ingeniero Xavier Vaussenat, quienes instalaron una estación meteorológica en dicha montaña en 1873 y comenzaron a colectar fondos privados para desarrollar un programa más ambicioso. La exitosa recaudación posibilitó el inicio de las obras en la cumbre, que se prolongó durante cuatro años hasta completarse en 1882. En este punto, sus fundadores, ante los elevadísimos costes de mantenimiento,

decidieron donarlo al Estado francés a fin de garantizar su gestión, quedando el observatorio bajo la dirección del propio Vaussenat [NOTA: Charlier, B.; Bourgeois, N. (2013): *Pic du Midi. International Dark-Sky Reserve*. p.31].

Inicialmente el complejo estaba compuesto por una casa conectada por un camino estrecho a un pequeño edificio apoyado contra una estructura de bloques sobre la que se instalaron los instrumentos meteorológicos, un establo, una fragua y espacio de almacenaje [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php].

Durante sus primeros años de actividad, el observatorio centró sus esfuerzos en expandir su superficie mediante terrazas niveladas y en construir pasajes protegidos para posibilitar los desplazamientos a resguardo en invierno [NOTA: Davoust, E. (1998): "A Hundred Years of Science at the Pic du Midi Observatory". *Astrophysics From Antarctica; ASP Conference Series*; vol. 141. p.40].

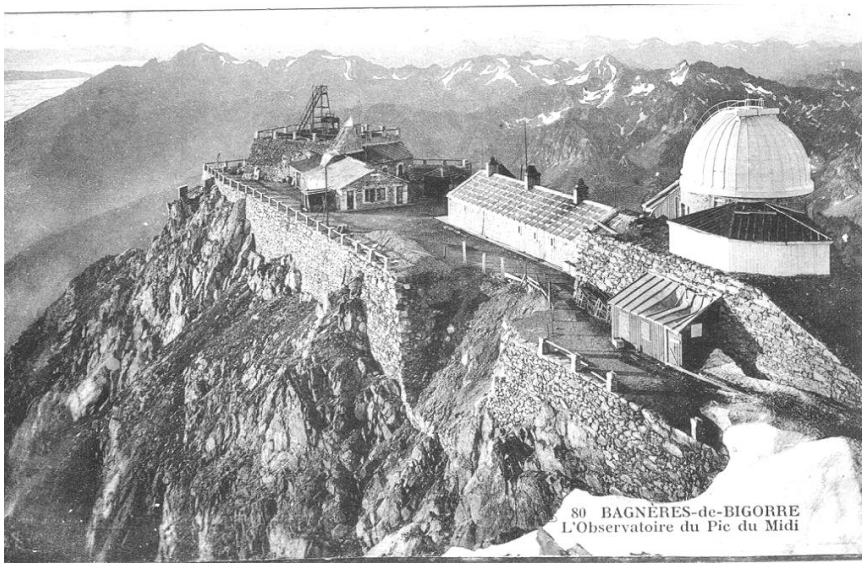


Figura 6.7 – Vista aérea del Observatorio Pic du Midi hacia 1910.

No será hasta finales de siglo, y tras un cambio en su dirección, cuando el complejo empiece a funcionar como un centro científico multidisciplinar (física, sismología, botánica…). Por su parte, el primer telescopio, un reflector de 50cm, uno de los más grandes de su tiempo, instalado en una escueta edificación con cúpula no estaría en funcionamiento antes del 1908. Durante estos años, además se construyó un edificio

para albergar a los astrónomos y se continuó trabajando en el aumento de la superficie de la cima [NOTA: Charlier, B.; Bourgeois, N. (2013): *Pic du Midi. International Dark-Sky Reserve*. p.31] [NOTA: Davoust, E. (1998): "A Hundred Years of Science at the Pic du Midi Observatory". *Astrophysics From Antarctica; ASP Conference Series*; vol. 141. pp.44-45].

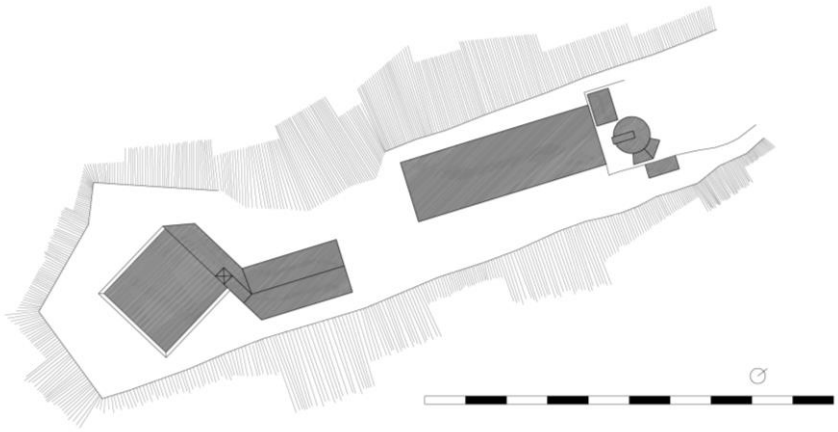


Figura 6.8 – Observatorio Pic du Midi. Planta de conjunto.

El inicio de la Primera Guerra Mundial coincidió con la muerte del Director del observatorio, dejando la institución casi completamente abandonada hasta 1920, cuando el nombramiento de un nuevo dirigente comienza a devolver la normalidad a este centro. La falta de mantenimiento había dejado las instalaciones desatendidas hasta el punto de que parte de las terrazas colapsaron, a raíz de lo que se dotó al observatorio de fondos para restaurar la construcción y ampliar sus espacios. Gracias a esto, se levantó el edificio del laboratorio que albergaba a su vez el telescopio de 1m. Además, Pic du Midi acogería el recién inventado cronógrafo [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php].

La llegada en 1937 a la Dirección de Jules Baillaud inició la planificación de importantes obras de renovación y mejora de las condiciones de sus usuarios (comunicación con el valle y suministro eléctrico), sin embargo el inicio de la guerra produjo un nuevo *impasse* en el desarrollo de Pic du Midi. Aun así, las directrices a seguir por el observatorio en los años venideros habían quedado establecidas y antes de

concluir este mandato todavía se incorporó al complejo un telescopio de 60cm con su correspondiente cúpula [NOTA: Davoust, E. (1998): "A Hundred Years of Science at the Pic du Midi Observatory". *Astrophysics From Antarctica; ASP Conference Series*; vol. 141. pp.45-46].

Desde 1947, la Dirección del Pic du Midi recaería sobre Jean Rösch, quien lideraría la institución durante más de treinta años en su período más próspero y de mayor desarrollo. En los años siguientes a su llegada, se conseguiría la conexión de la cima con una línea de alta tensión eléctrica e, igualmente, se conectaría la cumbre con el valle mediante un teleférico. Estos dos avances supusieron una mejora sustancial de habitabilidad y funcionalidad del observatorio, que propiciaría a su vez numerosos desarrollos. A lo largo de las décadas siguientes se instalaron la gran antena de comunicaciones de ciento tres metros de altura y se ampliaron algunos edificios de servicios o usos secundarios existentes y se construyeron otros nuevos. Además de esto, la adquisición de nuevos instrumentos hizo imprescindible la instalación de nuevas cúpulas, destacando especialmente la estructura cuasiesférica que alberga el telescopio de 2m de diámetro [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php].



Figura 6.9 – Vista aérea del Observatorio Pic du Midi en la actualidad.

En los años noventa del siglo pasado, en un contexto de crisis económica se llegó a contemplar la posibilidad real de cerrar definitivamente el observatorio, ante lo que su Director presentó un proyecto para redefinir el Pic du Midi compaginando la función investigadora, a preservar, con la actividad turística. Esta propuesta salió adelante, con un cierre para la reforma de cuatro años hasta que en el 2000 se reinauguró. El complejo cuenta actualmente con zona de exposiciones, un restaurante, un pequeño hotel, espacios estanciales y un renovado teleférico capaz de resolver el acceso del público que desde su apertura alcanza los cien mil visitantes anuales [NOTA: Charlier, B.; Bourgeois, N. (2013): *Pic du Midi. International Dark-Sky Reserve*. p.32] [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php].

Aunque no se pueda afirmar que el Pic du Midi sea el observatorio más antiguo constituido como un aglomerado de construcciones aisladas, ya que otras instituciones habían evolucionado con el paso del tiempo hacia esa configuración [NOTA: por ejemplo el Observatorio de Greenwich, véase página 126], sí que es posible subrayar su singularidad como primer observatorio astronómico que ya inicialmente se pretendía como un conjunto arracimado de edificios bien diferenciados y con programas de uso independientes.

A pesar de que en sus inicios comenzó como una estación meteorológica y de que a lo largo de su vida el Pic du Midi ha acogido investigaciones relativas a los más diversos campos de las ciencias (magnetismo, botánica, sismología, medicina…), su actividad predominante y la que, a la postre prevalecería, sería la astronomía [NOTA: Davoust, E. (1998): "A Hundred Years of Science at the Pic du Midi Observatory". *Astrophysics From Antarctica; ASP Conference Series*; vol. 141. pp.39-40]. En este sentido, con sus múltiples instrumentos de observación ha desarrollado principalmente estudios acerca de planetas y satélites cercanos, e investigaciones solares; e incluso reservando actualmente un telescopio para proyectos de astrónomos aficionados [NOTA: Charlier, B.; Bourgeois, N. (2013): *Pic du Midi. International Dark-Sky Reserve*. pp.33-34].

Este observatorio se sitúa en los Pirineos, en la frontera entre Francia y España, a dos mil ochocientos setenta y siete metros sobre el nivel del mar, quedando rodeado de

cumbres que apenas alcanzan los dos mil quinientos metros. Esto asegura un acceso completamente despejado del cielo hasta el punto de que incluso en muchos de los días nublados, las nubes quedan por debajo del complejo.

El Pic du Midi también tiene la particularidad de ser el centro de investigación científico pionero en instalarse de forma permanente en la alta montaña [NOTA: Müller, P. (2009): "Die Architektur der Hamburg-Bergedorfer Sternwarte 1906–1912 im Vergleich mit anderen Observatorien". *Astronomical Observatories. From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*, ICOMOS-IAU, Berlín. p.92] [NOTA: aunque Müller lo califica como el primer observatorio permanente en alta montaña, lo cierto es que cuando empieza a funcionar como centro astronómico es en 1908, cuando el Observatorio Lick ya llevaba años en activo], siendo además uno de los observatorios de alta montaña más antiguo que sigue en funcionamiento [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php].

Éste es un claro caso que manifiesta la relación de codependencia entre astronomía y arquitectura presente en los observatorios, al mismo tiempo que evidencia un vínculo necesario entre el lugar de implantación y el edificio. Las complicaciones esperables de una obra en dicha situación (climatología, escasez de materiales, difícil acceso…) dieron lugar en origen a un complejo de construcciones propias de la alta montaña con piedra vernácula y generando terrazas para ganar superficie útil. Con el paso del tiempo fueron surgiendo nuevos edificios que ocupaban los vacíos o se adosaban a los ya existentes, ampliando los espacios de observación, las zonas de trabajo y el resto de funciones secundarias.

A causa del aislamiento inicial y de las condiciones poco favorables para sus ocupantes (frío, poco confort…) se hacía difícil conseguir científicos que residiesen en el observatorio durante largas temporadas, lo que entorpecía la propia investigación [NOTA: Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php]. Tras años de crecimiento y evolución, con la incorporación de servicios necesarios como la electricidad o un sistema de acceso eficaz, el observatorio pasó de ser una

institución remota donde desarrollar una investigación era poco más que una utopía y que estaba condenada a la desaparición, a un centro astronómico-turístico económicamente autosostenible con una actividad científica de plena vigencia.

En la actualidad, el Pic du Midi está ordenado en tres estratos distintos. El principal, de mayor superficie, abarca una buena parte de la cumbre, y se orienta de noroeste a sureste coincidiendo con el punto de fundación original del observatorio. Está formado por un conglomerado de edificios y estructuras que alojan en el rocoso terreno de la montaña mientras se enlazan y superponen entre ellos, siendo difícil precisar dónde termina uno y dónde empieza el siguiente. En él se encuentran los edificios históricos, los espacios públicos, incluyendo terrazas, miradores y zonas de museo o exposición, el hotel, áreas de trabajo, varios edificios que albergan hasta nueve cúpulas (la mayoría de ellas con instrumentos y en activo), y la estación del teleférico. El segundo estrato, en una cima independiente aunque próxima, se sitúa al noroeste del primero quedando conectado por un pasaje entre ellos. Éste acoge un edificio estatal con la gran antena, que, estrictamente no forman parte del observatorio. Por último, en el extremo occidental del complejo, aparece como tercer elemento un edificio aislado, sólo conectado al resto mediante una pasarela cerrada. Esta gran estructura cilíndrica destinada íntegramente al uso científico sostiene la cúpula esférica que guarece el principal telescopio del complejo.

Esta institución que, en su origen, pretendió su absoluto aislamiento de la población y su funcionamiento en base a la conjunción de estructuras independientes para usos específicos, siendo algunos de estos usos un determinado tipo de observación, evolucionó y se adaptó a las necesidades de sus usuarios, a los requisitos de su funcionamiento y a las limitaciones contextuales que estuvieron a punto de acabar con su existencia. Este proceso desembocó en el actual complejo de múltiples construcciones yuxtapuestas donde científicos y visitantes coexisten.

Observatorio Mount Wilson (1904/1917)

El germen del centro astronómico que se instalaría en el Monte Wilson se remonta hasta el 1886, cuando E.F. Spence, un banquero atraído por la astronomía, se ofreció para sufragar un gran telescopio para la Universidad South California para ser montado

en la mejor ubicación posible [NOTA: Adams, W. S. (1954): "The Founding of The Mount Wilson Observatory", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol.66, n.393. p.270]. Para seleccionar dicha localización se solicitó consejo al Observatorio de la Universidad de Harvard, de lo que resultó elegido el Monte Wilson. En 1889 la cima de la montaña ya contaba con un refractor instalado en una estructura básica (una cabaña tradicional con una cúpula cilíndrica añadida) perteneciente a Harvard. Sin embargo, el aislamiento de sus ocupantes durante un duro invierno junto con el deterioro de los instrumentos y una incipiente tensión entre las Universidades desembocó en el abandono de la instalación apenas dieciocho meses después de su establecimiento [NOTA: Simmons, M. (s.f.): "Bringing astronomy to an isolated mountain top", de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu].

Pese a que la muerte de Spence a finales de siglo frenó la iniciativa [NOTA: Adams, W. S. (1954): "The Founding of The Mount Wilson Observatory", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol.66, n.393. p.273] su propuesta había adquirido cierta relevancia señalando el Monte Wilson como punto de interés para un centro astronómico, lo que no pasó desapercibido para un George Hale que todavía no se había convertido en director del Observatorio Yerkes [NOTA: véase el apartado "Observatorio Yerkes", p.248].

Aunque antes del cambio de siglo Hale ya había formado parte de la inauguración del refractor más grande del mundo [NOTA: véase el apartado "Observatorio Yerkes", p.248], su ambición científica le conducía hacía sus propias líneas de investigación, en las que los grandes reflectores y el celostato debían jugar un papel principal. Así, la fundación de la Institución Carnegie en 1902 destinada a la promoción y respaldo de la investigación original en todos los campos científicos le dio a Hale la posibilidad de solicitar apoyo para fundar un observatorio solar en el Monte Wilson [NOTA: Simmons, M. (s.f.): "Bringing astronomy to an isolated mountain top", de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu].

Un año más tarde, Hale visitó la montaña para comprobar sus condiciones y, finalmente en 1904, con la aprobación de financiación por parte de la Institución Carnegie, fundó el entonces denominado Observatorio Solar del Monte Wilson. A continuación, Hale se trasladó con el Telescopio Snow [NOTA: un telescopio solar

donado por Miss Helen Snow a la Universidad de Chicago] del Yerkes a California junto con un grupo de científicos e ingenieros del observatorio para constituir la semilla de uno de los centros astronómicos más importantes del mundo [NOTA: Anon. (1951): "The Story of Mount Wilson". *Frontiers in Space*. California Institute of Technology. California. p.13] [NOTA: "Our Story" recuperado de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu].

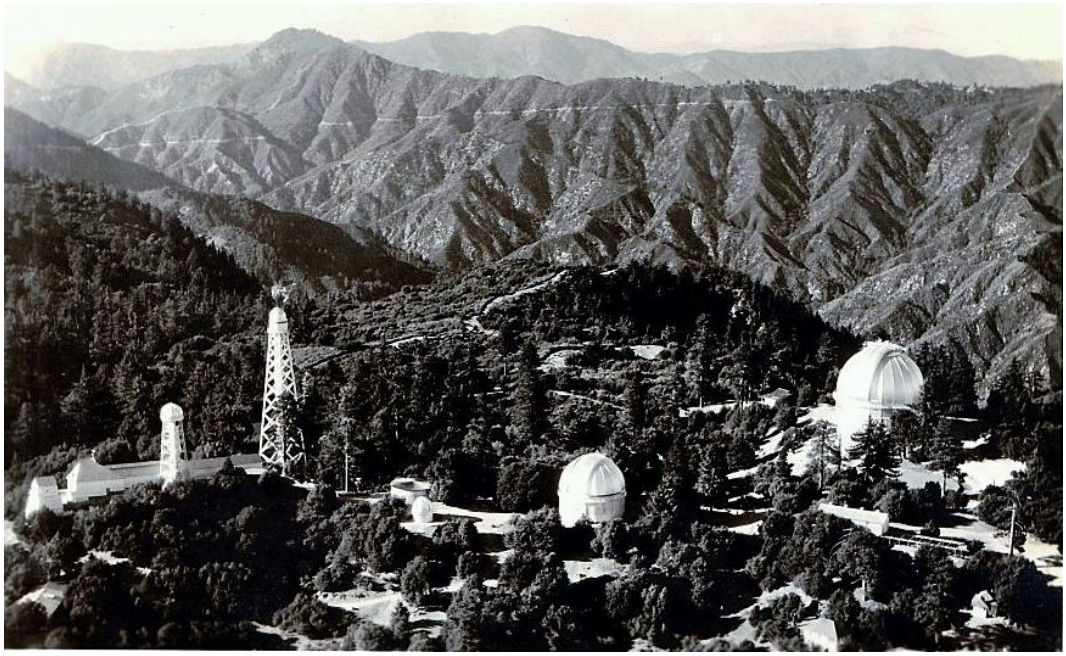


Figura 6.10 – Vista aérea del Observatorio Mount Wilson en sus orígenes.

La cumbre de la montaña era de difícil acceso y sólo estaba salpicada por algunas cabañas aisladas entre los pinos. El Monte Wilson queda a unos trece kilómetros al noreste de Pasadena y se eleva más de mil setecientos metros sobre el nivel del mar. Las condiciones climáticas y de visibilidad convencieron a Hale a pesar de los arduos senderos que alcanzaban la cima que, en los siguientes años, se irían ensanchando y adaptando a las nuevas necesidades. La importancia del observatorio se llegaría a evidenciar en la cesión gratuita de los terrenos por parte de sus propietarios, que auguraron la fama que comportaría y el consecuente aumento del turismo y los negocios [NOTA: Simmons, M. (s.f.): "Bringing astronomy to an isolated mountain top", de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu] [NOTA: Anon. (1951): "The Story of Mount Wilson". *Frontiers in Space*. California Institute of Technology. California. p.13].

Los primeros esfuerzos se dedicaron a proveer a la cumbre de una planta de generación eléctrica y un sistema de agua con planta de bombeo para dar servicio a las residencias que acompañarían al telescopio solar [NOTA: Adams, W. S. (1954): "The Founding of The Mount Wilson Observatory", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, vol.66, n.393. p.297].

Durante los años posteriores a su fundación, el observatorio entraría en un ávido período de desarrollo, ya que desde su origen se comenzaría a trabajar en la incorporación de nuevos instrumentos, cada vez más potentes. De este modo, se iniciaron los trabajos para la constitución de un telescopio estelar de sesenta pulgadas que estaría en funcionamiento en 1908, destinado a la observación de estrellas distantes y que se convertiría en el instrumento astronómico más grande de su tiempo [NOTA: Simmons, M. (s.f.): "Building the 60-inch Telescope", de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu]. Ese mismo año se instaló un nuevo telescopio solar de torre (montado sobre una estructura ligera abierta) de sesenta pies (dieciocho metros) de alto y un par de años después se agregó otro más en una torre de ciento cincuenta pies (cuarenta y cinco metros) [NOTA: Anon. (1951): "The Story of Mount Wilson". *Frontiers in Space*. California Institute of Technology. California. p.14]. Desde la finalización del telescopio estelar, Hale comenzó a planear un instrumento aún más potente, lo que coincidió con la voluntad de John D. Hooker, un prominente hombre de negocios, de costear un telescopio mayor del ya existente. Esta convergencia concluyó con la inauguración en 1917 del gran reflector de cien pulgadas (también llamado Hooker), que durante varias décadas se mantendría como el más grande del mundo [NOTA: Simmons, M. (s.f.): "Building the 100-inch Telescope", de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu]. Con esto concluiría este ambicioso período.

Hale pretendió comprender los procesos físicos del Sol para extrapolarlos a otras estrellas, con lo que se convirtió en el padre de la astrofísica. Al combinar las observaciones con un laboratorio se aspiraba a descifrar la luz que los instrumentos captaban afrontando problemas como la composición de las estrellas o, incluso, la composición del universo [NOTA: "Our Story" recuperado de la página oficial del *Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu].



Figura 6.11 – Observatorio Mount Wilson. Planta de conjunto.

Desde su propia concepción, el Observatorio Mount Wilson se configuró como un conjunto de construcciones independientes, en las que cada una de ellas respondía a las necesidades derivadas de su función. Estos elementos se distribuían de manera espaciada por la cumbre de la montaña, quedando conectados mediante caminos o carreteras. Dentro de este complejo, se encontraban tanto los módulos astronómicos como aquellos al servicio de la ciencia o los trabajadores, incluyendo oficinas, almacenes, residencias o laboratorios.

Entre las instalaciones destinadas a los instrumentos, las torres de los telescopios solares responden a un mismo patrón aunque variando su escala. Consisten en una estructura abierta y ligera sobre la que reposa una pequeña cúpula que cobija un sistema de espejos que envía la luz solar verticalmente hasta su base, donde se encuentra la zona de observación. Por sus características, estas torres representan una obra sustancialmente de ingeniería mientras que prácticamente adolecen de cualquier trasfondo arquitectónico.

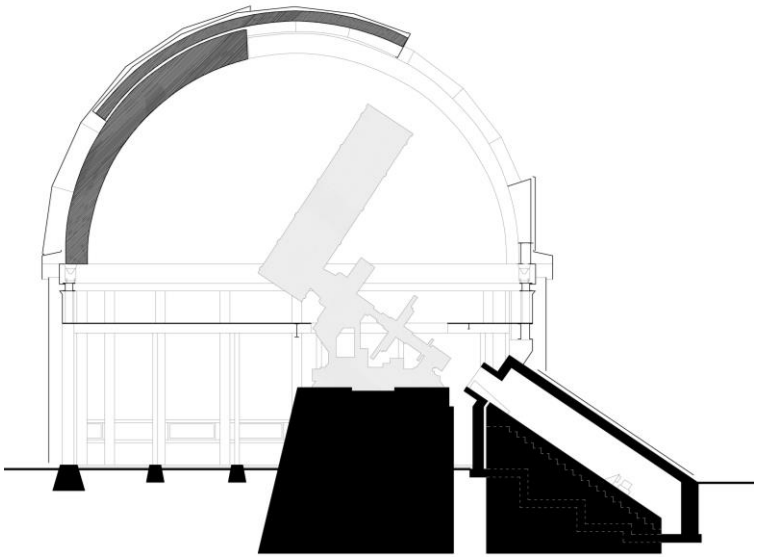


Figura 6.12 – Observatorio Mount Wilson. Edificio del telescopio de 60". Sección.

El edificio del telescopio de sesenta pulgadas es una construcción muy compleja en un sentido estructural y mecánico pero muy sencilla a su vez en su concepción espacial. Esencialmente, consiste en un cilindro cubierto por una cúpula semiesférica que protege su correspondiente reflector, que a su vez cuenta con un gran soporte completamente independiente de la estructura del resto del edificio. El espacio queda organizado en dos niveles por un plano horizontal. La parte de abajo surge casi por la necesidad de elevar el telescopio del terreno por cuestiones prácticas (mejor visibilidad y aislamiento). El nivel inferior queda ocupado en buena parte por el propio soporte y por las escaleras de ascenso, siendo el resto de espacio en su origen casi residual. El nivel superior queda destinado íntegramente por la zona de observación en el que el gran reflector que ocupa la posición central del edificio. Además de su simpleza arquitectónica, la construcción incluye sofisticaciones técnicas que le permiten tanto el movimiento de la cúpula como del instrumento con facilidad o la regulación térmica.

El edificio del telescopio de cien pulgadas parte de un esquema similar al de sesenta pulgadas aunque con algunas trascendentes variaciones más allá del evidente incremento de tamaño. Entre los cambios aparecen algunas soluciones mecánicas destinadas a simplificar la tarea del observador como un sistema para facilitar el movimiento del instrumento y de la cúpula o un medio de elevación de la plataforma de observación. Asimismo se incluyen algunas innovaciones técnicas para mejorar la estabilidad térmica, como la incorporación de planchas aislantes de corcho o la

climatización mediante bobinas de tuberías de agua. No obstante, desde una perspectiva arquitectónica la evolución más relevante se deriva del aumento de escala. Al crecer el reflector, también era necesario que lo hiciese su soporte, alcanzando unas dimensiones tan importantes que permitieron ahuecarlo y dotarlo de programa. De esta manera, el soporte incorporaba usos como almacenaje, un equipo de enfriamiento o un departamento de plateado. En definitiva, el recurrente deseo de fabricar instrumentos cada vez mayores había producido que las construcciones que necesitaban para ser instalados alcanzasen unas proporciones tales que trascendían la escala arquitectónica hasta devenir en espacio habitable.

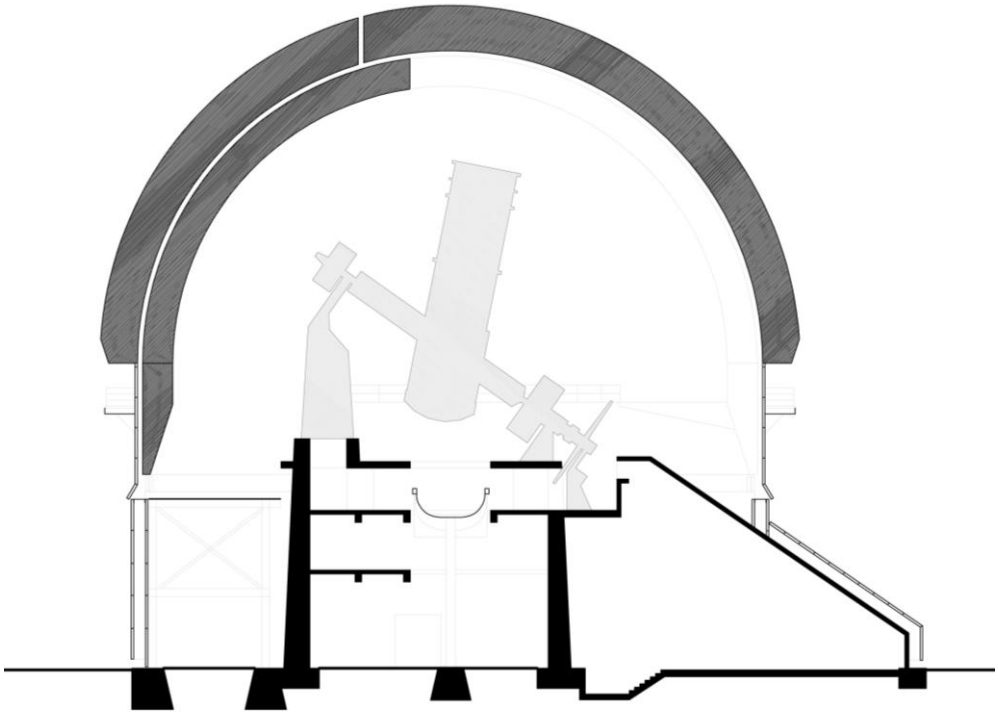


Figura 6.13 – Observatorio Mount Wilson. Edificio del telescopio de 100”. Sección.

Aunque la actividad astronómica del centro ha perdurado hasta nuestros días y sus instalaciones se han continuado ampliando y actualizando recurrentemente, ninguna evolución posterior alcanzó una repercusión científica o como modelo de observatorio equiparable a la de comienzos del siglo XX.

Observatorio de Hamburgo-Bergedorf (1912)

La pérdida de influencia del antiguo observatorio de Millentor durante la segunda mitad del siglo XIX, se había debido tanto a la obsolescencia de su equipamiento como a la degradación de las condiciones inherentes a su entorno. Es decir, que además de necesitar una renovación de sus instrumentos, su posición próxima al puerto conllevaba nieblas, vibraciones y humos perjudiciales para la observación. Igualmente resultaba inconveniente el recientemente instalado alumbrado eléctrico. Así, con el cambio de siglo, el Director, George Rümker, y su sucesor, Richard Schorr, finalmente emprenderían la modernización y el traslado de la institución a una nueva sede alejada de la ciudad [NOTA: Wolfschmidt, G., Seemann, A., Kühl, D. *Hamburger Sternwarte – Geschichte und Erhaltung*, pp. 11,13] [NOTA: Dahmke, S. K. G. (2016): "On the history of the Hamburg Observatory". Conference published at the *Proceedings of the Magellan Workshop: Connecting Neutrino Physics and Astronomy*. Hamburg, Germany. p.196].

Estos cambios se vieron acompañados por una voluntad de adaptación desde la astronomía a la astrofísica moderna, lo que se manifestó en la transición desde los refractores hacia los reflectores. Sin embargo, esto no supuso el abandono de los instrumentos de astrometría tradicional, que se mantendrían en el nuevo proyecto [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de].

La construcción comenzó en 1906 en Bergedorf, a unos veinte kilómetros al noreste de la ciudad. Inicialmente el complejo se concibió con un telescopio ecuatorial, un gran círculo meridiano, un gran refractor, un reflector y un astrógrafo. Desde su inauguración en 1912, se convirtió en uno de los observatorios más modernos y grandes de Europa, y uno de los más reconocidos por la comunidad científica [NOTA: Müller, P. (2009): "Die Architektur der Hamburg-Bergedorfer Sternwarte 1906–1912 im Vergleich mit anderen Observatorien". *Astronomical Observatories. From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*, ICOMOS-IAU, Berlín. pp.87,92-93] [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de].

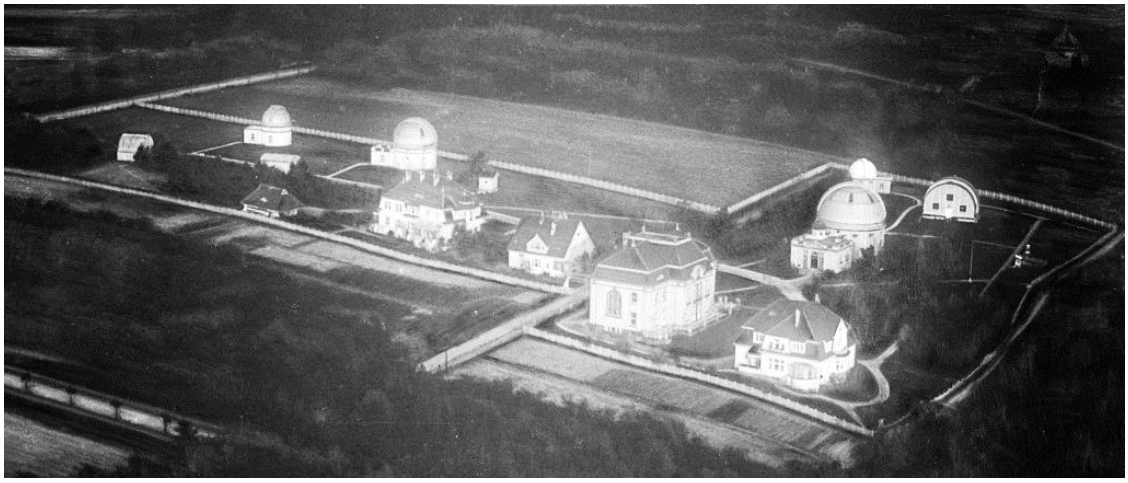


Figura 6.14 – Vista aérea del Observatorio de Hamburgo (Bergedorf) en sus inicios.

Pese a que el traslado pretendía de algún modo un desplazamiento hacia la nueva astrofísica dejando atrás la astronomía clásica, no se abandonaría del todo esta última. Incluso inicialmente se desempeñaron actividades tan pragmáticas como la prestación del servicio del tiempo, que pronto virarían hacia programas de investigación sobre espectrografía, astrometría, la observación de planetas, cometas y asteroides o el estudio de las galaxias [NOTA: Dahmke, S. K. G. (2016): "On the history of the Hamburg Observatory". Conference published at the *Proceedings of the Magellan Workshop: Connecting Neutrino Physics and Astronomy*. Hamburg, Germany. p.196] [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de].

Como un importante centro científico de referencia, el Observatorio sobrevivió a los años de guerra casi sin verse afectado por los bombardeos. Hacia mediados de siglo XX se incorporó a la Universidad de Hamburgo, estando implicado desde entonces en la actividad docente y divulgadora. Pese a que sigue en activo, en los últimos años se ha especulado sobre un hipotético nuevo traslado [NOTA: Anderson, S. R., Engels, D. (2004): "A short history of Hamburg Observatory". *Journal of the British Astronomical Association*, vol.114, no. 2. pp. 79-86], no obstante tanto su arquitectura como su equipamiento quedaron protegidos en 1996 al ser catalogados en la lista de monumentos de la ciudad de Hamburgo, y más recientemente como monumento de importancia nacional [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de].

La nueva ubicación del observatorio se había seleccionado por su idoneidad para la astronomía conforme a los nuevos criterios imperantes, así que además de quedar en una posición relativamente elevada, la parcela estaba bastante aislada de los núcleos de población [NOTA: Müller, P. (2009): "Die Architektur der Hamburg-Bergedorfer Sternwarte 1906–1912 im Vergleich mit anderen Observatorien". *Astronomical Observatories. From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*, ICOMOS-IAU, Berlín. p.92].

El diseño del complejo fue resultado de la colaboración entre los arquitectos Albert Erbe y Carl Johann Christian Zimmermann con el propio Richard Schorr, que basándose en planos que había conseguido de otros observatorios contemporáneos definió las líneas maestras del nuevo centro astronómico [NOTA: Müller, P. (2009): "Die Architektur der Hamburg-Bergedorfer Sternwarte 1906–1912 im Vergleich mit anderen Observatorien". *Astronomical Observatories. From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*, ICOMOS-IAU, Berlín. p.92] [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value" de la página oficial de la *ciudad de Hamburgo*: www.hamburg.de].

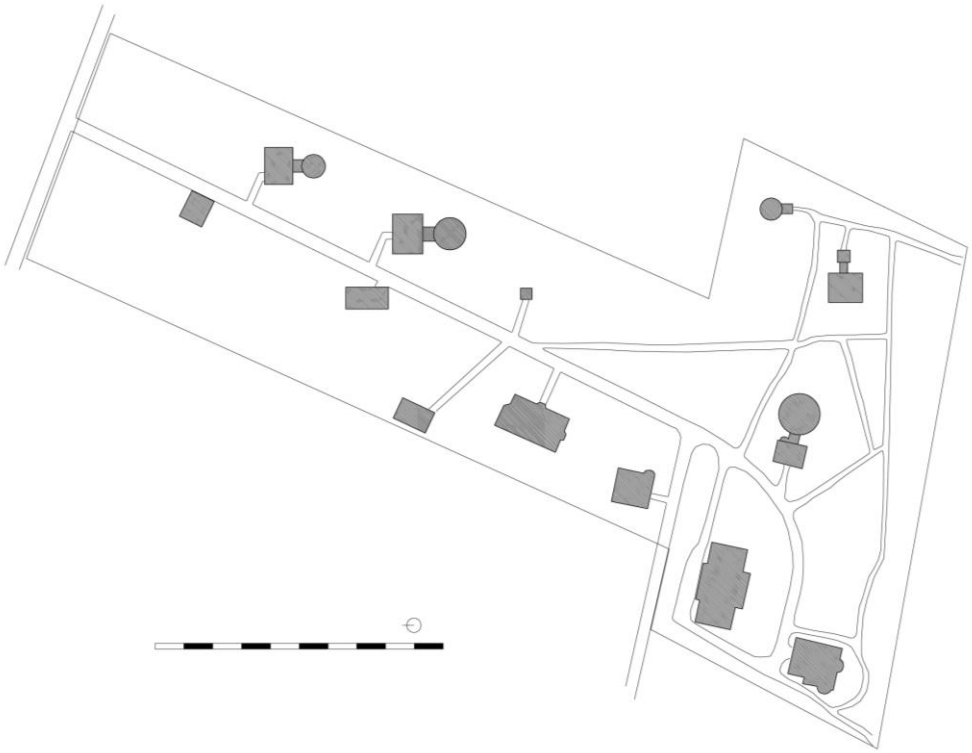


Figura 6.15 – Observatorio de Hamburgo (Bergedorf). Planta de conjunto.

Mientras que tradicionalmente los observatorios se organizaban en grandes construcciones multifuncionales donde oficinas, talleres, despachos y otros cuartos de servicio compartían edificio con salas astronómicas con determinadas especificaciones técnicas, este proyecto se plantearía desde su inicio como un conjunto de estructuras aisladas con funciones independientes. Los edificios se distribuirían sobre una parcela rectangular alargada orientada al norte que quedaba elevada sobre los terrenos adyacentes al sur, de forma que contaba con una visibilidad favorable. A su vez, la superficie se ordenaba mediante un camino que la dividía longitudinalmente en dos partes. Por una parte, el lado oriental iba a albergar todos los edificios astronómicos, por otra, el sector occidental quedaba destinado a los edificios de trabajo, residencias y otras funciones secundarios. Esta segregación pretendía evitar que la calefacción u otros aspectos propios de los edificios servidores perjudicasen las observaciones.

Asimismo, se prepararía una construcción específica y aislada para cada instrumento, adaptada a las necesidades astronómicas de su uso. Estas estructuras se distribuirían intencionadamente por el terreno para asegurar su óptima visión, en especial hacia el sur. Además, aunque pudiera parecer contraproducente, se introduce intencionadamente una determinada vegetación en la parcela con el objetivo de minimizar las corrientes de aire que pudiesen acarrear vibraciones en los telescopios durante su utilización [NOTA: Müller, P. (2009): "Die Architektur der Hamburg-Bergedorfer Sternwarte 1906–1912 im Vergleich mit anderen Observatorien". *Astronomical Observatories. From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*, ICOMOS-IAU, Berlín. p.92].

La introducción de este contexto arbóreo junto con la terminación doméstica propia de construcciones vernáculas en los edificios secundarios, redujo el impacto de unas instalaciones científicas tan discordantes en un medio rural como ése. De este modo el complejo trata de integrarse en su entorno a través de un ejercicio de mímesis.

Aunque con los años se añadirían nuevos inmuebles al conjunto, inicialmente el observatorio ya estaba formado por varias estructuras: el edificio principal, varias residencias, un cobertizo y cinco construcciones destinadas, y diseñadas expresamente, para un instrumento astronómico en particular. Estas cinco edificaciones resultan conceptualmente muy básicas y de una clara elementalidad arquitectónica pese a su importante desarrollo técnico. Fundamentalmente, cada una de ellas resuelve la

protección de su instrumento y del observador frente a incidencias ambientales que puedan lastrar la calidad de la observación.

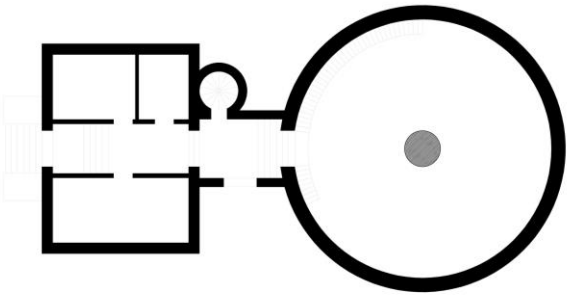


Figura 6.16 – Observatorio de Hamburgo (Bergedorf). Edificio del gran refractor. Planta.

El principal edificio astronómico es el ocupado por el gran refractor que se encuentra en la parte sur de la parcela. Éste se compone de una estructura cilíndrica que sirve de apoyo a una cúpula donde se resguarda el telescopio instalado en su propio soporte estructuralmente independiente. Como ya era habitual, la cúpula puede rotar y abrirse para permitir las observaciones y el suelo podía desplazarse verticalmente para facilitar la labor del astrónomo. A este cilindro se adosa un prisma menor donde se podían desarrollar trabajos previos o posteriores a la observación en sí, o hacer pequeños descansos.

Dispuestos hacia el norte de este terreno aparecen las construcciones destinadas respectivamente al reflector y al astrógrafo, que sustancialmente repiten el diseño del gran refractor reduciendo su tamaño. Y más pequeña es la sencilla estructura cupular que contiene el ecuatorial al sureste del conjunto.

El extremo meridional de la parcela acoge el edificio del círculo meridiano. Formado también por dos cuerpos anexos, repite el patrón al quedar uno de ellos dedicado al instrumento y el otro a los trabajos derivados de la observación. Sin embargo, el particular funcionamiento astronómico de esta instalación lo diferencia sustancialmente de los edificios con cúpula referidos. Al requerir una observación alineada de norte a sur, la sala del círculo meridiano presenta una planta rectangular orientada de este a oeste, en el que la cubierta es una bóveda cilíndrica con una abertura practicable para dejar una vista ininterrumpida alineada con el meridiano. Este edificio

se complementa con una pequeña construcción situada al norte del mismo cuya finalidad es mantener calibrado el instrumento óptico.

En cuanto a los inmuebles no dedicados a la astronomía, el edificio principal es de una arquitectura palaciega neobarroca, acorde al estilo predominante de ese período. Contaba con dos plantas en las que se incluían oficinas, despachos, una biblioteca, la sala de los relojes y otros servicios. Al sur quedaba la vivienda del director y al norte la residencia del personal investigador y una casa para los cuidadores.

El Observatorio de Hamburgo-Bergedorf dejó atrás la ciudad para trasladarse a una ubicación remota pasando de un edificio polifuncional a un conjunto de construcciones altamente especializadas para su función, en especial para diferentes instrumentos de observación. Además, se abrió a la nueva astrofísica sin dejar atrás la astronomía clásica. Por todo ello, se puede resumir que este observatorio constituye un perfecto ejemplo de la transición hacia la contemporaneidad, tanto desde un punto de vista arquitectónico como astronómico.

Observatorio Sphinx (1937/1960)

A finales del siglo XIX, se otorgó la concesión para las obras del ferrocarril del Monte Jungfrau, la cual estaba vinculada a la implantación de un complejo de investigación científica [NOTA: Anon. (1938): "Die Wetterwarte auf der Sphinx am Jungfraujoch". p. 287]. La idea de este centro de alta montaña surgió del meteorólogo Alfred de Quervain y contó con el apoyo de la Academia Suiza de las ciencias para constituir y presidir una comisión dedicada a ese fin [NOTA: Balsiger, H.; Flückiger, E. (2016): "The High Altitude Research Station Jungfraujoch – the early years". pp. 352-353]. Sin embargo, ya en los años veinte, antes de que dicho complejo estuviese siquiera iniciado, el puerto de montaña Jungfraujoch contaba ya con varios edificios asociados al turismo conectados con la estación de tren: un teleférico y dos hoteles, uno de los cuales contaba desde su inauguración con un equipo de observación astronómico instalado en una terraza [NOTA: Rucki, I. (1999): "Bauen unter Extrembedingungen : die Hochalpine Forschungsstation und das SpinxObservatorium auf dem Jungfraujoch". pp. 30-31].

Tras la muerte de Quervain, se incrementó la magnitud del proyecto, que desde entonces buscaría una implicación internacional y ampliaría sus pretendidos campos de estudio (medicina, meteorología, radiación y astronomía) [NOTA: Balsiger, H.; Flückiger, E. (2016): "The High Altitude Research Station Jungfraujoch – the early years". p. 354].

Esta nueva iniciativa produjo como resultado la Estación de Investigación a Gran Altura de Jungfraujoch, constituida en un edificio inaugurado en 1931 que contaba con laboratorios, zonas de trabajo y espacios residenciales; y cuyas características constructivas eran las comunes de las edificaciones autóctonas de alta montaña: adaptada a la orografía para minimizar daños por desprendimientos [NOTA: Rucki, I. (1999): "Bauen unter Extrembedingungen : die Hochalpine Forschungsstation und das SpinxObservatorium auf dem Jungfraujoch". p. 31].

No obstante, este edificio no satisfacía las necesidades de astrónomos ni meteorólogos, por lo que se decidió la instalación de un nuevo edificio enfocado a estas actividades para que se convirtiese en un centro de referencia. De este modo, se resolvió que dicha estructura se situaría en un prominente pico próximo conocido como Sphinx Rock [NOTA: Balsiger, H.; Flückiger, E. (2016): "The High Altitude Research Station Jungfraujoch – the early years". p. 354].

El observatorio quedaría ubicado en una remota cumbre a más de tres mil quinientos metros sobre el nivel del mar sin ningún camino o ruta aparente que condujese hasta la cima. Estaría sobre pronunciadas pendientes quedando muy expuesto a los vientos y al clima, aunque con unas óptimas vistas del cielo [NOTA: Müller, P. (1992): *Sternwarten in Bildern: Architektur und Geschichte der Sternwarten von den Anfängen bis ca. 1950*. p.167].

El proyecto se encargó al arquitecto Otto Fahrni, que contó con la colaboración del ingeniero Hans Beetschen [NOTA: Anon. (1938): "Die Wetterwarte auf der Sphinx am Jungfraujoch". p. 287]. El observatorio fue concebido desde su origen como un centro de turismo e investigación. Además, su diseño se basó en las arduas condiciones constructivas y en las soluciones locales más habituales. [NOTA: Rucki, I. (1999): "Bauen unter Extrembedingungen : die Hochalpine Forschungsstation und das SpinxObservatorium auf dem Jungfraujoch". pp. 34-36] Debido a estas circunstancias el edificio se destaca aislado rematando la cumbre sobre la que se sitúa, aunque

simultáneamente, por su semejanza con otras construcciones alpinas y su acabado con piedra vernácula, se mimetiza como algo intrínseco a la montaña y al paisaje.

La dificultad de acceso a la cumbre por las escarpadas y heladas laderas, junto con el intempestuoso clima, propiciaron la conexión con la cima a través del interior de la montaña con un túnel vertical de ciento diez metros de alto, que enlazaba con una red de galerías subterráneas, donde se instaló un ascensor. De este modo, tanto el tren como este elevador facilitaron el transporte de los elementos de construcción y del personal a la obra [NOTA: Anon. (1938): "Die Wetterwarte auf der Sphinx am Jungfraujoch". pp. 288-289].

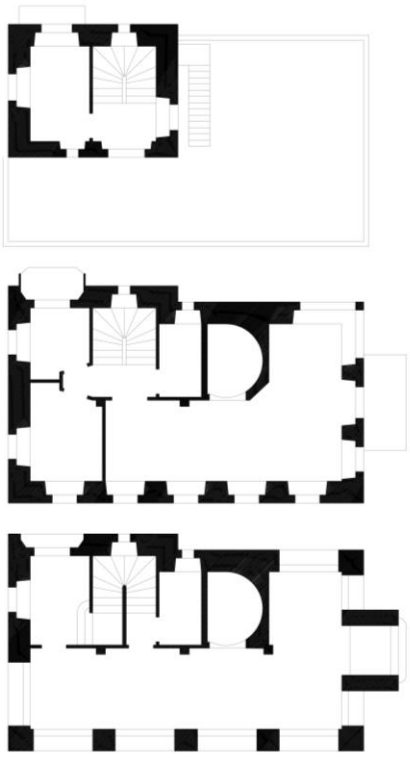


Figura 6.17 – Fotografía del Observatorio Sphinx y el resto de la Estación de Investigación (1937).

Las malas condiciones atmosféricas y los cortos plazos pretendidos para la ejecución dieron lugar a la construcción de una envolvente temporal, a modo de cobertizo, en cuyo interior se levantaría el observatorio. De esta forma, se resguardarían los trabajadores y la propia obra del viento y las tormentas, para conseguir acabar el edificio en unos pocos meses. La apertura oficial del Observatorio Sphinx tuvo lugar en octubre de 1937 [NOTA: Anon. (1938): "Die Wetterwarte auf der Sphinx am Jungfraujoch". pp. 288-289].

En su origen, el edificio se levanta sobre una pequeña planicie generada en la cumbre de la montaña. La construcción es prismática, formalmente sencilla, y se alinea de este a oeste. Un primer volumen rectangular de dos alturas forma el cuerpo principal, sobre el que se encuentra un casetón de menor tamaño que se abre a una terraza que

ocupa el resto de la planta superior. En el alzado oriental, un pequeño volumen prominente conforma la puerta de salida a la explanada. La envolvente es de mampostería, de piedra procedente del propio terreno excavado, con diversos tipos de huecos: grandes y panorámicos en el nivel inferior, más reducidos en el piso intermedia, y pequeños en la planta más alta, donde también hay una puerta a la terraza. La fachada, sin más ornato, queda rematada por una barandilla que acota una pasarela que rodea el edificio al sur. Protección que se repite en el perímetro de la terraza y sobre el casetón, donde se asciende por una escalera exterior hasta una pequeña plataforma rematada por una aguja con un anemómetro y una veleta.



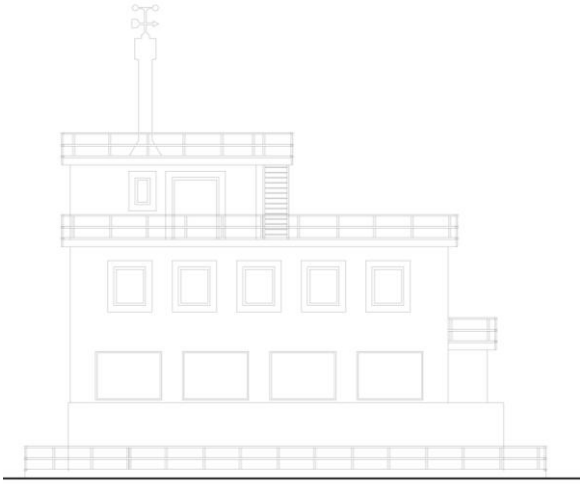


Figura 6.18 – Observatorio Sphinx. Plantas.

Figura 6.19 – Observatorio Sphinx. Sección.

Al observatorio se accedía necesariamente desde abajo, a través del ascensor, que conectaba las galerías subterráneas con el sótano y las dos primeras plantas del edificio. Todos los niveles quedaban comunicados además por una escalera. La planta soterrada era de menor tamaño, y quedaba íntegramente destinada a las instalaciones. El piso inferior era un espacio diáfano abierto al uso público en el que grandes ventanales ofrecían vistas en todas direcciones y desde donde se podía salir a la explanada exterior. La primera planta contaba con una amplia zona de trabajo, un cuarto oscuro, un aseo y

un pequeño espacio residencial con cocina. El nivel más alto tiene una sala meteorológica y de radiación. Además, las terrazas se usaban para la observación astronómica y para pruebas meteorológicas [NOTA: Anon. (1938): "Die Wetterwarte auf der Sphinx am Jungfraujoch". p. 288].

La arquitectura del edificio es masiva, con una gruesa envolvente de hormigón armado y piedra para conseguir una inercia térmica. Los parámentos también incorporan paneles aislantes y acabados en madera que, junto a la calefacción, ayudan a evitar el frío exterior.

En todo caso, resulta llamativo que el observatorio contase con un telescopio fijo en su origen. No sería hasta los años cincuenta cuando se instalase una cúpula (de cinco metros) para coronar la construcción, con lo que además se cerró la terraza superior para conseguir una planta más. Y su correspondiente telescopio no se montaría hasta 1960. Pocos años más tarde, en 1967, se reemplazaron tanto la citada cúpula por otra mayor (de seis metros), como el telescopio por otro más potente. Este nuevo equipo atrajo a más grupos de investigación de los posibles, con lo que se inició una nueva estación de investigación próxima adonde se terminaría trasladando toda la función astronómica [NOTA: Balsiger, H.; Flückiger, E. (2016): "The High Altitude Research Station Jungfraujoch – the early years". pp. 354-355].



Figura 6.20 – Observatorio Sphinx en el presente.

Con su inauguración, el Observatorio Sphinx se convirtió en el centro astronómico más alto de Europa [NOTA: Müller, P. (1992): *Sternwarten in Bildern: Architektur und Geschichte der Sternwarten von den Anfängen bis ca. 1950*. p.167] y se ha mantenido ininterrupidamente conectado por tren con diversas poblaciones [NOTA: Rucki, I. (1999): "Bauen unter Extrembedingungen : die Hochalpine Forschungsstation und das SpinxObservatorium auf dem Jungfraujoch". p. 30], lo que favoreció una atención turística creciente que, a finales del siglo XX, dio lugar a una importante ampliación del complejo [NOTA: Balsiger, H.; Flückiger, E. (2016): "The High Altitude Research Station Jungfraujoch – the early years". p. 355]. Un nuevo volumen de tamaño similar al edificio original, se adosó al lado oeste de la construcción, quedando cerrado por una envolvente de vidrio y posado sobre una gran estructura de hormigón. Y aunque indudablemente habrá mejorado la oferta turística ha alterado gravemente la imagen del observatorio. Antaño una prolongación de la montaña, ahora un artificio aferrado a ésta.

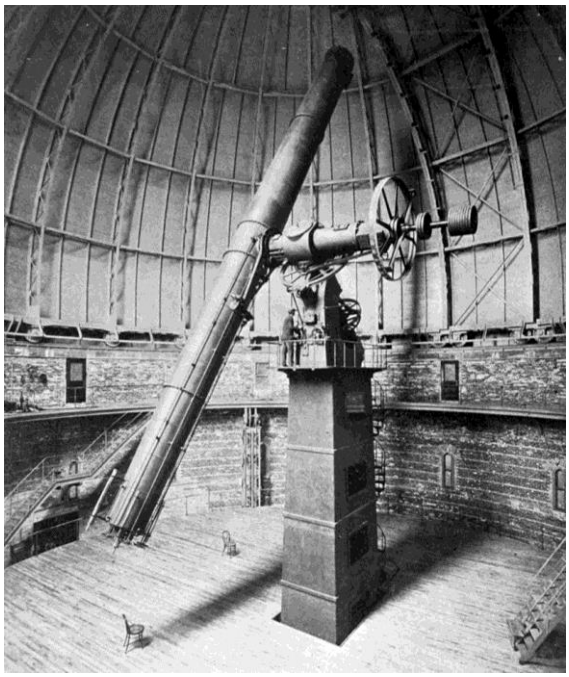
Consecuencias del aumento de escala

La inauguración del Observatorio de Hamburgo-Bergedorf precedió a un período de inestabilidad claramente acotado desde la Primera Guerra Mundial (1914-1918) hasta la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), incluyendo los años de entreguerras. Durante este lapso temporal, tanto la posible financiación como los pensamientos de buena parte de los científicos, y de la población en general, estarán enfocados en sendos conflictos bélicos, sus imprevisibles consecuencias o en la recuperación tras estos. Por todo ello, hasta prácticamente la mitad del siglo XX no se construirá ningún nuevo observatorio astronómico de relevancia. Las únicas excepciones digna de mención serán el anteriormente expuesto Observatorio Sphinx de Suiza y el Observatorio Griffith de Los Ángeles, surgido entre ambas contiendas por el tenaz impulso de un inversor privado [NOTA: véase el apartado "Observatorio Griffith", p.261].

Con anterioridad a este paréntesis, durante el siglo XIX se había sucedido una carrera por conseguir el telescopio más grande del mundo que, tal vez, más que afán científico lo que representaba era ambición de fama, prestigio o reconocimiento. Así, esta pugna se inició con el gran refractor de Pulkovo (de 38 centímetros de diámetro) de 1839, superado por el Washington (de 66 centímetros) de 1844. Dicha competición se recrudeció hacia finales de siglo cuando se instaló el nuevo instrumento de Pulkovo (de

76 centímetros) en 1885, al que siguieron el de Niza (de 77 centímetros) en 1886 y posteriormente el telescopio principal del Lick (de 91 centímetros) en 1888. La disputa de los grandes refractores se extendería hasta el de Yerkes (de 102 centímetros) en 1897, que continúa siendo el telescopio refractor más grande del mundo.

Además de las dificultades técnicas que complicaban este redundante crecimiento de los instrumentos, sería un cambio en el sistema prevalente de los telescopios lo que acabaría por poner fin a esta competición. Aunque los telescopios basados en espejos llevaban décadas siendo instalados en los observatorios, su papel siempre había sido secundario en relación a la trascendencia de los grandes refractores. No obstante, su importancia iba a incrementarse gracias a los avances tecnológicos que posibilitarían la fabricación de los espejos requeridos en paralelo al desarrollo mismo de la astrofísica. Así, a partir de la instalación del gran reflector del Observatorio Mount Wilson (de 152 centímetros) en 1908 y, sobre todo, desde la inauguración en ese mismo complejo del gran reflector Hooker (de 254 centímetros) en 1917 se iniciaría una nueva competencia por construir el telescopio reflector más grande del mundo. Una aspiración que se ha mantenido hasta la actualidad.



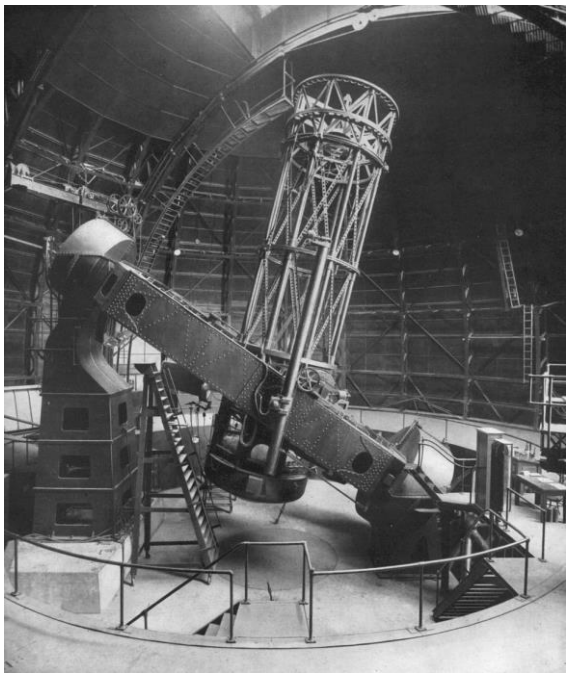


Figura 6.21 – Refractor de 102 cm del Observatorio Yerkes.

Figura 6.22 – Reflector de 254 cm del Observatorio Mount Wilson.

Independientemente del tipo de instrumento al que se aluda, el crecimiento exponencial alcanzado durante estas disputas llegó a unas magnitudes tan grandes que

rivalizaba con la propia escala de la arquitectura que debía contenerlo. Esto iba a implicar un aumento del tamaño de los edificios que albergaban los telescopios que produciría una gran cantidad de espacio contenido que podía llegar a ser ocupado por otros usos.

De igual forma, los grandes instrumentos iban a requerir unos soportes estructurales mayores. Hasta tal punto que la escala que adquirirían iba a generar unos espacios interiores que incluso permitirían el acomodo de algunas funciones.

De este modo, los proyectos destinados a estos grandes telescopios incorporarían o podrían incorporar suficientes funciones secundarias (despachos, cuartos de trabajo, salas de reuniones, laboratorios, almacenes, talleres, salas de descanso, aseos…) como para poder contener la práctica totalidad del programa que necesitaba todo un observatorio. Así, cada construcción prevista para un instrumento en particular podía tener suficiente autonomía para constituir por sí mismo todo un observatorio astronómico.

Al mismo tiempo, esta independencia posibilitaba una absoluta libertad en el diseño del proyecto, que podía ajustarse y especializarse en base a las necesidades concretas de observación del instrumento que albergaría, optimizando su solución de observación, adaptándose a su ubicación y entorno, y acomodando el resto de usos secundarios requeridos a su arquitectura.

A partir de este punto, los observatorios más importantes se constituirían como conjuntos de estructuras independientes donde, habitualmente, se incluirían inmuebles que contendrían algunos usos accesorios (residencias, cafeterías, exposiciones, salas para visitantes…), otras construcciones destinadas a instrumentos astronómicos y los edificios principales destinados a los grandes telescopios junto con las funciones primarias (salas de reuniones, cuartos de trabajo, laboratorios, despachos…), que constituirían la propia esencia del observatorio.

Telescopio Hale (1948)

Situado en la cima del Monte Palomar, California, y siendo el principal instrumento del Observatorio Palomar, el origen tanto del Telescopio Hale como de su edificio

arranca en 1928, cuando su principal responsable e impulsor, George Hale, consiguió la subvención de la *Fundación Rockefeller* para fabricar e instalar el mayor y más preciso reflector del mundo [NOTA: recuperado de "A History of Palomar Observatory" de la página oficial de los *Observatorios Ópticos de Caltech*: http://www.astro.caltech.edu/observatories/coo/]. Aunque atendiendo al historial de los más grandes telescopios de su tiempo promovidos por Hale en los observatorios de Yerkes o Mount Wilson no se puede descartar que la semilla de este proyecto se remonte hasta años antes.

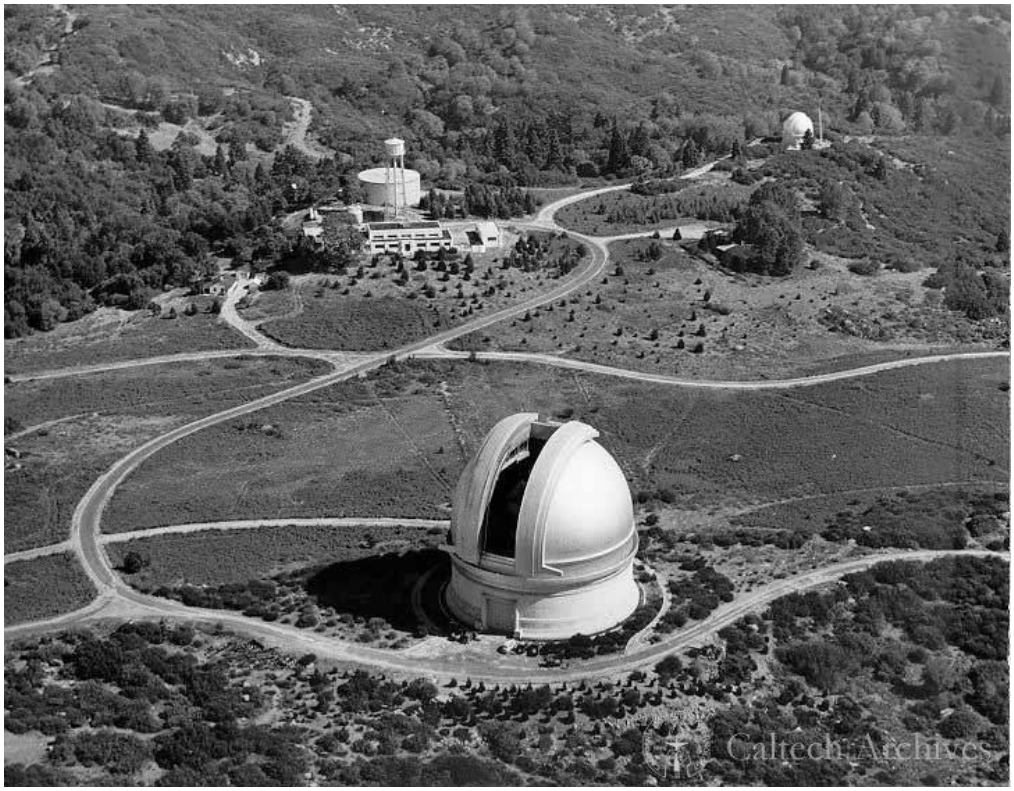


Figura 6.23 – Telescopio Hale (circa 1950).

Conseguida la financiación, Hale conformó un equipo de arquitectos, ingenieros y técnicos para diseñar las distintas partes del proyecto: la montura del telescopio, su espejo y el propio edificio con las construcciones secundarias. El siguiente paso era decidir una buena ubicación, lo que se consiguió en 1934 con el Monte Palomar tras la aprobación del propio astrónomo y la compra de los terrenos por parte del *California Institute of Technology* (Universidad de *Caltech*). Las obras comenzaron inmediatamente [NOTA: The California Institute of Technology (1948): vídeo documental *The Story of Palomar Observatory*] [NOTA: recuperado de "A History of

Palomar Observatory" de la página oficial de los *Observatorios Ópticos de Caltech*: http://www.astro.caltech.edu/observatories/coo/].

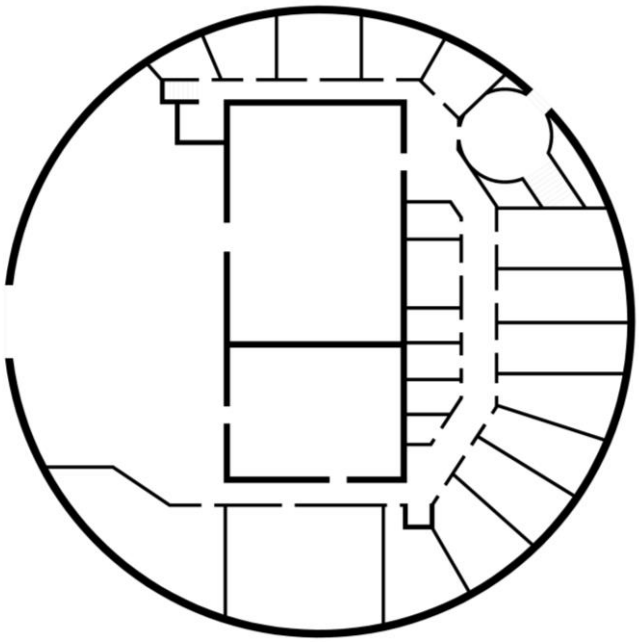


Figura 6.24 – Telescopio Hale. Planta.

Pese a que la fabricación de la montura del telescopio no comenzó hasta dos años más tarde, tanto el edificio como el propio instrumento estaban listos para 1939, con la salvedad del espejo del reflector que se retrasó por diversas complicaciones y dificultades durante su producción. Así, con el vertido, el transporte, la molienda y el pulido en el taller óptico además los retrasos producidos durante la Segunda Guerra Mundial, pasaron catorce años desde que comenzó la ejecución del espejo de doscientas pulgadas hasta que estuvo instalado en el Monte Palomar. Finalmente, la inauguración tuvo lugar en 1948 en un evento con casi mil invitados bajo la propia cúpula del edificio, donde el telescopio recibió el nombre de Hale en homenaje a su principal impulsor, fallecido diez años atrás [NOTA: recuperado de "The 200-inch (5.1-meter) Hale Telescope" y de "A History of Palomar Observatory" de la página oficial de los *Observatorios Ópticos de Caltech*: http://www.astro.caltech.edu/observatories/coo/]

El diseño de los diferentes edificios del complejo astronómico recayó sobre el arquitecto Russell W. Porter, con la asistencia del astrónomo Francis Pease. Porter visitó el lugar para determinar la posición de las construcciones y su definición arquitectónica, que pese a su dispersión por el monte constituiría un conjunto

claramente marcado por una identidad visual. Para ello, Porter optó por una estética propia del lugar en el que se iba a instalar: un estilo Art Decó predominante durante esos años en el sur de California [NOTA: recuperado de "The Architecture of Palomar Observatory" de la página oficial de los *Observatorios Ópticos de Caltech*: http://www.astro.caltech.edu/observatories/coo/].

En todo caso, Porter pretendía una arquitectura honesta. Según sus propias palabras el edificio "debe expresar las funciones del mecanismo que cubre". De este modo, el telescopio quedaba elevado del suelo mediante una gran estructura metálica que hacía las veces de soporte estructuralmente aislado del resto del edificio, lo que se reflejaba en la construcción. Ésta se componía de una base cilíndrica, que albergaba dos niveles que aprovechaban el espacio libre resultante en el soporte ocupándolo con usos accesorios. Sobre esta base se situaba la cúpula de cuarenta y dos metros de diámetro que cobijaba el gran reflector con la zona de observación y la sala de control del telescopio [NOTA: recuperado de "The Architecture of Palomar Observatory" de la página oficial de los *Observatorios Ópticos de Caltech*: http://www.astro.caltech.edu/observatories/coo/].



Figura 6.25 – Interior de la cúpula durante su inauguración.

El telescopio Hale se mantuvo como reflector el más grande del mundo durante más de un cuarto de siglo. Y aunque no sería hasta 1949 cuando los investigadores comenzasen con su trabajo, la calidad y precisión del instrumento fue tan importante que no sólo continúa en activo, sino que es productivo y científicamente relevante en el

presente [NOTA: recuperado de "A History of Palomar Observatory" de la página oficial de los *Observatorios Ópticos de Caltech*: http://www.astro.caltech.edu/observatories/coo/].

El edificio del telescopio Hale se iba a convertir en un precursor, en un referente o directamente en un modelo a imitar por todos los proyectos posteriores para grandes reflectores: el instrumento elevado sobre una estructura que generaría unos espacios aprovechables para almacenes, cuartos de trabajo, laboratorios, talleres o incluso zonas para visitas y turistas; sobre todo esto, en la parte superior, el espacio de observación y el telescopio protegido bajo la cúpula.

Telescopio C. Donald Shane (1959)

Los responsables del Observatorio Lick ya eran conscientes desde el cambio de siglo de que los instrumentos que disponían, incluyendo sus dos telescopios principales, se habían quedado obsoletos. Por lo tanto, la institución había sido relegada de la posición puntera en la investigación astronómica en la que se encontraba hacía no demasiado tiempo. De ahí deriva que los sucesivos directores que ocuparon el cargo reclamasen unos fondos para costear un gran reflector. Esta financiación no sería aprobada hasta principios de la Segunda Guerra Mundial, quedando postergada hasta la finalización del conflicto bélico [NOTA: Vasilevskis, S. and Osterbrock, D.E. (1989): "Charles Donald Shane. 1895-1983". *Biographical Memoir*. National Academy of Science. Washington D.C. p.498].

Hacia el final de la guerra, C. Donald Shane, que por entonces era profesor de astrofísica en el departamento de astronomía de Berkley, fue nombrado nuevo director del Observatorio Lick con el objetivo de devolverlo la primera línea de la investigación. Esto pasaba necesariamente por un nuevo telescopio. Con un sentido claramente pragmático, Shane creó un comité asesor en el que se incluyeron astrónomos de los observatorios del Monte Wilson y del Monte Palomar, que tenían experiencia en grandes reflectores. Así, en base a este bagaje adquirido el comité se decantó por un telescopio de ciento veinte pulgadas que estaba en un rango de dimensiones que permitiría una fabricación con un coste y duración moderados al evitar una ingeniería

novedosa o experimental [NOTA: Chappell, J.F. and Baustian, W.W. (1955): *120-Inch Album*. Sky Publishing Corporation. Massachusetts. p.4].



Figura 6.26 – Telescopio C. Donald Shane en sus inicios con el Observatorio Lick al fondo.

Shane participó tanto en el diseño del propio telescopio como en del propio edificio que lo albergaría, colaborando con los arquitectos e ingenieros que participaron en el proyecto. Su implicación fue tal, que intervino para conseguir más fondos cuando los costes previstos aumentaron. Pese a que esperaba dirigir, al menos, la inauguración del reflector, los retrasos hicieron que dejase el cargo el 1958, antes de que el telescopio viese su primera luz, para convertirse en presidente de la Asociación de Universidades para la Investigación en Astronomía (AURA, por sus siglas en inglés) [NOTA: Vasilevskis, S. and Osterbrock, D.E. (1989): "Charles Donald Shane. 1895-1983". *Biographical Memoir*. National Academy of Science. Washington D.C. p.499] [NOTA: recuperado de "Shane Telescope Overview" de la página oficial de los *Observatorios de la Universidad de California*: https://www.ucolick.org/public/telescopes/shane.html].

La construcción del edificio para el reflector concluyó en 1952. En su interior se pulió y terminó el espejo, que finalmente completó el instrumento. De este modo, con una colaboración constante con los astrónomos y trabajadores de los otros observatorios referidos, el telescopio estuvo operativo en 1959 [NOTA: Chappell, J.F. and Baustian, W.W. (1955): *120-Inch Album*. Sky Publishing Corporation. Massachusetts. p.5] [NOTA: Baustian, W. W. (1952): "Completion of Dome for Lick 120-Inch Reflector". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 67, No. 378, p.122].

En lo relativo al diseño del edificio, el proyecto arquitectónico fue desarrollado inicialmente por Norman L. Low, que falleció sin poder llegar a ver materializada su propuesta. Por otro lado, los aspectos de ingeniería fueron llevados a cabo por el estructurista John G. Case [NOTA: Baustian, W. W. (1950): "The Present Status of the 120-Inch Reflector for the Lick Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 62, No. 365, p.89] y por el ingeniero W. W. Baustian, atendiendo especialmente este último a la ejecución tanto del edificio como del telescopio [NOTA: Chappell, J.F. and Baustian, W.W. (1955): *120-Inch Album*. Sky Publishing Corporation. Massachusetts. p.4].

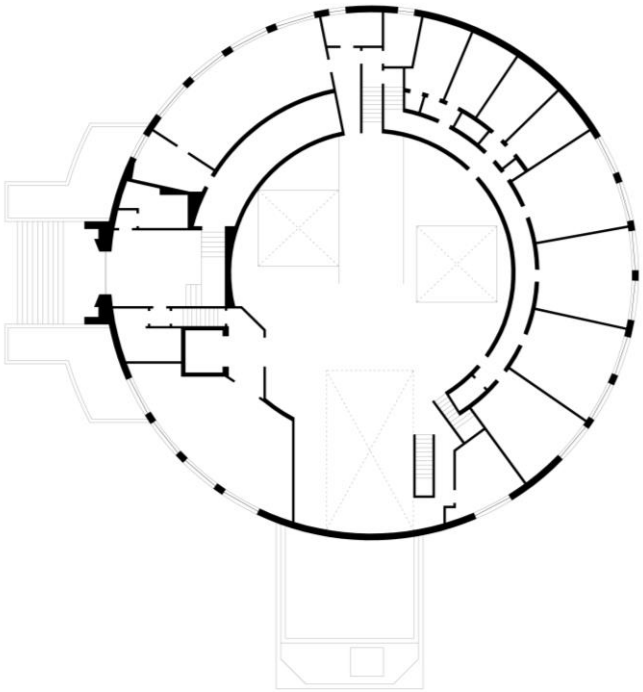


Figura 6.27 – Telescopio C. Donald Shane. Planta.

Como empezaba a resultar habitual, el edificio se componía de una base cilíndrica, donde se desarrollaría la mayor parte del programa de usos en espacios compartimentados, y que sostendría una cúpula con su correspondiente sistema de apertura que acotaría el espacio principal, en donde se situaría el gran reflector instalado sobre su soporte estructuralmente aislado e independiente. En este caso, las dimensiones del conjunto son treinta metros de diámetro y otros treinta metros de altura.

Aunque la concepción del proyecto no resultase novedosa, sí que evolucionó y consolidó el modelo de edificio-telescopio que comenzaba a afianzarse en los

observatorios contemporáneos, incorporando algunas variantes o adaptaciones técnicas a partir del conocimiento empírico compartido por parte de los astrónomos y trabajadores de otros centros semejantes.

En este sentido, no solo el movimiento del telescopio y la cúpula estarían mecanizados, sino que también lo iban a estar tanto la plataforma de observación como la propia silla del observador [NOTA: Baustian, W. W. (1961): "The Lick Observatory 120-Inch Telescope". *Telescopes, Stars and Stellar Systems*. University of Chicago Press. Chicago. p.22]. Además el proyecto iba a integrar un taller de óptica excavado en la parte inferior de la obra, que incluiría máquinas de molienda y de pulir, un tanque de vacío para aluminizar e incluso un túnel de luz, que por sus alargadas dimensiones se extendería bajo rasante hasta más allá del perímetro del edificio. Igualmente la construcción también iba a contar con un acceso para camiones hasta una zona desde donde poder operar su carga a través de una abertura del forjado mediante una grúa en la parte superior de la cúpula.

En el edificio, cada posible uso o necesidad de los trabajadores (o visitantes) se asignó a un espacio, tratando de facilitar todo lo posible el desempeño investigador de los astrónomos. Toda esta distribución programática se organizó en dos niveles, incluyendo el recibidor, una galería para visitas desde donde se puede ver el gran reflector, talleres para maquinaria, laboratorios, almacenes, zonas de trabajo, cuartos oscuros, despachos, oficinas… Además, cuidando el confort de los ocupantes habituales, se añadieron cuartos para descansar, un salón, una cocina y un ascensor. Sobre estos dos niveles se encontraba una galería abierta al espacio principal y, por encima de ésta, una pasarela perimetral en el arranque de la cúpula.

Adosado a la base cilíndrica, sobresalía un cuerpo prismático que se adentraba en el terreno. Este espacio correspondía a la sala coudé y, en una entreplanta, la sala de la hora estándar.

Pese a que se había decidido moler y pulir el espejo en el taller del propio edificio, por lo que su conclusión debía ser anterior a la del telescopio, lo cierto es que todo el proyecto estuvo supeditado al diseño del reflector, en especial a sus dimensiones y a los diferentes focos con los que contaría.

Convirtiéndose desde su puesta en funcionamiento en uno de los instrumentos astronómicos más importantes del mundo, el reflector de ciento veinte pulgadas del Observatorio Lick no sería bautizado con su denominación actual hasta 1977, cuando en reconocimiento a su trabajo para conseguir su materialización, fue renombrado como Telescopio C. Donald Shane [NOTA: recuperado de "The Shane 3-Meter Reflector" de la página oficial de los *Observatorios de la Universidad de California*: http://loen.ucolick.org//Shane/Shane.html]

BTA-6 (1975)

El Observatorio de Pulokvo había sido el principal observatorio de Rusia desde su finalización, pero aunque en su fundación contaba con el mayor refractor de su época [NOTA: véase el apartado "Observatorio de Pulkovo", p.223], el avance tecnológico lo había dejado obsoleto, quedando relegado a un segundo plano en la investigación astronómica. De ahí que a mediados del siglo XX se comenzase a considerar la necesidad de instalar un nuevo gran telescopio que devolviese a la astronomía rusa a la primera línea [NOTA: Leverington, D. (2017): Observatories and Telescopes of Modern Times. Cambridge Universit Press. Reino Unido. P.107].

Tras la guerra, la hegemonía de los telescopios estadounidenses era absoluta, con lo que la aspiración del Gobierno de la URSS no quedaría satisfecha con un gran reflector, sino que aspiraría a superar al Hale como el telescopio más grande del mundo. De ahí que, en 1960, se decretase la creación de un observatorio con un instrumento principal con un espejo de seis metros de diámetro, cuyo integro diseño y producción se encomendase a científicos, técnicos y fabricantes nacionales [NOTA: recuperado de "Создание Большого Азимутального Телескопа БТА" de la página oficial del *Observatorio Astronómico Especial* de la *Academia Rusa de las Ciencias*: https://www.sao.ru/hq/sekbta/40_SAO/SAO_40/SAO_40.htm].

En este punto, la Academia de las Ciencias Rusa desarrolló una búsqueda sobre el lugar más propicio para la implantación del telescopio, donde se consideró el clima, su posición geográfica y su accesibilidad para el transporte de piezas voluminosas y pesadas. A partir de estos criterios, se concluyó que la localización seleccionada estaría en una meseta montañosa próxima al monte Pastukhov, cerca de la población de

Zelenchukskaya, en la zona del Cáucaso. A una altitud de casi dos mil cien metros sobre el nivel del mar [NOTA: recuperado de "Создание Большого Азимутального Телескопа БТА" de la página oficial del *Observatorio Astronómico Especial* de la *Academia Rusa de las Ciencias*: https://www.sao.ru/hq/sekbta/40_SAO/SAO_40/SAO_40.htm].



Figura 6.28 – BTA-6.

Inicialmente, se consideró para el nuevo reflector una solución de montura ecuatorial, igual que se hacía en todos los grandes telescopios ópticos de este tiempo. No obstante, la asimetría propia de esta configuración podría conllevar graves problemas de carga y flexión con un instrumento tan grande. Por el contrario, un montura altazimutal es simétrico y sustancialmente rígido, además de resultar más pequeños, ligeros, fáciles de diseñar y fabricar; por lo tanto, también más económicos. Todo estro propició la decisión de optar por una solución de diseño altazimutal [NOTA: Leverington, D. (2017): Observatories and Telescopes of Modern Times. Cambridge Universit Press. Reino Unido. P.107].

Sin embargo, no todo eran ventajas. Esta solución dificultaba el seguimiento de objetos durante las observaciones, que requerían el giro del instrumento alrededor de dos ejes perpendiculares de forma simultánea a velocidades no uniformes. Esta complicación requirió de una respuesta mediante un sistema de control preciso y automatizado, que gracias a los avances técnicos, se pudo resolver con una computadora

[NOTA: Leverington, D. (2017): Observatories and Telescopes of Modern Times. Cambridge Universit Press. Reino Unido. P.107].

Mientras que el diseño del telescopio se asignó a Bagrat Ioannisiani, la responsabilidad del edificio que lo albergaba recayó sobre la sucursal de San Petersburgo del Instituto Estatal para el Diseño de Institutos de Investigación Científica de la Academia de las Ciencias Rusa. El arquitecto responsable y autor del proyecto fue D. H. Enikeev [NOTA: recuperado de "Создание Большого Азимутального Телескопа БТА" de la página oficial del *Observatorio Astronómico Especial* de la *Academia Rusa de las Ciencias*: https://www.sao.ru/hq/sekbta/40_SAO/SAO_40/SAO_40.htm].

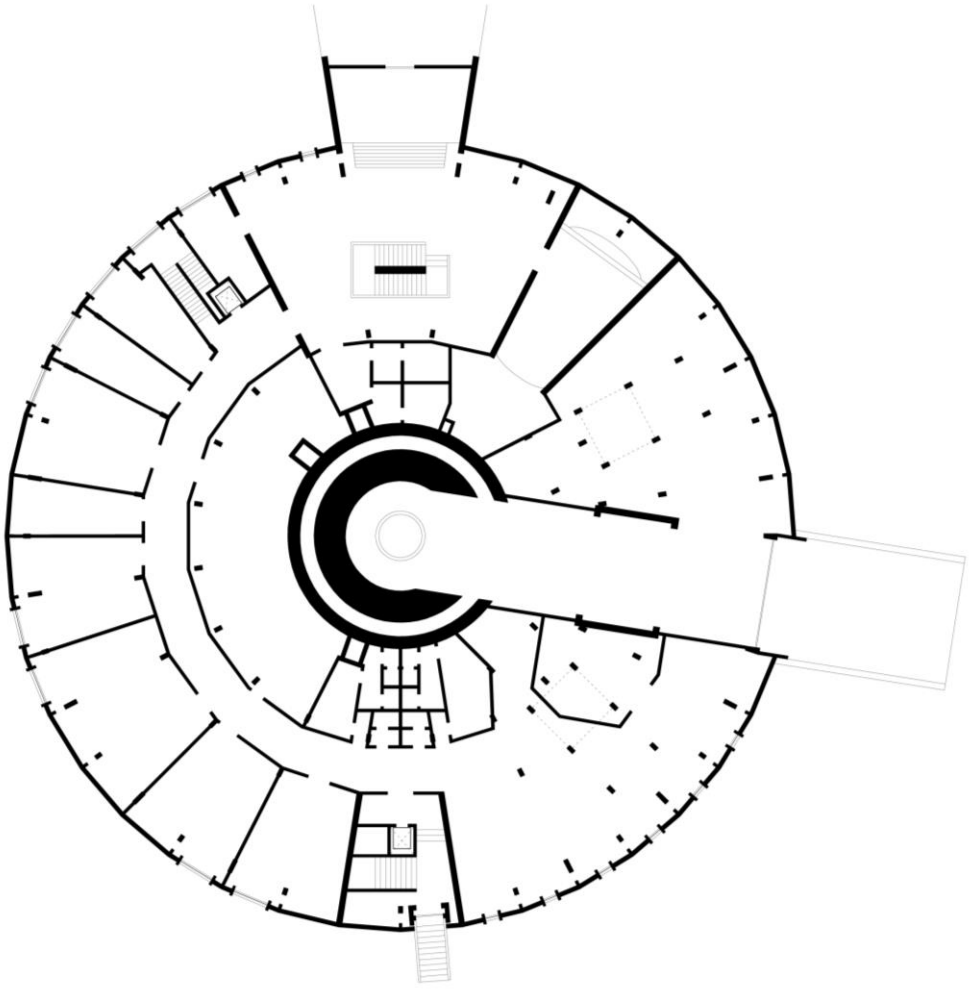


Figura 6.29 – BTA-6. Planta.

Antes de comenzar con las obras de la nueva edificación en sí, se elaboró un modelo a escala real en territorio del Observatorio de Pulkovo donde se instaló el telescopio para comprobar su viabilidad y correcto funcionamiento. Tras completarlo en 1967 se realizaron comprobaciones satisfactorias un año después, tras las cuales se

desmontó el instrumento del modelo para trasladarlo a su ubicación definitiva. De manera paralela a la finalización del prototipo, se inició la construcción del edificio en Zelenchukskaya que estuvo terminada en 1972, aunque todavía tendría que esperar varios años hasta recibir el espejo de seis metros. Definitivamente, el nuevo centro astronómico quedó acabado a finales de 1975, convirtiéndose en el principal instrumento del recién constituido Observatorio Astronómico Especial de la Academia de las Ciencias Rusa (SAO-RAS), y siendo denominado como *Bolshoi Teleskop Alt-azimutalnyi* (traducido como Gran Telescopio Altazimutal) [NOTA: recuperado de "Создание Большого Азимутального Телескопа БТА" de la página oficial del *Observatorio Astronómico Especial* de la *Academia Rusa de las Ciencias*: https://www.sao.ru/hq/sekbta/40_SAO/SAO_40/SAO_40.htm].

Además del edificio del instrumento principal, el proyecto incluía la construcción de una residencia para los astrónomos, los servicios, un sistema de grúa para la instalación y una carretera apta para cargas pesadas.

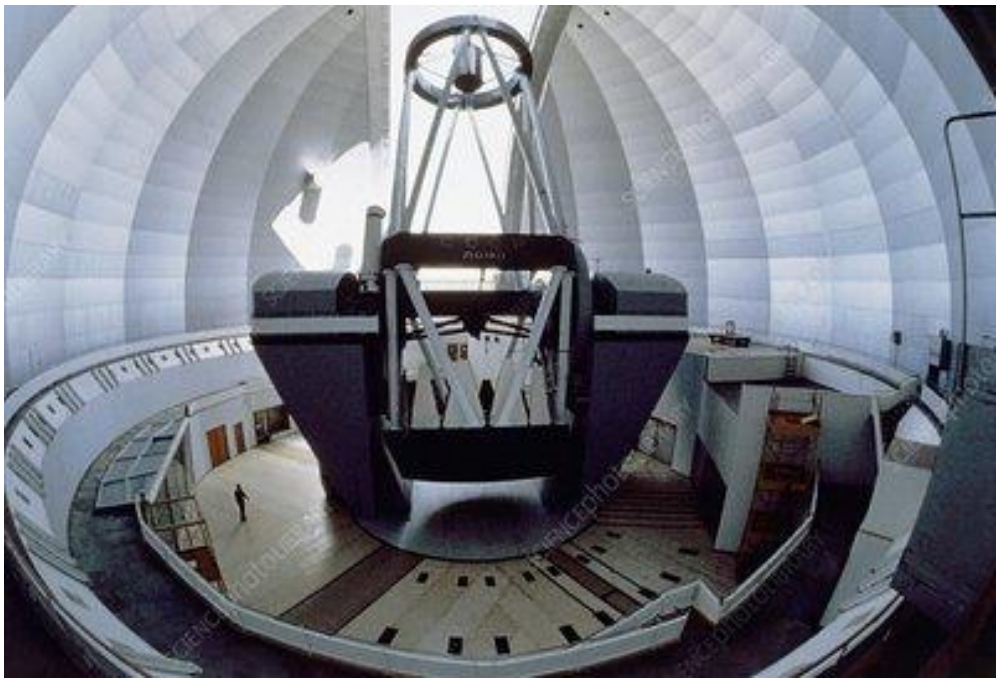


Figura 6.30 – Interior del BTA-6.

Este cambio, en la solución adoptada para el instrumento (pasar de una montura ecuatorial a una altazimutal) tuvo una evidente repercusión en el edificio donde se instalaría. Incluso manteniendo la prioridad en la estabilidad térmica, la supresión de vibraciones y en el correcto funcionamiento astronómico, sin olvidar el confort de los trabajadores, el nuevo sistema de montura implicó cambios en la definición proyectual.

Desde el exterior no se percibía una variación significativa con sus predecesores, ya que respondía al mismo patrón de estructura cilíndrica que soportaba una cúpula móvil; con una altura total de cincuenta y tres metros para un diámetro de cuarenta y cinco metros. No obstante, un análisis de la construcción desvelaba las diferencias.

El proyecto se resolvió como dos elementos independientes. En primer lugar, el reflector con su respectivo soporte. El centro del edificio acogía un gran cilindro de hormigón que arrancaba desde el terreno actuando como cimentación y que contenía la base del sistema que permitía un movimiento equilibrado y fluido del instrumento. Un eje atravesaba verticalmente este bloque hasta sobresalir por encima terminando en una plataforma giratoria donde arrancaba la estructura de la montura del telescopio. Esta estructura era tan grande que trascendía la escala humana, conteniendo espacios "habitables", zonas de observación tanto en la parte superior de los postes verticales de la montura como en un cilindro situado en el propio foco del telescopio.

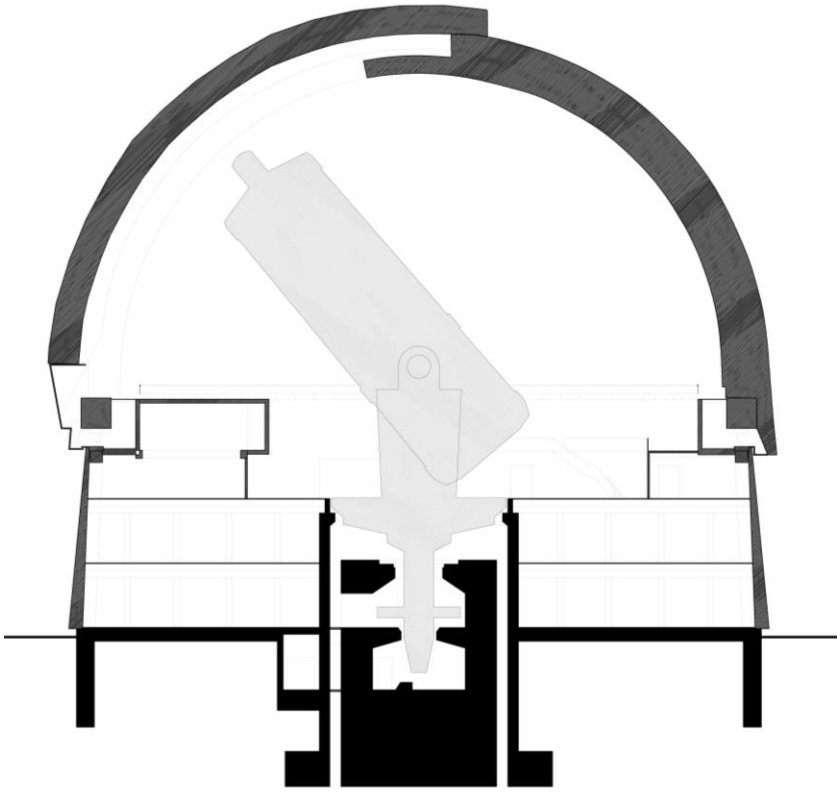


Figura 6.31 – BTA-6. Sección.

En segundo lugar, una construcción anular rodeaba al referido soporte como si fuesen dos edificios completamente independientes (de hecho su funcionamiento estructural lo era para evitar vibraciones). Su interior se organizaba en dos plantas, hasta

la altura de la plataforma giratoria, donde se distribuía todo el programa de usos necesarios para un centro astronómico puntero propio de su tiempo: una recepción, una sala de conferencias, zonas de trabajo, talleres, laboratorios, cuartos para el revelado, despachos, almacenes, una zona de descanso con cocina… Sobre estas dependencias se encontraba el espacio abovedado donde operaba el gran telescopio. En torno a éste se encontraban las galerías donde estaba el centro de control principal del complejo y los talleres para el espejo, y aún por encima, justo en el arranque de la cúpula, una pasarela circular.

Desde su terminación, el BTA-6 se convirtió en el reflector más grande del mundo. Sin embargo, su trascendencia va mucho más allá de este hito, puesto que además sería el primer gran telescopio en tener una montura altazimutal en lugar de ecuatorial, como era habitual hasta entonces; y también sería pionero en tener un sistema de rastreo automatizado por ordenador. Estos avances se asentarían a partir de este telescopio como un estándar habitual en los grandes instrumentos que lo seguirían [NOTA: Leverington, D. (2017): Observatories and Telescopes of Modern Times. Cambridge Universit Press. Reino Unido. P.10].

Observatorio Calar Alto (1975)

Después de la Segunda Guerra Mundial, la situación de la astronomía en Alemania era muy precaria, careciendo de infraestructuras y equipos remotamente comparables a los de otras potencias en la materia. Siendo todavía su principal instrumento el reflector de Hamburg-Bergedorf, la Asociación Alemana de Investigación (DFG: *Deutsche Forschungsgemeinschaft*) elaboró a principios de los años sesenta un informe sobre la situación de la astronomía donde se subrayaba las graves limitaciones que tenían los científicos y la posición marginal a la que había quedado relegada Alemania en astronomía ante la falta de equipamiento adecuado. Además, en este documento se solicitaba el establecimiento de instituciones nacionales con instrumental adecuado para solventar este déficit, incluso situados fuera del territorio alemán [NOTA: recuperado de "25 years of Calar Alto Observatory" de la página oficial del *Instituto de Astronomía Max Planck*: http://www.mpia.de].

Pocos años más tarde, cuando la Sociedad Max Planck decidió instaurar un nuevo Instituto de Astronomía en Heideberg se fijaron las condiciones para establecer una rama de éste en forma de un nuevo observatorio astronómico equipado con varios instrumentos actualizados y situado en la zona mediterránea [NOTA: recuperado de "25 years of Calar Alto Observatory" de la página oficial del *Instituto de Astronomía Max Planck*: http://www.mpia.de].

Por otro lado, la situación de esta ciencia en España tampoco era muy propicia en esta época, careciendo de instalaciones modernas o de potentes instrumentos de observación. De este modo, la oportunidad de fundar un observatorio conjunto con las instituciones alemanas representaba un nuevo impulso para la ciencia española. Así, el Centro de Astronomía Hispano-Alemán (CAHA) se convertiría en una realidad tras el acuerdo firmado en 1972 [NOTA: Barcons, X (2007): "Astronomy in Spain". *The Messenger*, n. 127. Germany. pp.7-8] [NOTA: Margarit, S. (1980): "Centro astronómico de Calar-Alto". *Informes de la Construcción*. n 322. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. p.33].



Figura 6.32 – Observatorio Calar Alto.

Finalmente, el lugar elegido para la instalación fue el pico de Calar Alto, situado al sureste de España en la Sierra de los Filambres. Ubicado a dos mil ciento sesenta y ocho metros sobre el nivel del mar, el sitio cuenta con las bondades climáticas de un tiempo seco y cielos despejados que posibilitan más de doscientas noches de observaciones al

año. En la distribución prevista de las diferentes construcciones que conformarían el complejo por la cumbre, los edificios de las cúpulas se implantaron en las cotas más altas y con mejores condiciones [NOTA: http://www.csic.es/observatorio-astronomico-calar-alto] [NOTA: Barrado, D. et al. (2010): "The Calar Alto Observatory: current status and future instrumentation". *Highlights of Spanish Astrophysics VI, Proceedings of the IX Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society*. Madrid, España. p.637] [NOTA: Margarit, S. (1980): "Centro astronómico de Calar-Alto". *Informes de la Construcción*. n 322. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. p.37].

El complejo se conformó en varias fases. En primer lugar, se instaló un telescopio de ciento veinte centímetros en 1975. Cuatro años después sería puesto en funcionamiento un telescopio de doscientos veinte centímetros, tras lo que se produjo la inauguración oficial de Centro por parte del Rey Juan Carlos I. Sin embargo, no sería hasta 1985 cuando quedaría completado y operativo el gran reflector de tres metros y medio. La instauración de esta institución devolvió a los científicos alemanes la posibilidad de volver a desarrollar su investigación en las mejores condiciones posibles y representó un importante impulso para la astronomía española hasta impulsarla a una posición relevante en el ámbito internacional [NOTA: recuperado de "25 years of Calar Alto Observatory" de la página oficial del *Instituto de Astronomía Max Planck*: http://www.mpia.de].

El edificio del instrumento principal responde, con algunas particularidades, al patrón habitual en este tipo de obras. La construcción se compone de una base cilíndrica de hormigón de treinta y dos metros de diámetro que sostiene la cúpula bajo la que se alberga el reflector. El conjunto alcanza una altura de cuarenta y tres metros. El cuerpo que conforma su base así como los espacios que deja libre la estructura que soporta el telescopio se aprovecha, como en otros casos, para introducir funciones y usos necesarios para la operatividad de la instalación, o incluso para mejorar el confort de los trabajadores o visitantes. Así, esta base se organiza en tres plantas sobre rasante bajo el espacio principal del telescopio. En este espacio, se incluye un programa de usos tan necesario como salas de máquinas, almacenes, talleres, laboratorios, salas de control, cuartos de revelado o salas de trabajo, junto con funciones complementarias como la cámara de vacío y aluminizado. Además, el conjunto cuenta con aseos, un comedor y

una sala de estar que dan servicio a los usuarios, así como hasta una galería para los visitantes.

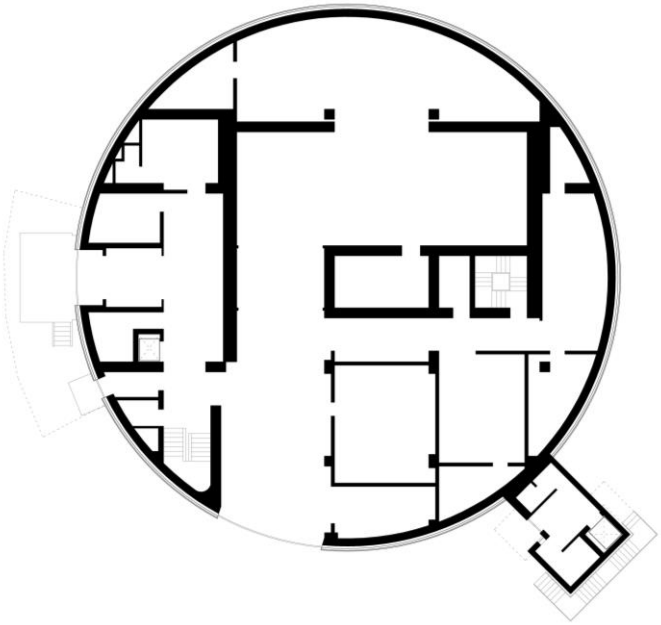


Figura 6.33 – Observatorio Calar Alto. Planta.

Destaca como un elemento singular y reconocible del observatorio una torre de circulación vertical, con escaleras abiertas en torno a un núcleo de ascensor, que se eleva exento y en paralelo al resto de la construcción, respondiendo a una doble razón: funcional, para dar servicio a visitantes, y de seguridad, como medio de evacuación.

Actualmente, el CAHA está gestionado y operado de manera conjunta por el Instituto de Astrofísica de Andalucía (IAA-CSIC) y por el Instituto Max Planck de Astronomía (MPIA) [NOTA: http://www.csic.es/observatorio-astronomico-calar-alto].

Pese a la evolución tecnológica y los avances en esta ciencia, gracias a su mantenimiento y actualización, y a unas óptimas condiciones climáticas, el Observatorio de Calar Alto se mantiene como el centro astronómico más importante de la Europa continental [NOTA: Barrado, D. et al. (2010): "The Calar Alto Observatory: current status and future instrumentation". *Highlights of Spanish Astrophysics VI, Proceedings of the IX Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society*. Madrid, España. pp.637-638].

Observatorio Sierra Nevada (1981)

Las raíces del Observatorio de Sierra Nevada se remontan hasta el Observatorio de Cartuja, fundado en Granada por la Compañía de Jesús a principios de siglo. Sin embargo, anticipando la degradación de las condiciones de observación que supondría el previsible crecimiento de la ciudad se impulsó la fundación del Observatorio de Mohón del Trigo, en Sierra Nevada, como un centro asociado de alta montaña que estaría operativo al iniciarse la década de los setenta [NOTA: Iglesias, J. (2006): "Historia de una fotografía". *Revista IAA. Especial 25 Aniversario del Observatorio de Sierra Nevada*. Instituto de Astrofísica de Andalucía. Granada, España. p. 3].

En 1975 se constituye el Instituto de Astrofísica de Andalucía, con uno de sus fundadores, José María Quintana, como primer Director. Además, gracias a un convenio acordado entre la Universidad de Granada y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas, se cede el uso del Observatorio de la Cartuja, así como de sus instalaciones de alta montaña al IAA [NOTA: recuperado de "El IAA. Instituto de Astrofísica de Andalucía" de la página de la *Revista digital Waste*: https://waste.ideal.es/cosmos9.htm].

En esos años, el Observatorio de Mohón del Trigo eran frecuentes las visitas y colaboraciones con otros centros de investigación a partir de los cuales se desarrollaron alianzas con otras instituciones. Estos vínculos se concretaron en forma de convenios con el Observatorio de Greenwich y con el Observatorio de Niza para instalar sendos telescopios en Sierra Nevada [NOTA: recuperado de "Breve historia del OSN" de la página oficial del *Observatorio de Sierra Nevada*: https://www.osn.iaa.csic.es]. Este contexto favorable, en el que ya se contaba con los principales instrumentos, brindó la ocasión al IAA para solicitar fondos para sufragar la construcción de un nuevo observatorio. Así, se puso en marcha el proyecto [NOTA: Iglesias, J. (2006): "Historia de una fotografía". *Revista IAA. Especial 25 Aniversario del Observatorio de Sierra Nevada*. Instituto de Astrofísica de Andalucía. Granada, España. p. 5].

Después de estudiar las posibles ubicaciones para la implantación de la nueva sede, se terminó seleccionando la Loma de Dilár, la cumbre accesible a mayor altura que además contaba con infraestructuras próximas al estar cerca de la estación de esquí. Este enclave presentaba unas magníficas condiciones para la observación astronómica. Finalmente, este complejo emplazado a dos mil ochocientos noventa y seis metros de

altitud representa el centro astronómico permanente más elevado de Europa [NOTA: recuperado de "Breve historia del OSN" de la página oficial del *Observatorio de Sierra Nevada*: https://www.osn.iaa.csic.es].



Figura 6.34 – Observatorio Sierra Nevada.

El edificio se aleja bastante, en este caso, de los estándares de grandes observatorios astronómicos de buena parte del siglo XX. Probablemente, por las dificultades de la propia construcción. Así, ya que se contaba con dos instrumentos de tamaño moderado, cada uno de los cuales iba a necesitar su propia cúpula, en lugar de diseñar dos construcciones aisladas se optó por una única estructura. Por ello, el proyecto se definiría como una base común compartida por sendas cúpulas.

Aprovechando el desnivel del terreno, el observatorio se encastra en la montaña generando un sótano, sobre el que se levanta la base, un cuerpo prismático de diez por veinte metros y dos plantas de altura que se alinea de este a oeste, sosteniendo en sus extremos los instrumentos. Cada telescopio cuenta con su propio soporte aislado del resto de la estructura y con su propia cúpula. Por debajo de estos, el espacio se organiza con una ordenación y escala casi doméstica, en donde los usos característicos de la función astronómica (salas de control de instrumentos, biblioteca o talleres) y sus servicios (aseos, almacenes o cuartos de instalaciones) se mezclan con un programa residencial (sala de estar, cocina, dormitorios…) que permita acoger trabajadores durante temporadas.

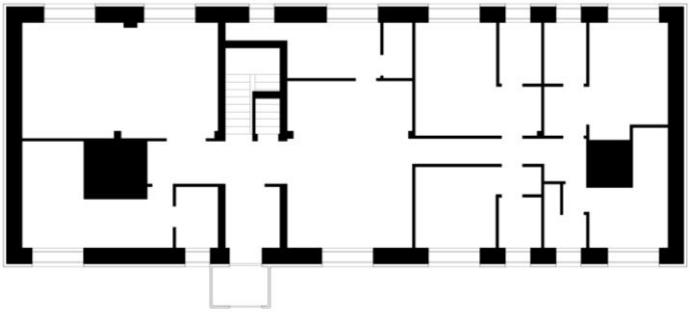


Figura 6.35 – Observatorio Sierra Nevada. Planta.

En 1981 el Observatorio de Sierra Nevada queda completado y comienza su actividad investigadora. Tan sólo ocho años después de su puesta en funcionamiento, la expiración de los acuerdos con las otras instituciones y la obsolescencia de sus dos telescopios provoca el desalojo de ambos instrumentos. Entonces un oportuno acuerdo con la Fábrica de Instrumentación Astronómica de Nanjing propició la instalación de dos nuevos telescopios de mayor tamaño que estaría operativos en 1992. Desde entonces se mantiene activo ininterrumpidamente en su labor investigadora [NOTA: recuperado de "Breve historia del OSN" de la página oficial del *Observatorio de Sierra Nevada*: https://www.osn.iaa.csic.es].

Observatorio W.M. Keck (1993/1996)

A mediados del siglo XX el empresario petrolero William Myron Keck creó una fundación filantrópica con su propio nombre que en tres décadas más tarde proporcionaría la mayor donación hasta el momento para una empresa científica. De este modo, la fundación proveería los fondos necesarios para llevar a buen puerto el proyecto que conjuntamente habían comenzado a desarrollar entre el Instituto Tecnológico de California y la Universidad de California, cuyos científicos estaban trabajando en el diseño de un telescopio desde 1977 [NOTA: Finn, R.(1985): "The W. M. Keck Observatory". *Engineering and Science*, 48 (3). p. 5].

El diseño del edificio se encargó a MBT Associates y pese a que inicialmente la donación sólo cubriría lo presupuestado para un proyecto con un único reflector, durante la fase de construcción, iniciada en 1985, se acordó una nueva concesión de

fondos para afrontar la ambiciosa modificación del proyecto que implicaba un observatorio con dos telescopios gemelos [NOTA: Nelson, J. E.; Mast, T. S. (1988): "Construction of the Keck Observatory". *Very Large Telescopes and their Instrumentation, European Southern Observatory Conference and Workshop Proceedings*. Garching. p. 13] [NOTA: recuperado de "Keck Observatory: Twin Telescopes on Mauna Kea" de la página oficial de la revista *Space*: https://www.space.com].

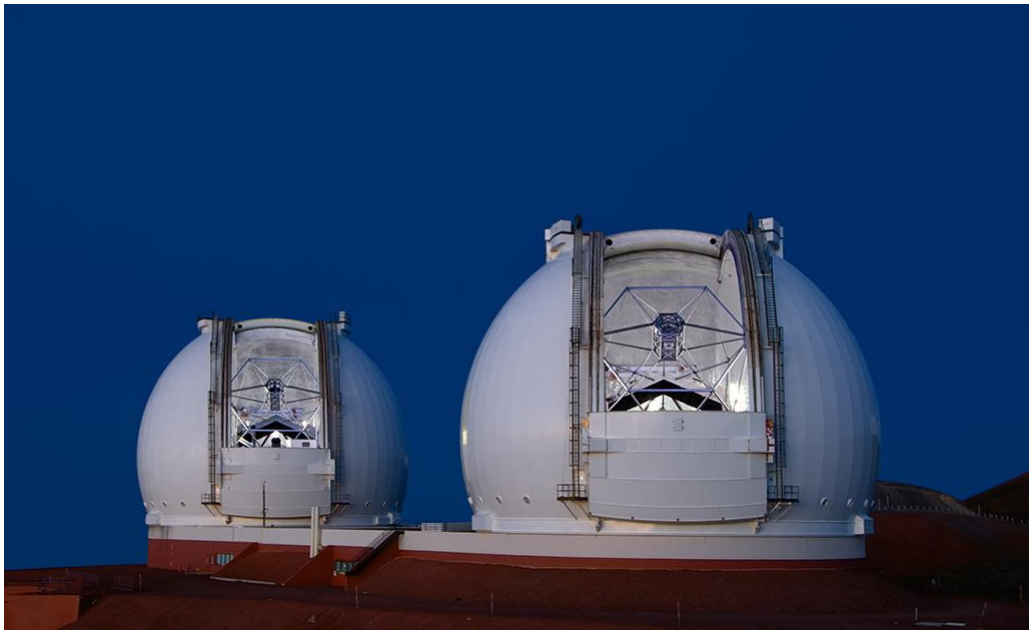


Figura 6.36 – Observatorio W. M. Keck.

A esto se suma la implicación de la Universidad de Hawai, que aportó el suelo donde se implantaría el observatorio. La ubicación seleccionada se encuentra en la cima del Mauna Kea, un volcán inactivo de la Isla Grande. Situado a unos cuatro mil doscientos metros de altitud, con escasa contaminación lumínica y rodeado por el océano Pacífico, el lugar posee uno de los mejores cielos para la astronomía del mundo [NOTA: recuperado de "W. M. Keck Observatory" de la página oficial del *Observatorio W. M. Keck*: http://www.keckobservatory.org].

Cada uno de los telescopios, denominados Keck I y Keck II, contaría con un espejo de diez metros, dejando muy atrás los cinco metros del Telescopio Hale o los seis metros del BTA-6. Sin embargo, este aumento de escala implicaba una serie de complicaciones tanto en la estructura interna del espejo como a la hora de sostenerlo y moverlo con precisión, por eso, requirieron una solución alternativa: cada espejo primario quedaría compuesto por treinta y seis espejos hexagonales que se adaptan para

funcionar como un único espejo equivalente de nueve coma ocho metros. Esto posibilitó una importante reducción de las estructuras, que serían ligeras, y del tamaño de las cúpulas, reduciendo también su coste de ejecución [NOTA: Finn, R.(1985): "The W. M. Keck Observatory". *Engineering and Science*, 48 (3). p. 9] [NOTA: recuperado de "W. M. Keck Observatory" de la página oficial del *Observatorio W. M. Keck*: http://www.keckobservatory.org]. La segmentación del espejo se usaría en grandes reflectores por primera vez en este proyecto y supuso una importante innovación que sería ampliamente replicada en posteriores telescopios [NOTA: recuperado de "Todo sobre el GTC" de la página oficial de *información del GTC*: http://www.gtcdigital.net].

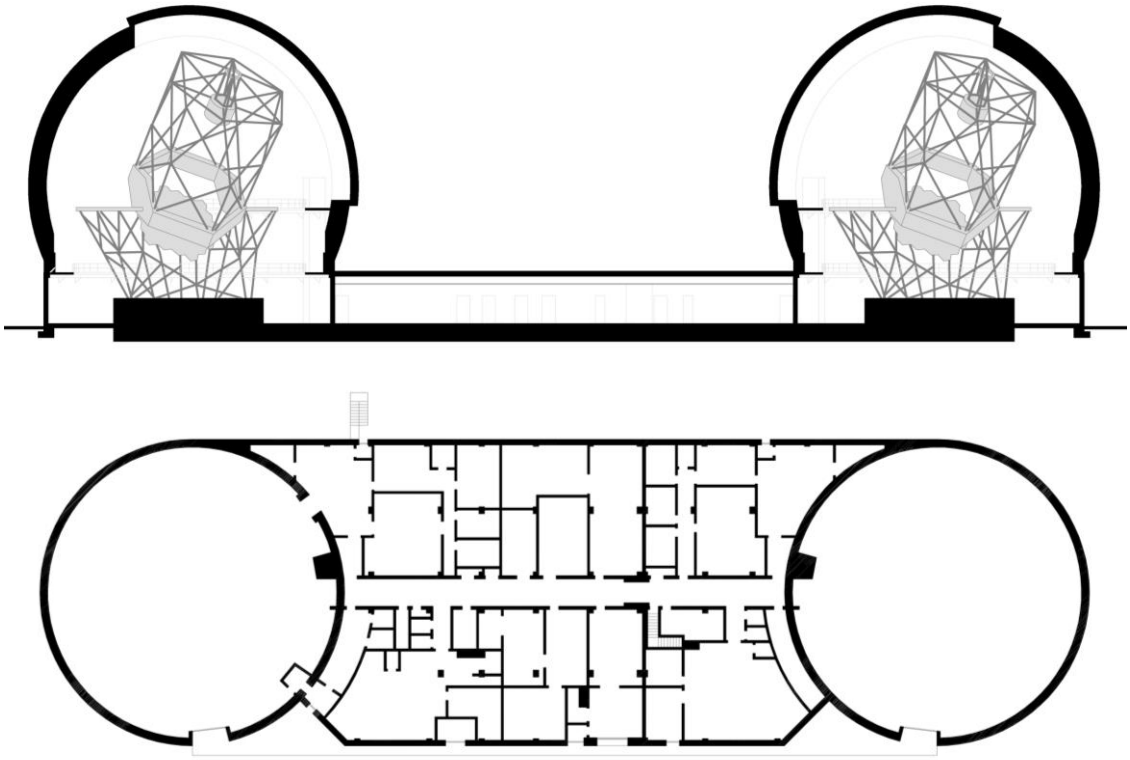


Figura 6.37 – Observatorio W. M. Keck. Sección.

Figura 6.38 – Observatorio W. M. Keck. Planta.

Ambas cúpulas gemelas ocupan los extremos de un edificio rectangular que evita introducir espacios de trabajo o maquinaria bajo estas cúpulas para evitar interferir en la estabilidad térmica, que es una de las prioridades de sus diseñadores. Por esto, se aplican estrategias como la abundante inclusión de aislamientos térmicos, la pintura de la cúpula con un acabado termo-reflectante o la permanente climatización de las cúpulas [NOTA: Nelson, J. E.; Mast, T. S. (1988): "Construction of the Keck Observatory". *Very Large Telescopes and their Instrumentation, European Southern Observatory*

Conference and Workshop Proceedings. Garching. p. 13] [NOTA: Finn, R.(1985): "The W. M. Keck Observatory". *Engineering and Science*, 48 (3). p. 9].

Ante la magnitud de sendas cúpulas esféricas, que alcanzan los treinta y siete metros de alto, el basamento que las conecta y que apenas llega a los seis metros carece de entidad y cualquier protagonismo. Esto incluso queda reforzado por la gama cromática, por la que la parte inferior de esta base se mimetiza con el propio terreno mientras que una franja superior se destaca en el mismo blanco de las cúpulas.

El edificio se organiza en una sola planta longitudinal, en la que sus extremos redondeados evidencian las salas circulares destinadas a los reflectores gemelos. Estas dependencias están comunicadas por un pasillo en torno al que queda distribuido el resto de un programa de usos bastante estandarizado: salas de control, cuartos de máquinas, zonas de trabajo y computación, talleres, una instalación de mantenimiento de los espejos, laboratorios, una recepción, una biblioteca, oficinas, aseos y almacenes.

Pese a que el exterior del observatorio ya estaba completado antes del cambio de década, todavía habría que esperar hasta 1993 para que el Keck I iniciase su actividad científica, y aún pasarían tres años más hasta que el Keck II comenzase sus observaciones en 1996. Desde su apertura este centro ha funcionado como un centro científico estrictamente profesional, no estando abierto al público, y se ha convertido en uno de los más importantes referentes astronómicos a nivel mundial, habiendo contribuido a todas las ramas de la astronomía y astrofísica [NOTA: Nelson, J. E.; Mast, T. S. (1988): "Construction of the Keck Observatory". *Very Large Telescopes and their Instrumentation, European Southern Observatory Conference and Workshop Proceedings*. Garching. p. 13] [NOTA: recuperado de "W. M. Keck Observatory" de la página oficial del *Observatorio W. M. Keck*: http://www.keckobservatory.org].

Observatorios solares

Aunque la observación astronómica del Sol se puede remontar hasta el propio origen de esta ciencia en unas condiciones muy primarias, mediante observación directa o a través de su seguimiento en los proto-observatorios [NOTA: véase el capítulo "Orígenes: de la mirada al cielo a los proto-observatorios", p.19], y pese a que su estudio en centros astronómicos comienza ya en los primeros observatorios islámicos

[NOTA: véase el capítulo "El observatorio islámico" p.36], la evolución a partir de la astronomía moderna al respecto de la estrella más cercana evidencia en sus edificios un mayor interés por el firmamento nocturno que por el diurno. De este modo, más allá del uso de telescopios para el estudio del el Sol, no se encuentra una construcción que responda a esta función particular desde la aparición de la cámara oscura, siglos XIV-XVI, hasta la instalación del telescopio Snow en el Observatorio Solar Mount Wilson a principios del siglo XX [NOTA: véase el apartado "Observatorio Mount Wilson" p.291].



Figura 6.39 – Telescopio Snow en Mount Wilson.

A partir de esta primera solución, se reproducirán los telescopios solares cuyas particularidades se manifestaran en los propios observatorios como una variación de los centros de observación nocturna. Estas características derivan de las condiciones intrínsecas del objeto estudiado: el Sol. Principalmente, su enorme brillo hace innecesario recurrir a sistemas ópticos tan grandes, dado que la luz que se pretende captar no es precisamente débil; por el contrario, esa enorme cantidad de energía que irradia el Sol y la óptica concentra se traduce en problemas de intensidad de brillo y de aumento de temperatura. Mientras que la primera dificultad requiere de diferentes tipos de filtros, la segunda requiere un control cuidado para evitar turbulencias o deformaciones de la imagen, lo que se traduce en telescopios abiertos (sin tubo) o en los de tubo con atmósfera controlada (vacío o gas).

Conforme a las características referidas, los observatorios solares requieren de una estructura alargada que es recorrida por la luz solar a través el tubo –o túnel– óptico desde el espejo primario hasta el foco, donde se sitúan los instrumentos de análisis. Por otro lado, al no recurrirse a espejos tan grandes y pesados, el mecanismo de movimiento

es también mucho más pequeño que en otros observatorios, siéndolo también su cúpula o sistema de cubrición.

Todo lo expuesto deriva en que los observatorios solares presentan un diseño eminentemente longitudinal, lo que se traduce principalmente en torres que se elevan desde el suelo profundizando también de manera vertical en el terreno, donde se recoge y analiza la luz. Dado que estas construcciones son fijas e inertes, la dirección de observación se controla desde la parte superior de la estructura donde un heliostato (espejo que sigue al Sol) capta y redirige la luz al interior. Sobre todo esto, una cubrición móvil, generalmente una cúpula, protege la óptica de las inclemencias climáticas.

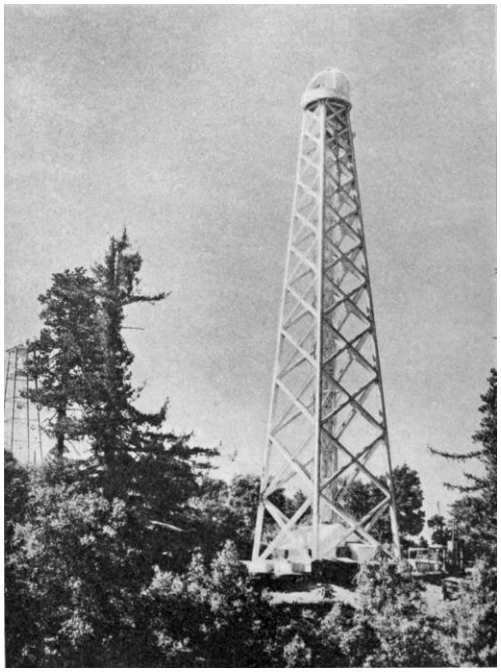




Figura 6.40 – Telescopio Snow en Mount Wilson.

Figura 6.41 – Swedish Solar Telescope en La Palma.

Si bien la carrera por conseguir primero el mayor refractor del mundo y después el reflector más grande se produjo de manera casi obsesiva durante dos centurias, el tamaño del espejo primario, desde el Snow o las dos torres abiertas del Observatorio Mount Wilson, ha aumentado durante el último siglo de manera moderada y oscilante sin sobrepasar los ciento sesenta centímetros. En la actualidad, se han planificado diferentes proyectos para observatorios con espejos por encima de los cuatro metros, encontrándose incluso uno de ellos, el Daniel K. Inouye Solar Telescope, en su fase final de construcción.

Gran Telescopio Canarias (2007)

En 1987, tras la puesta en funcionamiento de un telescopio de cuatro metros en el Observatorio del Roque de los Muchachos, en las Islas Canarias, el Real Observatorio de Greenwich y el Instituto de Astrofísica de Canarias comenzaron a trabajar conjuntamente en el proyecto un reflector de ocho metros para el mismo complejo. Sin embargo, los británicos abandonaron la iniciativa tres años más tarde dejando sólo a la institución autóctona que decidió continuar con la propuesta para conseguir un telescopio propio a la vanguardia mundial, de los más grandes y más avanzados, y mantener a los observatorios canarios en el más alto nivel [NOTA: Sánchez, F. (2008): "Gran Telescopio Canarias: A key asset for spanish astronomy". p. 106] [NOTA: Anon. (2009): "A telescope made in Spain". *Press Dossier Inauguration Gran Telescopio Canarias*. Instituto de Astrofísica de Canarias].

El proyecto seguía lentamente su curso cuando en 1995, durante un encuentro con expertos en grandes telescopios se planteó un posible cambio en el diseño, pasando de un planteamiento de espejo monolítico de ocho metros a un espejo compuesto por segmentos de diez metros. Esta variación fue rápidamente validada por el Instituto que modificó su propuesta original. De este modo, la nueva iniciativa saldría adelante, iniciándose finalmente las obras de construcción en el año 2000 nivel [NOTA: Sánchez, F. (2008): "Gran Telescopio Canarias: A key asset for spanish astronomy". pp. 106-107].

Aunque la empresa fue sostenida principalmente por el Estado y el Gobierno autónomo, tras comenzarse las obras se contó con el respaldo internacional de la Universidad Nacional Autónoma de México y de la Universidad de Florida que acordaron una pequeña participación en el proyecto [NOTA: recuperado de "Gran Telescopio Canarias" de la página oficial del *Instituto de Astrofísica de Canarias*: http://www.iac.es]. La edificación terminó después de dos años, tras lo que se inició el ensamblaje de la montura del telescopio y posteriormente la compleja fabricación e instalación de los espejos [NOTA: Sánchez, F. (2008): "Gran Telescopio Canarias: A key asset for spanish astronomy". pp. 107-108]. De este modo, en 2007 vio su primera luz el Gran Telescopio Canarias que poco tenía que ver con la primigenia idea surgida veinte años atrás.



Figura 6.42 – Gran Telescopio Canarias.

El GTC queda enmarcado en el Observatorio del Roque de los Muchachos, el mejor lugar de Europa y uno de los mejores del mundo para las observaciones astronómicas gracias a sus condiciones geográfico-climáticas: más allá de contar con temperaturas moderadas y estables, al encontrarse en una isla a unos dos mil trescientos metros sobre el nivel del mar suele quedar por encima de la capa de nubes por lo que generalmente cuenta con cielos despejados y con pocas turbulencias atmosféricas. Además, para asegurar y preservar su baja contaminación lumínica se implantó una ley que protege sus cielos [NOTA: recuperado de "Introducing the Gran Telescopio Canarias" de la página oficial del *Gran Telescopio Canarias*: http://www.gtc.iac.es].

El edificio queda compuesto por una estructura cilíndrica que sostiene la gran cúpula del reflector, que en su conjunto alcanza los cuarenta y un metros de alto. A esto se añade una construcción prismática adosada de poca altura que acogerá la mayor parte de usos del conjunto. Un primer estudio ya evidencia la similitud conceptual entre este proyecto y el W. M. Keck, aunque existen algunas diferencias significativas [NOTA: véase el apartado "Observatorio W. M. Keck" p.329]. Obviando la duplicidad de telescopios del caso estadounidense, el principal matiz radica en la elevación de la cúpula del GTC, liberando un espacio en su base donde incorporar parte de las funciones que necesita.

El programa de usos es relativamente sencillo y se distribuye principalmente en la construcción baja. En la planta de acceso, más allá de una recepción, una sala de espera

y algunos servicios elementales como un ropero, una sala de primeros auxilios y los baños, el resto de espacios son estrictamente funcionales: varias oficinas, una zona de administración y la sala de control del telescopio coexisten con talleres, laboratorios y almacenes. Además, parte de la superficie queda destinada a cuartos técnicos (aires acondicionados, tanques de agua…). Por su parte, en la base del telescopio, además de varios almacenes se encuentra una zona de limpieza y mantenimiento de los espejos junto con una plataforma elevadora de carga que cuenta con entrada propia desde el exterior. El siguiente nivel queda enteramente destinado a las instalaciones, en especial a la climatización. Por último, sobre el conjunto, la cámara del telescopio que ocupa un espacio esférico envuelto por la cúpula, en cuyo arranque una plataforma giratoria soporta la montura del gran reflector.

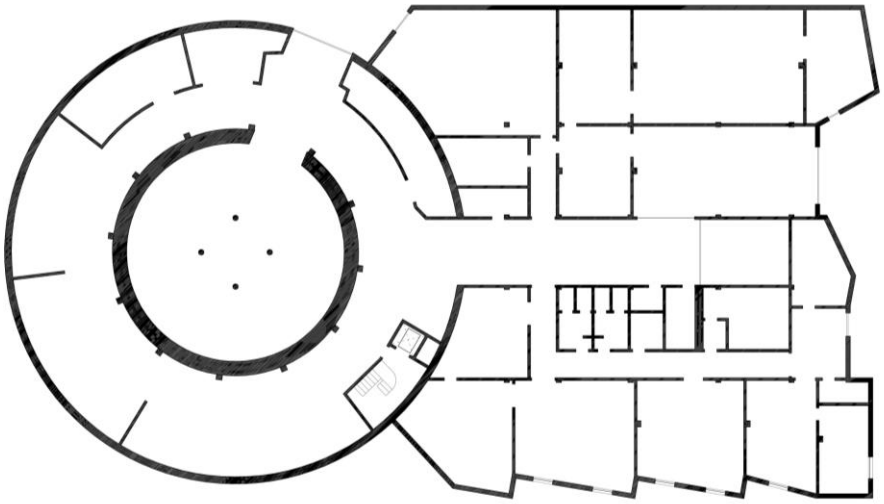


Figura 6.43 – Gran Telescopio Canarias. Planta.

Más allá de su inspiración en otros grandes telescopios, el diseño del observatorio pretende mejorar y corregir algunos aspectos de sus predecesores. Así que, además de plantear una estructura aislada para evitar las vibraciones o incorporar soluciones técnicas de óptica para mejorar la calidad de la imagen obtenida, el GTC implementó una cúpula con unas aberturas controlables que permiten minimizar las turbulencias de aire en torno al telescopio [NOTA: recuperado de "Gran Telescopio Canarias" de la página oficial del *Instituto de Astrofísica de Canarias*: http://www.iac.es].

Desde su inauguración, con un espejo equivalente a diez coma cuatro metros, el Gran Telescopio Canarias se convirtió en el reflector más grande del mundo y en un referente científico que hasta la actualidad le permite participar y desarrollar en estudios

sobre cuestiones clave en astrofísica [NOTA: recuperado de "Introducing the Gran Telescopio Canarias" de la página oficial del *Gran Telescopio Canarias*: http://www.gtc.iac.es].

Una arquitectura sometida a la astronomía

El masivo desplazamiento del mundo rural a las ciudades acontecido a partir de la Revolución Industrial produjo un continuo crecimiento de las poblaciones durante todo el siglo XIX. Este movimiento estuvo acompañado por algunos cambios en la actividad humana que ya a principios de la nueva centuria comprometían el buen desempeño de los observatorios [NOTA Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory., France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web oficial de la *UNESCO*: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php] en entornos urbanos o periurbanos. La aparición de nueva industria y el aumento del transporte motorizado por tierra y mar supusieron un incremento de las vibraciones y de la polución. Además, la iluminación pública de las calles trajo consigo una contaminación lumínica que limitó la visibilidad de los objetos débiles.

Igualmente, este cambio de siglo coincidió con el tránsito de los refractores, como paradigma del telescopio propio de cualquier centro astronómico digno de significación, a los grandes reflectores. Esta evolución estuvo acompasada con el auge de la astrofísica, aunque sin dejar atrás la astronomía clásica que se apoyaba en círculos meridianos, instrumentos de tránsito y astrógrafos para continuar sus estudios relacionados con la medición del tiempo o la propia navegación (al menos hasta mediados del siglo XX). Esto hacía que los observatorios debieran atender distintas líneas de trabajo, lo que implicaba que tenían que contar con un equipamiento marcadamente heterogéneo [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): *The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value* de la página oficial de la ciudad de *Hamburgo*: www.hamburg.de].

De este modo, a finales del siglo XIX aparecen, casi simultáneamente en América (el Lick) y Europa (en Niza), los primeros observatorios que presentan algunos de los rasgos definitorios de lo que terminará siendo el observatorio contemporáneo. Estos

complejos se instalarán aislados de los núcleos urbanos, en zonas remotas y elevadas como en cimas de montañas en las que, lejos de los humos y luces de la ciudad, encuentren las mejores condiciones posibles de observación.

El límite entre el observatorio moderno y el contemporáneo queda claramente marcado por el ambivalente Observatorio Lick. Tanto su configuración arquitectónica como sus principales rasgos de diseño son propios del anterior período, sin embargo se convertiría en el primer centro astronómico completamente desligado de lo urbano con su instalación permanente de montaña.

El alejamiento de las ciudades implicó un aislamiento de la población en general, que perdió contacto con esta ciencia. En oposición, durante la primera parte del siglo XX, se construyeron observatorios públicos en grandes ciudades europeas (Berlín, Viena…) para informar al público sobre la astronomía y el universo [NOTA: Markkanen, T. (2013): "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum*, Vol. 1, No. 2. p. 48]. Estas instituciones, al quedar desligadas de la vanguardia científica, se alejaron de las nuevas corrientes de diseño quedando estancadas en los rasgos propios del observatorio moderno.

Como contrapartida, pese a su elevada profesionalización y a su mayor hermetismo, todavía surgirán algunos complejos astronómicos que se abrirán ocasionalmente a un público iniciado en la materia (o, al menos, interesado), que incluyen visitas guiadas y espacios museísticos en sus conjuntos. Incluso, se podrán encontrar algunos centros que consideran el turismo como un valor o un reconocimiento (como el Mount Wilson o el BTA-6) y hasta como un medio más de financiación de su programa investigador (como el Observatorio Pic du Midi o el de Niza).

Ahondando en este sentido, el mismo Director del Observatorio de Niza [NOTA: actualmente Observatorio de la Costa Azul] subraya el entorno natural, las vistas panorámicas y la arquitectura del complejo como valores a destacar de su observatorio para ampliar el visitante potencial más allá del público aficionado o las excursiones escolares, adquiriendo una vocación turística nacional e internacional [NOTA: Heudier, J.L. (2006): "De l'Observatoire à l'Observatorium". *La lettre de l'OCIM* n.106. p. 8].

Las nuevas necesidades de la ciencia iban a motivar algunas variaciones en los principios de diseño de los edificios consignados a la astrofísica, en especial a la espectroscopia y la fotometría [NOTA: Markkanen, T. (2013): "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum*, Vol. 1, No. 2. p. 48].

Si bien el observatorio moderno tiende a configurarse como un edificio unitario en el que un programa complejo y de usos heterogéneos (salas de observación, despachos, bibliotecas, talleres, viviendas…) comparte techo en una único inmueble en el que una o varias cúpulas y una sala meridiana que condicionaba la orientación de la construcción evidenciaban su razón de ser, el observatorio contemporáneo se organizará de un modo menos reglado y rígido [NOTA: Hünsch, M., Seemann, A., Wolfschmidt, G. (2012): The Hamburg Observatory. *Justification of Outstanding Universal Value* de la página oficial de la ciudad de *Hamburgo*: www.hamburg.de]. El propio tamaño de los nuevos grandes reflectores, las diferencias de escala, las distintas necesidades intrínsecas a los múltiples usos o la propia orografía del terreno montañoso que dificulta contar con amplios suelos a nivel, serán aspectos que impulsarán la segregación del edifico en una serie de construcciones independientes. Esta separación permitirá una libertad de disposición y orientación en el territorio que favorecerá las condiciones de observación, además de exonerar a la función astronómica de algunas interferencias (vibraciones, humo, luz, calefacción) propias de otros usos.

Además de situarse en una montaña, el Observatorio de Niza será el precursor en idearse, diseñarse y construirse, de forma intencionada y permanente, como un conjunto de edificios independientes con un alto grado de especialización. Aunque durante los siguientes años, surgirían diversas instituciones astronómicas que cumpliesen una de estas dos características pasaría un cuarto de siglo antes de que ambas se replicasen simultáneamente. Esto lo señala como un adelantado a su tiempo que reconocer como un referente.

El ya referido alejamiento de los núcleos urbanos conllevará aparejado la desvinculación de las instalaciones públicas de las urbes (luz, agua…) de forma que, pese a existir respuestas a este aislamiento (como los generadores eléctricos o los depósitos de agua), lo cierto es que la experiencia ha demostrado en casos como el

Observatorio Pic du Midi que la conexión con las redes de suministro resulta imprescindible para un desarrollo aceptable de la actividad investigadora.

Por otro lado, la ocupación de suelos aislados y desconectados de la población evidencia los efectos que una instalación de este tipo puede suscitar en sus inmediaciones. Como ya advirtieron los propietarios que cedieron los terrenos para la construcción del Observatorio Mount Wilson, un gran observatorio se convierte en un importante punto de interés que dota a su entorno de renombre y prestigio, atrayendo científicos y turismo, y catalizando un desarrollo de la industria vinculada directa e indirectamente a esta actividad; en definitiva, aumentando la riqueza del lugar y sus habitantes.

Poco después del 1900, los observatorios Mount Wilson o Hamburgo se suman a la tendencia apuntada por el de Niza que terminaría por consolidarse a lo largo del siglo XX: la formalización de un edificio independiente para cada telescopio, que posibilite un absoluto grado de especialización, al definir cada uno de las características que condicionarán el proyecto en base a los requerimientos funcionales de su único instrumento.

Los años de guerras reducirían a mínimos la inversión en esta ciencia, lo que provocaría un paréntesis en la construcción de nuevos centros astronómicos. Esta pausa daría lugar, a su conclusión, a abordar nuevos proyectos para observatorios con telescopios, y por lo tanto edificios, más grandes y ambiciosos.

Asimismo, este paréntesis había permitido tomar cierta perspectiva sobre los últimos avances en lo relativo a centros astronómicos, discerniendo los valores implementados por algunos observatorios [NOTA: Recuérdese que durante la primera mitad del siglo se inauguran tanto observatorios propios del período anterior como otros que incorporan aspectos contemporáneos]. De este modo, ya a mitad de siglo XX se habrían puesto de manifiesto los principios que configurarían los rasgos característicos del observatorio contemporáneo: ubicación en la montaña, lejos de la población, y configuración de los observatorios como conjuntos de edificios autónomos de alta especificidad técnica destinados a un determinado instrumento o función.

Además, el nuevo siglo trajo consigo un cambio en el paradigma de esta ciencia, desde la astronomía clásica a la astrofísica contemporánea. Esta evolución devolvía la

mirada al telescopio, que si bien como refractor parecía estar alcanzando límites irrebasables, como reflector tenía muchas posibilidades de mejora y crecimiento.

El aumento de los reflectores conlleva un crecimiento la construcción que lo contiene y de la estructura que lo soporta. El tamaño de los telescopios pronto alcanza dimensiones que los asemeja al rango de los edificios y sus soportes se hacen tan grandes que, dado que no tendría sentido que fueran macizos, el espacio que contienen supera la escala arquitectónica del hombre, por lo que pueden ser habitados y ocupados por todo tipo de funciones. Luego algunos de los usos que se habían disgregado para destinar edificios exclusivamente a los grandes telescopios acaban por volver a introducirse en sus bases para aprovechar el espacio surgido por su aumento de escala.

Este salto de escala se evidencia por primera vez en el Telescopio Hale, en cuya inauguración se situaron bajo la cúpula, en torno a los soportes de la montura del reflector, casi mil personas sentadas frente a un escenario.

El crecimiento de los telescopios iba aparejado al de sus espejos, que se hacían cada vez más grandes, pesados y complejos de fabricar, mantener y desplazar. Por esto, contar con unas dependencias para la manipulación y conservación de los grandes espejos se hace cada vez más imprescindible, con lo que terminan por agregarse al propio edificio del telescopio. Esta incorporación de nuevas funciones no será un hecho aislado, sino que al contrario será algo recurrente en la medida que los nuevos avances se vayan implementando como estándares básicos. De este modo, diversos cuartos para instalaciones o almacenes específicos se irían incorporando al programa de usos imprescindibles de los observatorios.

De la misma manera que con el observatorio moderno se sucedió una disputa por conseguir el mayor refractor del mundo, la era de los grandes reflectores implicó el comienzo de una competencia similar, que se ha mantenido a lo largo de todo el siglo XX y continuando hasta el presente.

Si en torno al cambio de siglo la orientación de la ciencia hacia la astrofísica impulsaría el peso de los reflectores en la investigación, este tipo de telescopios se contendrán en unas medidas modestas hasta que George Hale promoviese el reflector más potente de su tiempo (de 1,52 metros de diámetro), instalado en 1908 en el Observatorio Mount Wilson. Sin embargo, su ambición lo llevó a superar su propio hito

impulsando en ese mismo complejo el Hooker (de 2,54 metros) en 1917. Esta carrera prosiguió con la inauguración del Telescopio Hale (de 5'08 metros) en 1948, al que sucedió el BTA-6 (de 6'00 metros) en 1975 y que fue superado por el Keck I (de 9,80 metros) en 1993 [NOTA: el Keck II, de 1996, iguala pero no supera las dimensiones de su gemelo]. El actual poseedor de la honorífica condición de mayor reflector del mundo es el Gran Telescopio Canarias (de 10'40 metros) desde 2007.

En todo caso, ya se conoce que esta prerrogativa tiene una próxima caducidad puesto que ya hay previsto nuevos observatorios con reflectores mayores que el GTC. Por ejemplo, el Giant Magellan Telescope (de 24,50 metros) del Observatorio de Las Campanas está en fase de construcción y se espera que inicie su actividad en 2025 [NOTA: página oficial del *GMT*: https://www.gmto.org/]. Igualmente el Thirty Meter Telescope (de 30,00 metros) del Observatorio Mauna Kea se encuentra en proyecto aunque se ha anunciado que las obras se iniciarán a lo largo del 2019 y que empezará a operar en 2027 [NOTA: página oficial del *TMT*: https://www.tmt.org/]. Y también el Extremly Large Telescope (de 39,00 metros) en Cerro Armazones está en construcción y se prevé que esté en funcionamiento desde 2025 [NOTA: página oficial del *ELT*: https://www.eso.org/public/teles-instr/elt/]. Incluso se llegó a plantear un proyecto tan descomunal como el Overwhelmingly Large Telescope (de 100 metros) que se encuentra, al menos por ahora, cancelado [NOTA: página oficial del *OWL*: http://www.eso.org/sci/facilities/eelt/owl/index.html].

Desde el paso de los espejos monolíticos a soluciones compuestas, ya sea de piezas hexagonales o circulares, permitió reducir el peso del elemento reflector y aligerar su estructura, dando la posibilidad de continuar con un crecimiento, hasta el momento, sin límites.

Dejando a un lado las mejoras en los sistemas ópticos o en aspectos tecnológicos, los diseñadores quedaron tan marcadamente influenciados por el diseño del Telescopio Hale que la práctica totalidad de los centros astronómicos posteriores a la Segunda Guerra Mundial se dedicaron a replicar el patrón del Observatorio Hale sin una mirada crítica o sin estudiar otras posibles variaciones [NOTA: Leverington, D. (2017): *Observatories and Telescopes of Modern Times*. Cambridge Universit Press. Reino Unido. p.109].

En este sentido, unos avances tan trascendentes para la astronomía como la montura altazimutal o la incorporación del control por ordenador del BTA-6 apenas tuvieron incidencia en su definición arquitectónica más allá del poco trascendente desplazamiento del soporte estructural del telescopio desde una posición lateral al centro de la planta del edificio.

Es decir, que pese a que ha habido algunos progresos significativos en esta ciencia después del Hale, como la configuración altazimutal de la montura, el seguimiento o rastreo computarizado, e incluso el acceso remoto a las observaciones, lo cierto es que la arquitectura de los edificios apenas ha tenido evolución representativa más allá de algunas variaciones menores y puntuales que se convierten en la excepción, como la recuperación de las viviendas en la misma construcción de algún observatorio.

Así como, el observatorio moderno atendió a detalles como la independencia estructural o la estabilidad térmica como recursos para reducir los condicionantes que mermaban su resolución, el observatorio contemporáneo además de avances técnicos para mejorar los resultados de sus observaciones (como el rastreo automátizado o las mejoras ópticas mediante la deformación controlada de sus espejos) atiende incluso a la incidencia del propio complejo en la atmósfera cercana. La experiencia ha demostrado que la fuente de turbulencias atmosféricas más desfavorables para la observación procede normalmente del propio observatorio ya que la falta de una inalcanzable homogeneidad térmica entre partes del edificio o, incluso, del telescopio resultan perjudiciales para instrumentos de tanta precisión [NOTA: Finn, R.(1985): "The W. M. Keck Observatory". *Engineering and Science*, 48 (3). p. 9]. Por ello, algunos observatorios ya incorporan climatización y/o ventilación para equiparar las temperaturas y controlan con sumo cuidado las fuentes propias de calor.

Si bien cada nueva mejora en los telescopios o en las herramientas de análisis de sus observaciones deja un poco más desfasado a sus predecesores, la realidad es que esos reflectores que no ocupan la primera línea en la investigación mundial siguen teniendo una importante demanda de uso. Al fin y al cabo hay más líneas de trabajo astronómico que observatorios de vanguardia y, además, muchos proyectos no dependen de observaciones de una elevadísima resolución [NOTA: recuperado de "25 years of Calar Alto Observatory" de la página oficial del *Instituto de Astronomía Max Planck*: http://www.mpia.de].

Más allá de todo, cabe recalcar y reincidir sobre la importancia de la evolución tecnológica en cuanto a informatización y sistemas de comunicación. Aunque a priori pueda parecer un cambio menor sin una incidencia particular en los observatorios, tanto el control a distancia como el acceso remoto a las observaciones marca un determinante punto de inflexión en cuanto a estos complejos, puesto que equívocamente parece ofrecer la posibilidad de abandonar toda presencia física en los observatorios, lo que terminaría por despojarlos de su condición de edificios.

Pese a los muchos y muy trascendentes avances en los observatorios *vigesimónicos,* los cambios de la segunda mitad del siglo XX han venido siempre impulsados por cuestiones técnicas, lo que no ha supuesto una importante transgresión en su arquitectura, de forma que no ha habido impedimento alguno para que los proyectos de estos edificios se adaptasen a dicha evolución a fin de conseguir diseños que permitiesen incorporar esos cambios y, en la medida de lo posible, aprovecharlos favorablemente.

Aun así, aunque durante los inicios de este período de desarrollo contemporáneo se han manifestado puntualmente algunas estrategias proyectuales para los centros astronómicos relativas a su configuración espacial o a su ordenación en el terreno, en muchas ocasiones estas prácticas se limitaban a la réplica de envolventes con lenguajes arquitectónicos caducos (neobarroco en Observatorio de Niza o art decó en el Telescopio Hale) que poco o nada tenían que ver con la actividad a la que se destinaban, con la salvedad de sus cúpulas: esos rasgos icónicos que por su singularidad iban a convertirse en símbolo de la función astronómica. Sin embargo, pese a que la cúpula hemisférica es la más frecuente y popular no es la única solución existente para un edificio de observación, existiendo otras alternativas menos habituales como la cúpula poliédrica o cilíndrica, la bóveda, la cubierta abatible o retráctil, o incluso la envolvente completamente desplazable.

La disociación existente entre continente y contenido, entre astronomía y arquitectura, que casi tan sólo las cúpulas vinculan de algún modo, no se ha subsanado en el desarrollo acontecido hasta el presente, sino que se ha acrecentado. Los presupuestos cada vez mayores que se destinan a los telescopios reducen a mínimos las partidas consignadas a las construcciones en los que se implantan, de forma que se produce un desequilibrio jerárquico por el que la arquitectura queda completamente

eclipsada por la ciencia y los edificios pierden cualquier sentido para convertirse en meras carcasas.

Mientras que el observatorio moderno alcanzó una perfecta comunión entre la astronomía y la arquitectura, gracias a la cual los proyectos de observatorios se elaboraban en paralelo a la construcción de los instrumentos y el diseño de los edificios se fundamentaba en generar los escenarios más propicios para la observación en base a los equipos previstos, el observatorio contemporáneo pervierte esa relación. El paso de una actitud funcionalista, que exigía que cada decisión arquitectónica subyaciese en las condiciones de uso, a un mal entendido utilitarismo, en el que cualquier criterio proyectual deba justificarse única y exclusivamente en base a su conveniencia científica, obviando usuarios y entorno, dejando a la arquitectura en una situación de absoluto sometimiento. De modo que, el observatorio contemporáneo queda caracterizado por regirse casi exclusivamente por criterios científico-tecnológicos, rebajando la incidencia arquitectónica a mínimos imprescindibles y despojando a la arquitectura de autonomía y dejándola subyugada a la astronomía.

Capítulo 7. Degradación del observatorio contemporáneo

Atendiendo al proceso acontecido desde los primeros proto-observatorios que datan de hace varios milenios hasta los grandes observatorios contemporáneos de comienzos del siglo XXI, se puede ver cómo se pasó de unas estructuras sencillas asociadas a un estudio elemental de los cielos a unos edificios complejos concebidos para la investigación astronómica. Pese a los vaivenes en los diseños, todos los aspectos que se consolidaron o reprodujeron sucesivamente y los cambios derivados de estos, representan una suerte de evolución arquitectónica en la que la construcción se fue especializando y adaptando a las particulares necesidades de la la astronomía de cada momento. Esto implicaba una constante lucha por no quedar desfasado y obsoleto respecto a los progresos de esa ciencia o a los avances tecnológicos relacionados con ella: mayor sensibilidad de los instrumentos, automatización de algunos procesos…

No obstante, en los últimos tiempos este desarrollo se ha focalizado absolutamente en los instrumentos y en su óptimo funcionamiento. Y aun siendo esto un aspecto esencial, otras variables que tradicionalmente habían sido importantes como la relación del edificio con su entorno o las necesidades de sus usuarios han quedado, en muchos casos, desatendidas.

Popularización

Evidentemente, en sus inicios los observatorios astronómicos eran una anomalía, una singularidad que en el periodo islámico medieval representaba un hecho aislado. Esto no sólo era así por su estado embrionario, sino que la escasa persistencia que tenían dificultaba la simultaneidad de varias de estas instituciones. Sería entonces a partir del observatorio moderno cuando estos centros empiezan a coexistir en Europa, puntualmente en los siglos XVI o XVII, y más frecuentemente a partir del XVIII. Será, sin embargo, a partir del 1800 cuando los observatorios comenzarán su definitiva difusión por todo el planeta.

Pese a que algunos de estos complejos astronómicos han tenido una vida relativamente breve (como Maragha, Uraniborg, Parramatta, Hamburgo…), buena parte de ellos se ha conservado, lo que unido a la fundación de nuevos observatorios ha

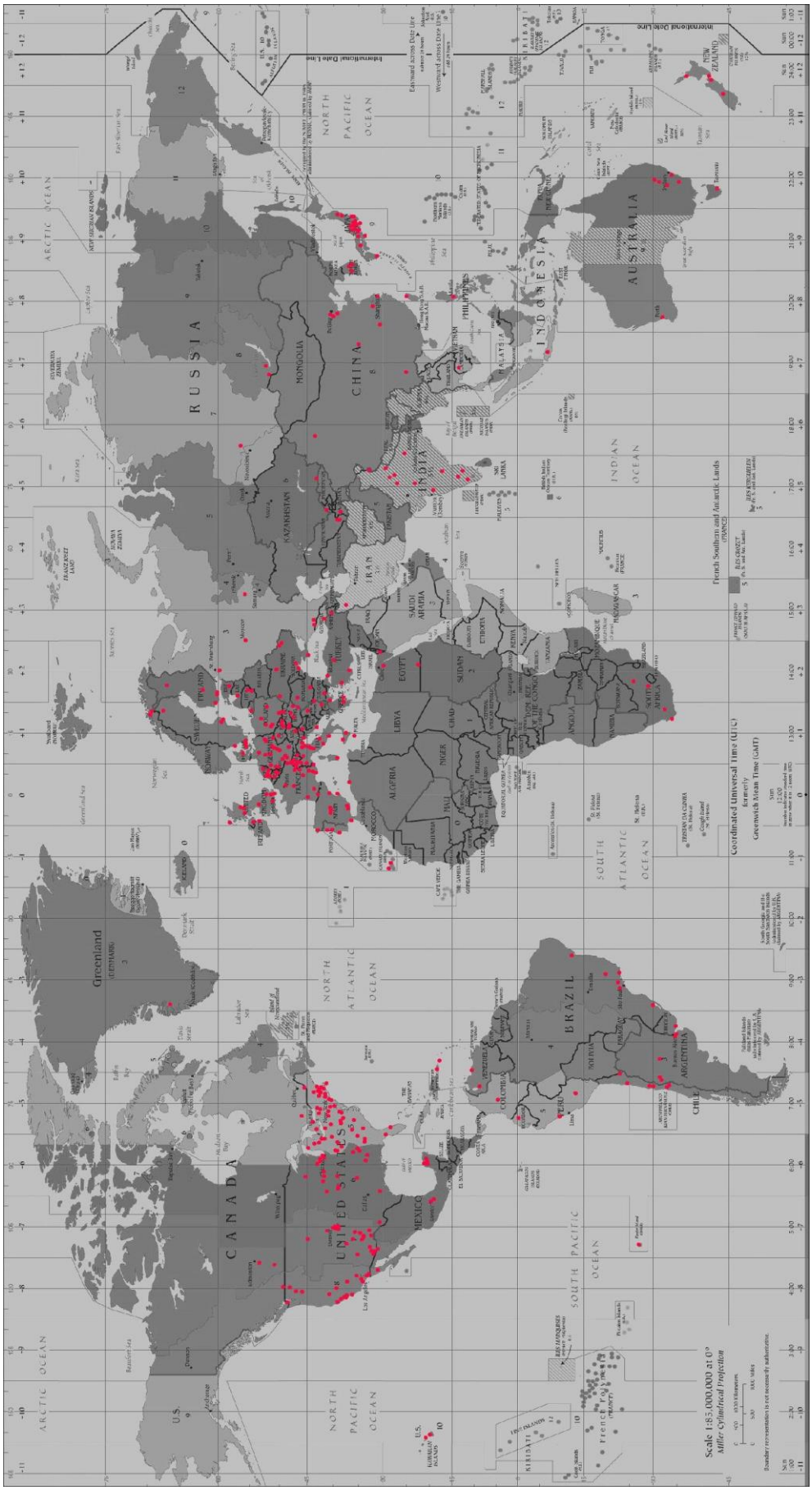


Figura 7.1 – Ubicación de los principales observatorios profesionales del mundo.

conllevado un crecimiento del número de estos que se volvió exponencial a medida que aumentaba el interés por esta ciencia. De forma que, mientras que pasaron quinientos años desde los primeros centros hasta que se superaron unas pocas decenas, en algo más de doscientos años su número se ha multiplicado por diez. Actualmente, hay setecientos setenta y cuatro observatorios astronómicos profesionales en el mundo [NOTA: según datos de la web de divulgación astronómica: https://www.go-astronomy.com], a los que habría que añadir una incalculable cantidad de centros astronómicos no profesionales y particulares.

Mientras que los observatorios eran construcciones extraordinarias y poco frecuentes, connotaban un prestigio que se asociaba tanto a su promotor (naciones, monarcas, instituciones, filántropos…) como a su beneficiario (universidades u otras entidades investigadoras). Esta notoriedad se derivaba tanto del equipo astronómico, reflejada en la carrera por los mayores refractores y reflectores, como del propio edificio en sí mismo.

La importancia de la arquitectura de los observatorios como imagen icónica ya es mencionada por Perrault en relación con el Observatorio de París: "será construido un edificio […] que responde de alguna forma a la magnificencia del príncipe que lo hizo construir" [NOTA: Perrault, Charles, *Memoires de ma vie*. pp. 219-220]. Esto se repetirá en otros complejos de carácter palaciego como símbolo de un imperio (como Cabo de Buena Esperanza o Pulkovo), en otros centros atendiendo a su visión desde la población más cercana (como Madrid o Niza) y hasta mediante la vinculación del proyecto al propio nombre de su benefactor (como el Yerkes o el Lick).

En las últimas décadas, la abundancia de observatorios los ha despojado de su singularidad, desmitificándolos. Si bien a mediados del siglo XVIII, la astronomía era la ciencia más costosa por precisar de un edificio destinado y adaptado a ésta, además de los propios instrumentos [NOTA: Chapman, Allan. "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory". p. 203]; actualmente, el valor del equipo astronómico puede superar el de la construcción que lo alberga. Por ejemplo, ya en el Yerkes el coste del sistema astronómico era de 156.000 $ mientras que el edificio con todas sus instalaciones era de 145.000 $ [NOTA: Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific. vol. IX n. 59*. California. p. 221]

Todo esto ha ayudado a vulgarizar y banalizar la parte edificatoria de los observatorios, en los que en todas las escalas (desde los domésticos a los internacionales) el grueso de la inversión suele destinarse al instrumento óptico, relegando frecuentemente a la construcción que lo cobija y sustenta a un plano absolutamente secundario y, en ocasiones, hasta marginal.

Supertecnificación

Aunque a lo largo de la historia de los observatorios, ha habido diferentes cambios que han marcado puntos de inflexión en su evolución, pocos pueden ser considerados tan relevantes para este desarrollo como los avances tecnológicos derivados de la informática o las telecomunicaciones: automatización, teleoperación remota o, incluso, autonomía robótica.



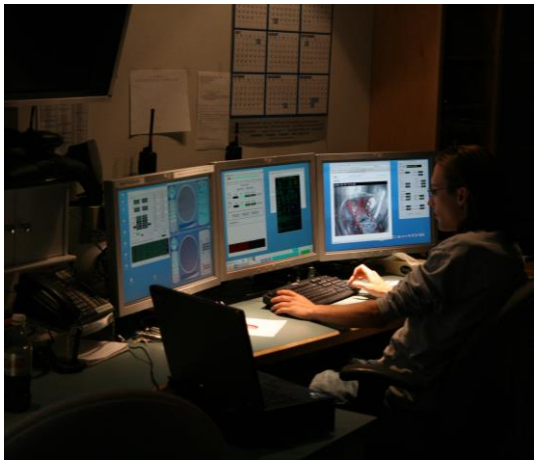


Figura 7.2 – Observación en el Observatorio Yerkes (circa 1910).
Figura 7.3 – Observación en el LBT en la actualidad.

En este sentido, para un observatorio astronómico la automatización se entiende como el movimiento pre-programado del telescopio, sin intervención humana, para la realización de una serie de observaciones previstas. La teleoperación remota supone el control a distancia de las observaciones a efectuar por el telescopio. Por último, la autonomía robótica se traduce en la realización de observaciones programadas mediante un telescopio con cierta capacidad de adaptación a unos escenarios previstos sin ningún tipo de intervención humana posterior a la configuración [NOTA: Castro-Tirado, A.J. (2010): "Robotic Autonomous Observatories: A Historical Perspective", *Advances in Astronomy*, vol. 2010, article ID 570489, pp.1-2].

Los primeros prototipos de telescopios automatizado datan de los años sesenta del siglo pasado, con sendas propuestas de la Universidad de Wisconsin y del Observatorio de Kitt Peak, que pese a no ser demasiado exitosos o longevos marcaron el camino de otras propuestas posteriores. Sería en la siguiente década cuando apareciesen los primeros observatorios en alcanzar la teleoperación remota: el BTA-6 y el Observatorio de Infrarrojos de Wyoming. Finalmente, los observatorios de autonomía robótica aparecerían durante los años ochenta con el Automated Photoelectric Telescope del Observatorio Fred Lawrence Whipple [NOTA: Castro-Tirado, A.J. (2010): "Robotic Autonomous Observatories: A Historical Perspective", *Advances in Astronomy*, vol. 2010, article ID 570489, pp.2-3].



Figura 7.4 – Observatorio robótico autónomo BOOTES-3.

Pese a que tradicionalmente los astrónomos hacían sus observaciones mientras miraban por el telescopio, estas innovaciones permitieron que las hicieran desde sus oficinas en cualquier punto del mundo, reduciendo además los costes de viaje o alojamiento [NOTA: Finn, R.(1985): "The W. M. Keck Observatory". *Engineering and Science*, 48 (3). p. 10]. El operador podía mover el telescopio y monitorizar su posición desde una habitación cálida y bien iluminada, o incluso podía asignar estas tareas a una computadora [NOTA: recuperado de "Shane Telescope Overview" de la página oficial de los *Observatorios de la Universidad de California*: https://www.ucolick.org/public/telescopes/shane.html].

Todo este desarrollo tecnológico representa la posibilidad de alejar al astrónomo del lugar donde se lleva a cabo la observación, y ocasionalmente se convierte *de facto*

en un posible pretexto para no tener en consideración las condiciones de trabajo o las necesidades de los usuarios del complejo. El hecho de que el astrónomo no tenga por qué estar mirando directamente a través de una lente como era indispensable medio siglo atrás, no significa que desaparezca cualquier vínculo de éste con la instalación. En un observatorio profesional participan diferentes trabajadores, con distintas responsabilidades, campos de actuación u horario. Desde los astrónomos o ingenieros que participan de la investigación hasta el personal de servicio o mantenimiento necesitan de unas dependencias donde desarrollar las funciones propias de su desempeño profesional (laboratorios, despachos, salas de reuniones…) tanto como de unos espacios que los complementen (aseos, salas de descanso, almacenes…). Y hasta un observatorio particular suele requerir de un espacio donde instalar los equipos informáticos y una pequeña zona de trabajo.

La posibilidad que ofrece la tecnología de acceder a las imágenes de un determinado observatorio desde cualquier punto del mundo no implica necesariamente que no pueda haber ningún trabajador en ese centro. Por lo tanto, salvo en casos puntuales en los que la autonomía robótica sea absoluta (y aun así, en ocasiones la informática o la máquinas fallan y necesitan asistencia), los observatorios no pueden ser ajenos a sus usuarios. Ni siquiera aunque estos no trabajen a diario en ellos.

Astroturismo como oportunidad

Como se ha visto en capítulos anteriores, el observatorio islámico medieval, aunque muy vinculado a la cultura y religión musulmana, surge como una institución científica restringida a los astrónomos. Por su parte, el observatorio moderno nace también como un centro para las élites, aunque con los años, aparecerían nuevos complejos astronómicos, más permeables a un público no experto, que incorporarían servicios de divulgación y docencia. Este acercamiento al ciudadano de a pie se resentiría en la medida en la que el observatorio contemporáneo se fue alejando de las ciudades. No obstante, la subsistencia de algunos observatorios urbanos así como la de otros observatorios universitarios aseguraban cierta continuidad en la relación pueblo-astronomía.

Sin embargo, en los últimos años se está poniendo de manifiesto la capacidad de atracción de esta ciencia para cierto colectivo, dando lugar al fenómeno del astroturismo o turismo astronómico. El auge de este movimiento se inicia en las dos últimas décadas, cuando casi el 56% de estos turistas realizó su primer viaje con este fin [NOTA: El dato es de 2016, por lo que el porcentaje incluso debe haber aumentado] [NOTA: Wen, J. (2017): *Astronomy tourism: exploring an emergin market: group culture, individual experience and industrie future*. p. 165].

Sintetizando lo expuesto por diversos autores [NOTA: Collison, F. M. and Poe, K. (2013): "Astronomical Tourism: The Astronomy and Dark Sky Program at Bryce Canyon National Park". *Tourism Management Perspectives*, 7, p. 1; Fayos-Solá, E. et al. (2014): "Astrotourism: No Requiem for Meaningful Travel". *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*, 12, 4, p. 663; Spennemann, D. (2008). "Orbital, Lunar and Interplanetary Tourism: Opportunities for Different Perspectives in Star Tourism". *Starlight: A Common Heritage*. p. 162] se puede definir astroturismo como la actividad turística que se realiza para observar objetos, fenómenos o eventos astronómicos tanto a simple vista como mediante dispositivos ópticos. A lo que se podría añadir el acceso a actividades y espacios vinculados con esta actividad, como pueden ser los planetarios, exposiciones divulgativas o las visitas a sitios históricos.

En el año 2016 existían más de dos mil organizaciones astronómicas (asociaciones, clubs o sociedades) en el mundo y más de tres mil comunidades virtuales. Para esta demanda había más de doscientos proveedores de productos de turismo astronómico, casi setenta reservas de cielo protegido y más de ochocientos observatorios públicos y planetarios [NOTA: Wen, J. (2017): *Astronomy tourism: exploring an emergin market: group culture, individual experience and industrie future*. p. 112]. Tanto por una intención divulgativa como con fines de sustentabilidad económica, algunos de los centros astronómicos históricos anteriormente estudiado se han abierto, en mayor o menor medida, al turismo. Valgan los ejemplos de Greenwich, Niza, Pic du Midi o Mount Wilson.

El creciente interés turístico por la astronomía representa una oportunidad para esos observatorios que corren peligro de quedar obsoletos o incluso para entornos con buenas condiciones de observación en los que localizar nuevos complejos astroturísticos. Sería en ese caso, cuando la estricta funcionalidad propia de los últimos

observatorios contemporáneos debiera abrirse tanto a otros registros atractivos para los visitantes, como a los servicios complementarios (exposiciones, restauración, hospedaje…) o, incluso, atender a criterios estéticos.

Una arquitectura olvidada por la astronomía

La pérdida de su carácter singular e icónico, junto con las posibilidades alcanzadas gracias al desarrollo tecnológico de las últimas décadas, ha alejado a los observatorios del punto de equilibrio arquitectura-astronomía en el que ambas disciplinas se desarrollaban y complementaban, para dar lugar al complejo investigador más adecuado posible para el desempeño principal de la actividad científica así como, en la medida de lo posible, de otras funciones secundarias.

Esta ruptura ya era puesta de manifiesto y cuestionada por Margarit en 1980 cuando afirmaba que "este sistema de aparatos de observación y medición adaptados entre sí, con extrema exactitud, condiciona la arquitectura de forma tan determinante que el resultado de aparatos y edificio es un conjunto de alta funcionalidad más próximo a un sistema muy especializado de producción industrial que a un edificio entendido éste como contenedor de espacios para el desarrollo de una determinada actividad" [NOTA: Margarit, S. (1980): "Centro astronómico de Calar-Alto". *Informes de la Construcción*. n 322. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. pp.33-38]. Es decir, que esta supremacía técnica tiende hacia construcciones diametralmente alejadas de objetos arquitectónicos adaptados a las personas que los ocupan tanto como a las necesidades o funciones astronómicas.

De este modo, no será la tecnología en sí, sino su preeminencia sobre todo lo demás lo que devenga en la perversión de la relación simbiótica alcanzada entre arquitectura y astronomía. La importancia de los resultados científicos representa el argumento bajo el que someter toda decisión proyectual a la óptima configuración de los telescopios, sin tener en consideración que la astronomía además de sustentarse sobre unos determinados instrumentos de observación lo hace sobre un personal investigador cuyo rendimiento podrá depender de alguna forma de sus condiciones e instalaciones de trabajo.

Esta búsqueda por conseguir observatorios con los mejores instrumentos y con los mejores escenarios para la observación, ha focalizado la atención en criterios estrictamente técnicos, dejando olvidados aspectos propios de la arquitectura que aun sin favorecer necesariamente la observación, resultan convenientes para los astrónomos y otros trabajadores, y, por lo tanto, para la propia astronomía.

Cabe recordar entonces el principio para los observatorios modernos de Cassini, que sería aplicable a los primeros observatorios contemporáneos y, posiblemente, debería seguir siéndolo para los actuales y venideros: “el astrónomo, su telescopio y su observatorio deberían trabajar juntos como si fueran un mismo instrumento” [NOTA: Morton-Gledhill, Rowan. “The architecture of astronomy in the British Isles: a general study”. p. 264]

Capítulo 8. Ruptura con la tradición

A lo largo de los capítulos anteriores ha quedado de manifiesto cómo el desarrollo desde los primeros observatorios islámico-medievales hasta los más recientes, obviando los titubeos iniciales, ha tenido una evolución bastante lineal en la que determinados cambios puntuales que, aun siendo intrascendentes en ocasiones, pretendían algún tipo de mejora se fueron consolidando a medida que se probaba su adecuación para la actividad astronómica. De este modo, el proceso fue generando con el tiempo unos determinados criterios que marcaban las pautas de diseño (torres elevadas, estructuras estables, cúpulas…) y las características que un observatorio de su tiempo requería (altos ventanales, huecos continuos de norte a sur, soportes aislados para los instrumentos…). Además, de forma paralela se consolidaban unos cánones que marcarían la imagen de lo que un centro astronómico debía ser.

Excluyendo nuevamente los primeros precedentes (como Stjerneborg), inicialmente se establece una clara pauta según la que los observatorios respondían a un modelo palaciego, a una arquitectura civil, que se adaptaba a las necesidades de la astronomía. De este modo, antes de que apareciese la icónica cúpula móvil, un ojo no experto difícilmente podría diferenciar un observatorio de cualquier otro edificio institucional. Además, estas construcciones mantendrán hasta principios del siglo XX elementos propios de los estilos arquitectónicos históricos (barroco, neogótico, neoclásico…). La irrupción del observatorio contemporáneo supondrá una modificación de esta pauta que se alejará del carácter palaciego pretérito hasta estereotiparse como una arquitectura sin ornamento, austera y funcional, casi mecánica.

Si bien la mayor parte de los complejos astronómicos construidos se pueden circunscribir en los anteriores arquetipos, por una u otra razón algunos observatorios, son difícilmente asimilables a esos modelos y constituyen una singularidad en sí mismos.

Einsteinturm (1924)

El Einsteinturm o, literalmente, la Torre Einstein surge en unas circunstancias que trascienden la motivación estrictamente científica para encontrar su justificación también en aspectos político-sociales derivados del contexto histórico alemán de

principios de siglo [NOTA: Guridi García, Rafael (2011). "Un lugar entre la tierra y las estrellas. Luces y sombras en la Torre Einstein". *Cuadernos de Proyectos arquitectónicos*, (n. 02/201), p. 12]. Lejos de la hegemonía científica estadounidense, Alemania se había quedado estancada en la astronomía clásica sin posicionarse en la astrofísica moderna: los instrumentos estaban desfasados y no podían competir en condiciones climáticas ni en patrocinios particulares. No obstante, tras la derrota sufrida en la Primera Guerra Mundial, apareció una voluntad política para promover la ciencia [NOTA: Wolfschmidt, G. and Cotte, M. (2010): "The Einstein Tower, Potsdam, Germany". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 209].

El observatorio se concibe con el objetivo de comprobar la Teoría de la Relatividad de Einstein. Así, su principal promotor, el astrofísico Erwein Finlay-Freundlich consiguió en 1918 un terreno cedido por el Observatorio de Postdam para erguir la torre. Pese a las dificultades iniciales para conseguir financiación, Freundlich aprovechó el creciente renombre de Einstein para constituir una fundación con la que recaudar fondos para costear la construcción. El éxito recaudatorio aceleró el inicio del trabajo del arquitecto seleccionado para esta obra: un joven Erich Mendelsohn [NOTA: Guridi García, Rafael (2011). "Un lugar entre la tierra y las estrellas. Luces y sombras en la Torre Einstein". *Cuadernos de Proyectos arquitectónicos*, (n. 02/201), p. 13] [NOTA: James, K. (1994). "Expressionism, Relativity, and the Einstein Tower". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 53, n. 4, pp. 398,400-401].



Figura 8.1 – Einsteinturm.

La torre se concibió originalmente como un observatorio solar, en cuyo diseño subyacen las directrices iniciales de Freudlich [NOTA: Hentschel, K. (1994): "Physik, Astronomie und Architektur - Der Einsteinturm als Resultat des Zusammenwirkens von Einstein, Freundlich und Mendelsohn", *Der Einstein-Turm in Potsdam: Architektur und Astrophysik*, p. 44] tanto como los requerimientos planteados por los ingenieros responsables del equipo óptico. Además, en el primero tuvo una clara influencia los modelos de telescopio solar instalados por Hale en el Mount Wilson [NOTA: veáse el apartado "Observatorio Mount Wilson (1904/1917)", p.291] con la significativa aportación de situar el laboratorio enterrado horizontalmente en la base del edificio [NOTA: Guridi García, Rafael (2011). "Un lugar entre la tierra y las estrellas. Luces y sombras en la Torre Einstein". *Cuadernos de Proyectos arquitectónicos*, (n. 02/201), pp. 14-15].

El arquitecto pretendía aprovechar el trasfondo de una nueva concepción de la astronomía para romper con la tradición, creando un lenguaje arquitectónico propio alejado de ornamentos y estilos preexistentes. Su ambicioso proyecto aspiraba a reflejar en la arquitectura la teoría que se intentaba demostrar en su interior, o al menos su interpretación personal. De ahí, deriva una construcción que tiene algo de monumento o de escenografía [NOTA: James, K. (1994). "Expressionism, Relativity, and the Einstein Tower". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 53, n. 4, pp. 392-393].

Para ello, Mendelsohn, en una interpretación muy personal, intenta plasmar un dinamismo formal que simbolice la representación de la energía latente en la materia del edificio, aunque no como una estrategia decorativa sino como un ejercicio de honestidad. Para ello, se decanta por una construcción en hormigón armado que le permita definir un volumen sinuoso y fluido a la vez que tiene en consideración el funcionamiento interno de la estructura (el buen funcionamiento a compresión del hormigón y a tracción del acero). El resultado fue uno de los mejores ejemplos de arquitectura expresionista europea [NOTA: Wolfschmidt, G. and Cotte, M. (2010): "The Einstein Tower, Potsdam, Germany". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 210].

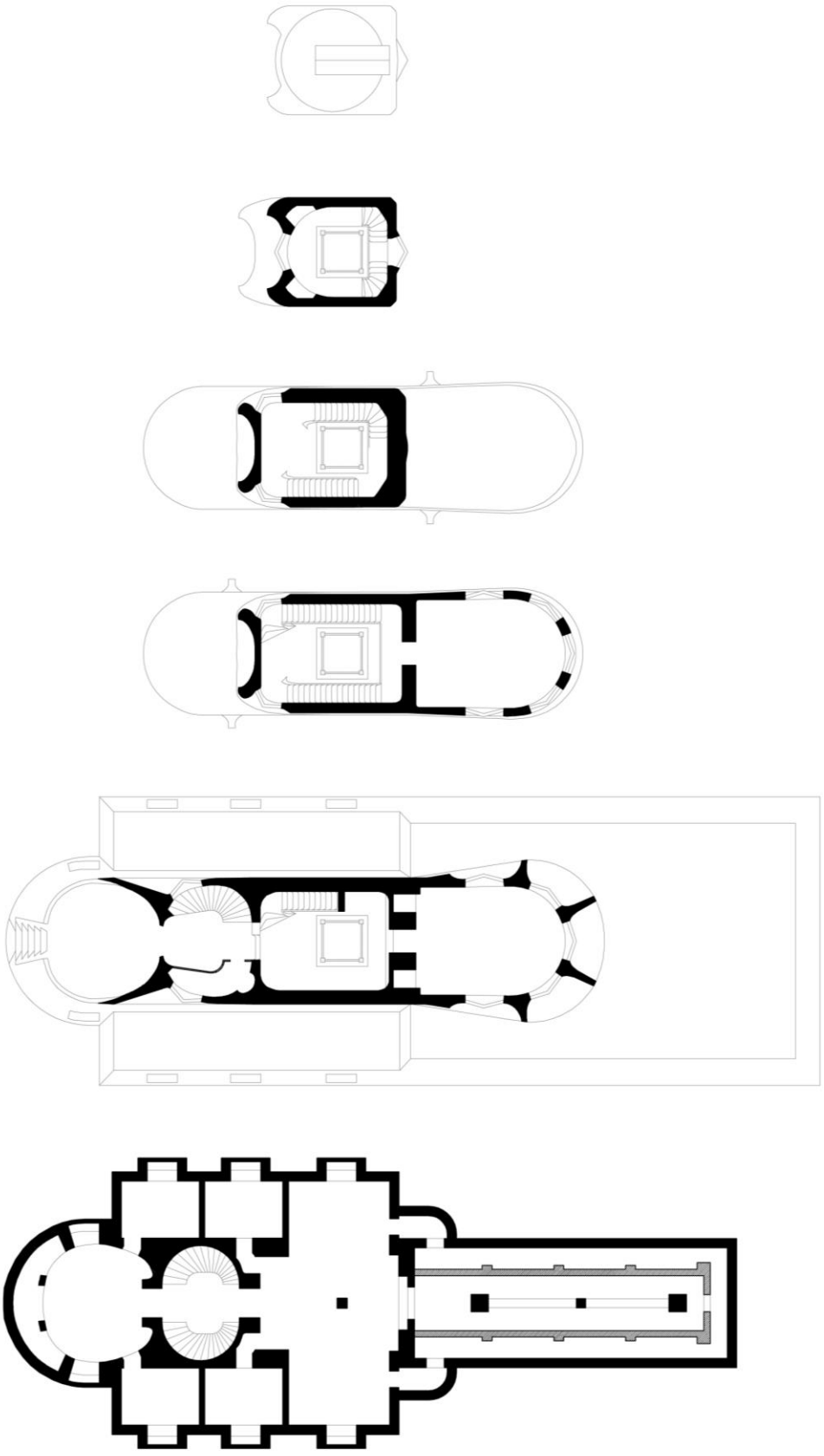


Figura 8.2 – Einteinturm. Plantas.

Además de estos aspectos formales, el observatorio cumple con el programa científico para el que se fue concebido. La torre elevaba el celostato para canalizar los rayos solares verticalmente a través de un pozo de luz hasta su sótano, donde se encontraba su laboratorio semienterrado. Y más allá del edificio en sí, destaca la forma en la que la arquitectura se implanta en el lugar, naciendo de la tierra sin llegar a mostrarse por completo [NOTA: Guridi García, Rafael (2011). "Un lugar entre la tierra y las estrellas. Luces y sombras en la Torre Einstein". *Cuadernos de Proyectos arquitectónicos*, (n. 02/201), pp. 13,17]

Aunque las primeras trazas del diseño se remontan a 1917, este proceso se prolongaría tres años hasta el comienzo de unas obras que se extenderían durante un año más. De cualquier modo, el retraso del equipamiento del laboratorio y las zonas de trabajo así como la instalación de los instrumentos astronómicos retrasó sus primeras observaciones hasta 1924, cuando se convertiría en el primer telescopio solar de Europa [NOTA: Denker et al. (2016): "Solar Physics at the Einstein Tower". *Astronomische Nachrichten*, 337(10), pp. 1105,1109].

La construcción estuvo rodeada de inconvenientes, puesto que la aspiración de Mendelsohn de completar el edificio con hormigón armado resultó imposible tanto por la escasez del material en la posguerra como por la dificultad para realizar los encofrados necesarios. Así que, casi todo el edificio sobre rasante se construyó con ladrillo revestido de mortero, lo que debilitaría la coherencia proyectual y el vínculo forma-material pretendido por el arquitecto [NOTA: James, K. (1994). "Expressionism, Relativity, and the Einstein Tower". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 53, n. 4, pp. 392,403].

Estas complicaciones persistieron tras la finalización de la obra, ya que el agua y la humedad provocaron daños en la envolvente, que debió ser restaurada por primera vez a los pocos años de su inauguración, y de manera sucesiva con posterioridad. La última reparación significativa data de finales del siglo pasado [NOTA: Denker et al. (2016): "Solar Physics at the Einstein Tower". *Astronomische Nachrichten*, 337(10), pp. 1106-1107].

El proyecto se presenta como una arquitectura masiva, estereotómica, plástica y fluida. La envolvente, formada por curvas y contracurvas, aspira a transmitir una sensación de movimiento congelado o interrumpido. El edificio, alineado de norte a sur,

parece emerger orgánicamente desde el suelo como un hongo puesto que su alargada base queda parcialmente enterrada y envuelta por una cubierta vegetal que lo mimetiza con el parque circundante. Sobre ésta nace una construcción algo más corta y estrecha que varía orgánicamente la altura de su sección hasta convertirse en la elevada estructura justifica el nombre de torre. Carente de adornos, la fachada sólo se ve interrumpida por los elementos constructivos necesarios (ventanas, vierteaguas, gárgolas o escalones) que se integran con naturalidad en la obra manteniendo su mismo lenguaje geométrico-formal.

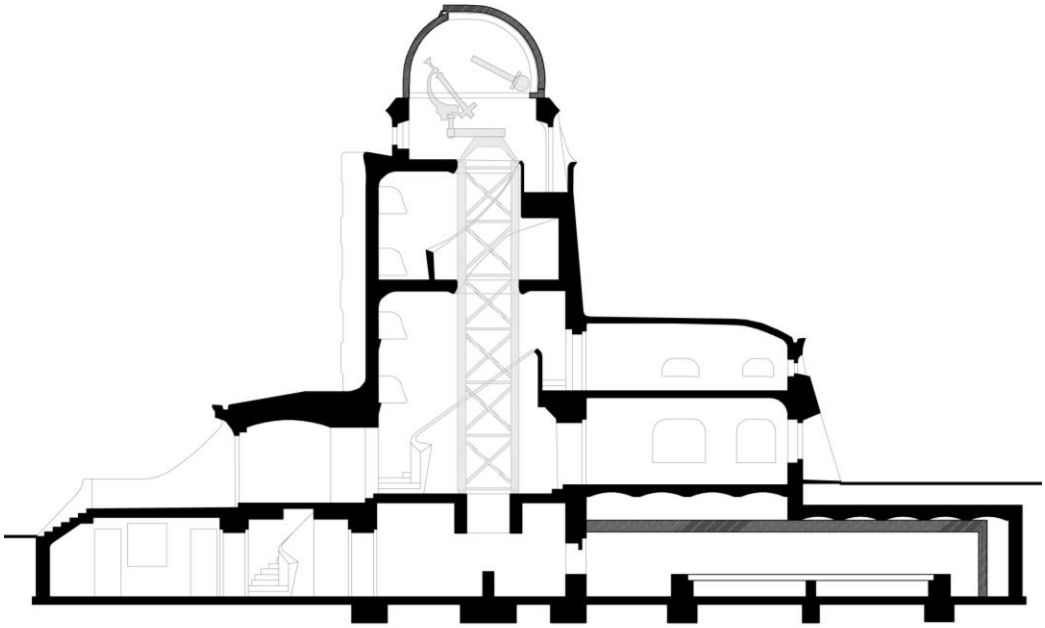


Figura 8.3 – Einteinturm. Sección.

Desde el parque que lo rodea, al observatorio se accedía desde la fachada norte ascendiendo unas escaleras hasta una terraza donde se encontraba la puerta de entrada. En su interior los espacios estaban organizados linealmente. En primer lugar, un recibidor con una escalera que baja al sótano. A continuación la base de la torre, donde un pozo atravesaba verticalmente todo el edificio mientras una escalera ascendente lo circundaba. Por último, al sur, una zona de trabajo y reuniones que se repetía de forma análoga en la primera planta. El nivel inferior, semienterrado, es el de mayor tamaño ya que se ensanchaba para formar dependencias con talleres o laboratorios y se alargaba para albergar los principales instrumentos. El extremo meridional del sótano, donde se situaban los espectrógrafos, contaba una segunda envolvente interior separada de la fachada, con aislamiento térmico, barrera de humedad y cimentación independiente; para asegurar las mejores condiciones de observación. Finalmente, la torre se levantaba

hasta los casi veinte metros donde la cúpula, integrada en la arquitectura, cobijaba el celostato que se sostenía mediante una estructura ligera de madera que atravesaba el pozo vertical hasta apoyarse sobre una cimentación aislada.

La Torre Einstein se convirtió en el observatorio solar más importante de su tiempo [NOTA: Wolfschmidt, G. and Cotte, M. (2010): "The Einstein Tower, Potsdam, Germany". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 210] y se convirtió en uno de los edificios más conocidos de Alemania para el público en general y para los arquitectos de todo el mundo (ya que apareció ampliamente publicada). Recibió numerosas alabanzas y críticas, entre ellas la de ser mera propaganda. Lo cierto es que puso el foco sobre el observatorio y lo que éste representaba, y el tiempo terminó por consolidarlo como un icono de vanguardia presente en cualquier manual de historia de la arquitectura [NOTA: Guridi García, Rafael (2011). "Un lugar entre la tierra y las estrellas. Luces y sombras en la Torre Einstein". *Cuadernos de Proyectos arquitectónicos*, (n. 02/201), pp. 12,16] [NOTA: James, K. (1994). "Expressionism, Relativity, and the Einstein Tower". *Journal of the Society of Architectural Historians*, vol. 53, n. 4, pp. 407-408].

El observatorio sigue en activo, desempeñando labores de investigación, educación, capacitación y divulgación pública [NOTA: Denker et al. (2016): "Solar Physics at the Einstein Tower". *Astronomische Nachrichten*, 337(10), p. 1113].

Por todo lo expuesto, la excepcionalidad de la Torre Einstein es ampliamente reconocida, siendo destacado en una convención internacional sobre el patrimonio astronómico de la siguiente manera: "es posiblemente un ejemplo raro, y quizás único, de un verdadero esfuerzo creativo en el diseño de observatorios, directamente relacionado con un nuevo estilo arquitectónico, por un gran arquitecto de su tiempo" [NOTA: Wolfschmidt, G. and Cotte, M. (2010): "The Einstein Tower, Potsdam, Germany". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 211].

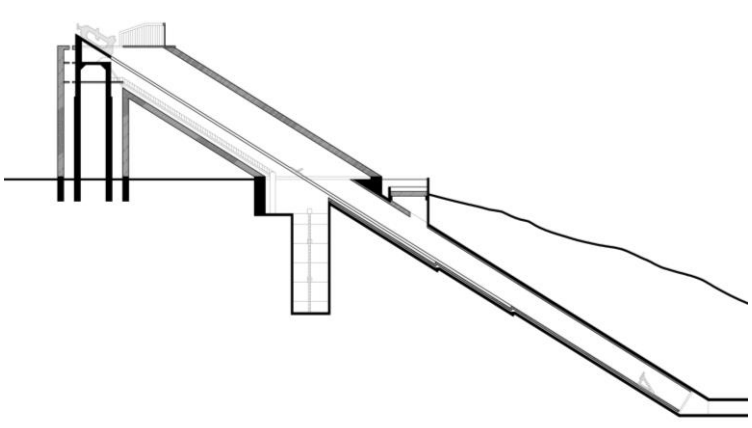
Otros casos

Por desgracia, el caso del Einstenturm fue inusitado y no inició una tendencia crítica; que, de haberse dado, discutiese no los fundamentos astronómicos que aseguran

el buen desempeño científico de un observatorio, sino que cuestionase los principios arquitectónicos que subyacen en un edificio que debería tener en cuenta su funcionamiento en relación a sus usuarios y su adaptación al entorno en el que se implanta.

Aun así, con el paso del tiempo aparecerían ocasionalmente algunos centros astronómicos profesionales, públicos e, incluso, privados que, siguiendo la línea del Einsteinturm, presentasen en su construcción ciertas desviaciones de los arquetipos edificatorios y arquitectónicos de los observatorios históricos.

Un claro ejemplo es el caso del Observatorio Solar McMath-Pierce (1962), diseñado por el estudio SOM, se encuentra en Arizona, Estados Unidos. Es una instalación astronómica profesional de gran tamaño que, pese a quedar enterrada en su mayor parte, destaca sobre la cumbre de una montaña con una estructura de setenta metros de largo y treinta de alto. Asumiendo un requerimiento astronómico tan marcado como la posición oblicua de un gran túnel óptico, el edificio se configura como dos torres de sección cuadrada, una vertical y la otra inclinada, que convergen formando junto con el terreno los lados de un triángulo rectángulo escaleno. El observatorio se eleva sobre la montaña como una escultura geométrica, blanca, aséptica y minimalista. Esta estructura forma un marco a través del que contemplar el paisaje y que destaca en su entorno sin ensombrecerlo, poniéndolo en valor. Este proyecto constituye un ejemplo de cómo los condicionantes astronómicos pueden ser considerados por la arquitectura para dar lugar a propuestas con interés más allá de la estricta función astronómica.



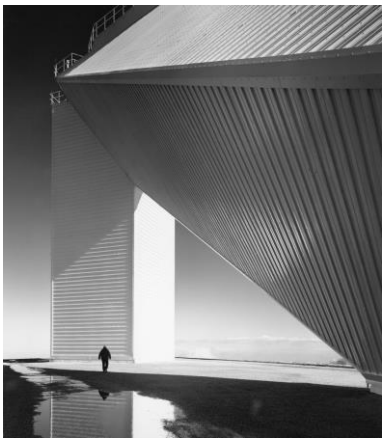
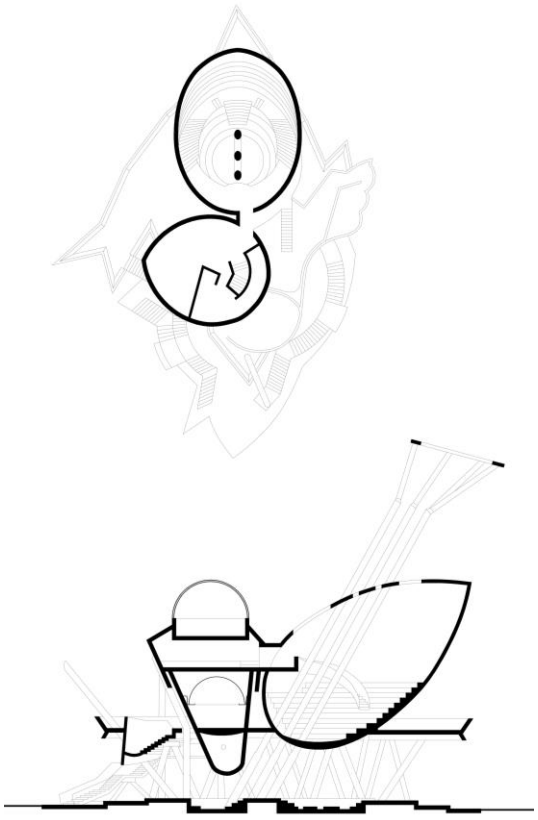


Figura 8.4 – Observatorio Solar McMath-Pierce. Sección.

Figura 8.5 – Observatorio Solar McMath-Pierce.

El Centro Astronómico Teruhoku (1995) de Kihoku, en Japón aúna en una misma construcción diferentes funciones vinculadas con la divulgación astronómica: un espacio de exposiciones, una sala de conferencias, un planetario, una tribuna abierta y la zona del observatorio. Es una obra de Takasaki Architects. En su composición aglomera una serie de volúmenes abstractos de hormigón que están mezclados entre sí junto con una plataforma. Todo el edificio queda suspendido del terreno mediante una serie de pilares inclinados que incluso atraviesan el conjunto, dando lugar a un objeto arquitectónico con influencias constructivistas y brutalistas. El observatorio está asentado en una posición elevada de un entorno con el que parece no existir ninguna relación.



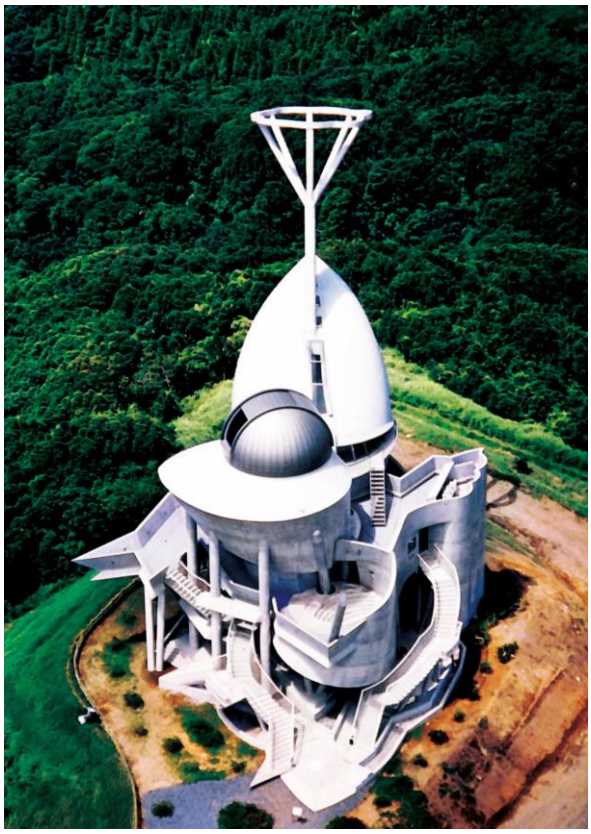


Figura 8.6 – Centro Astronómico Teruhoku. Planta y sección.

Figura 8.7 – Centro Astronómico Teruhoku.

Ya en este siglo, el Observatorio Kielder (2008) surge como una instalación pública de tamaño moderado destinado a todo tipo de usuarios. Queda situado en una zona boscosa al noreste de Inglaterra. Este proyecto, de Charles Barkley Architects, prácticamente rompe con cualquier relación con los observatorios históricos, tomando las premisas astronómicas más elementales y basando cualquier otra decisión proyectual en criterios arquitectónicos basados en su ubicación y sus usuarios. De este modo,

aunque mantiene la independencia estructural de los soportes de los instrumentos y la cubrición mediante cúpulas móviles, opta superficies poligonales en lugar semiesferas. Además, en una aspiración de integración de bajo impacto rehuye de una apariencia tecnológica o compacta para asemejarse a una cabaña o a un mirador ornitológico. Salvo por algunos elementos metálicos (incluyendo los soportes de dos telescopios) que pasan desapercibidos, toda la construcción está resuelta en madera. El observatorio queda compuesto por una plataforma ligera de que se posa en voladizo sobre una suave ladera mediante unos postes. Encima, unos volúmenes prismáticos generan una zona estancial y las dos cúpulas de los instrumentos.

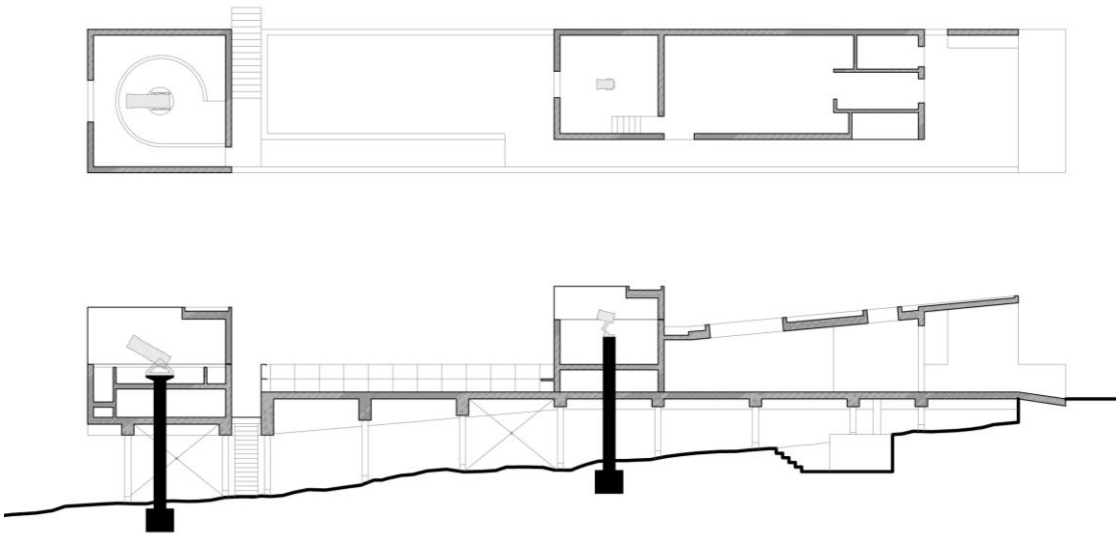




Figura 8.8 – Observatorio Kielder. Planta y sección.

Figura 8.9 – Observatorio Kielder.

El Observatorio Murillo Family (2011), de HPI Architecture, es un equipamiento docente de la Universidad Estatal de California San Bernardino (CSUSB) vinculado a sus programas académicos y abierto ocasionalmente a escuelas, a institutos y al público

en general. Erguido en una colina frente al campus, el observatorio se organiza como tres sencillos pabellones prismáticos separados por dos terrazas. El conjunto queda unificado mediante una pérgola que los conecta. En planta, el laboratorio, la sala de conferencias y los dos telescopios fijos, se organizan en forma de arco en torno a un patio de observación circular. Tan sólo la presencia de dos cúpulas sobre sendos pabellones identifican la construcción como un observatorio.

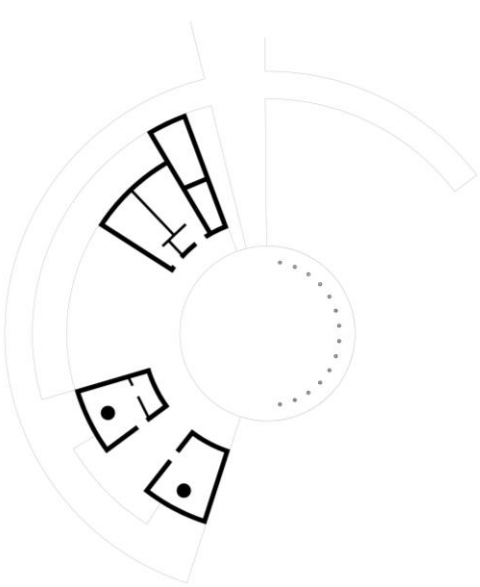




Figura 8.10 – Observatorio Murillo Family. Planta.

Figura 8.11 – Observatorio Murillo Family.

El Observatorio Gemma (2015), es un pequeño complejo astronómico privado diseñado por Anmahian Winton Architects. Se encuentra en una pequeña cumbre rocosa, en New Hampshire, Estados Unidos. En su posición de inactividad, nada identifica al edificio con un observatorio ya que, en apariencia, carece de los rasgos prototípicos de estos. Los criterios que definen sus características se basan en favorecer las funciones que contiene y de integrar la arquitectura en su contexto. Su piel geométrica y facetada de chapa metálica refleja los tonos del paisaje y evoca los afloramientos graníticos del paisaje próximo. El uso de láminas de zinc en la envolvente minimiza la posible distorsión por diferencial de temperatura. El interior está resuelto con un material más doméstico y cálido como la madera. La parte inferior da servicio a la observación, agrupando los espacios de estar, trabajar, dormir y las instalaciones. Aislada espacial y térmicamente, la parte superior contiene una terraza y la sala principal de observación, donde un telescopio queda fijado en su soporte independiente bajo una cúpula poliédrica.

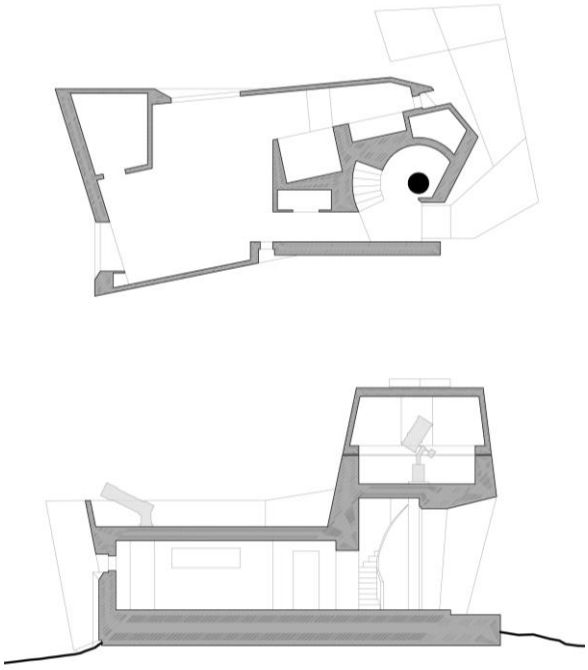




Figura 8.12 – Observatorio Gemma. Planta y sección.

Figura 8.13 – Observatorio Gemma.

Por último, el Observatorio Astronómico Yepun (2016) es un equipamiento turístico, ubicado en Chile, creado a partir de la rehabilitación de una edificación existente por parte del estudio Factoría. El edificio destaca sobre el borde de un cerro que desciende precipitadamente hasta la cota de un lago, convirtiéndose en un referente del paisaje. A su vez, queda relacionado por el resto de fachadas con un entorno donde hay espacios estanciales, de paseo u ocio. El observatorio tiene un tamaño modesto, de escala doméstica, con una planta elíptica y, por encima, una cúpula cilíndrica. Toda la envolvente está acabada en madera vernácula, señalando una relación con las típicas construcciones locales. El sencillo espacio interior genera una sala para la reflexión desde la que se asciende a través de una rampa curva hasta la sala del telescopio. Las soluciones constructivas adoptadas en el proyecto no son las más favorables para la función astronómica, lo que tiene una relativa importancia a causa de la finalidad turística a la que se destina.

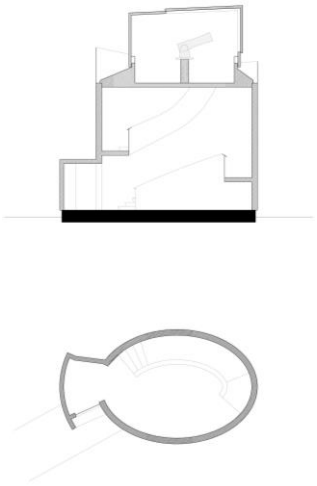




Figura 8.14 – Observatorio Astronómico Yepún. Planta.

Figura 8.15 – Observatorio Astronómico Yepún.

Aunque no pueda reconocerse propiamente como un observatorio astronómico, la Terrazza delle stelle (2011) representa un interesante ejemplo de instalación astronómica asociada al turismo. Situada en una zona montañosa cerca de Trento, Italia, la Terrazza queda formada por una plataforma rectangular de hormigón en uno de cuyos extremos aparece la cúpula de unos cuatro metros de diámetro y tres de alto. Esta estructura tiene forma de gota posada en un plano y su acabado exterior es de acero pulido, lo que genera un efecto espejo que refleja tanto el entorno como el cielo en su superficie. La cúpula carece de su función habitual en los observatorios, sino que simplemente genera un espacio interior en el que se encuentra una zona de trabajo y se almacenan los diferentes instrumentos. Este equipo de observación no está instalado permanentemente, sino que es fijo y se desplaza al exterior de la plataforma para realizar las observaciones. Esta instalación tiene una amplia oferta de actividades científicas y culturales abiertas a todo tipo de público.



Figura 7.16 – Terrazza delle stelle.

Además de estos observatorios que se alejan de los cánones, o arquetipos tradicionales, y de esas otras instalaciones surgidas, de una u otra forma, de esta ciencia, existe una cuestión adicional que puede desvincular estos centros astronómicos de su ascendencia histórica: su obsolescencia.

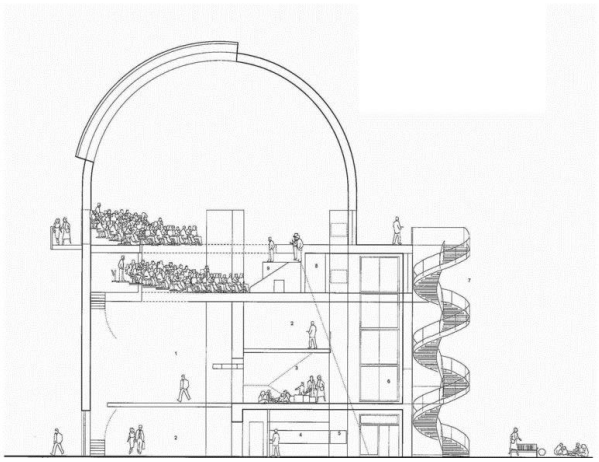


Figura 8.17 – Propuesta de cambio de uso del Telescopio Isaac Newton. Fine Architects.

Como se ha mostrado a lo largo de los capítulos anteriores, buena parte de los observatorios se actualizan y adaptan a nuevas necesidades científicas a medida que se producen descubrimientos astronómicos o avances tecnológicos. De este modo, frecuentemente esos centros pueden ver su vida útil prologada. Aun así, hay algunos casos en los que determinadas circunstancias invariables (como su ubicación, o su arquitectura original) hagan imposible o poco viable su adecuada adaptación a unas nuevas condiciones de funcionamiento. En estos casos se producen dos soluciones distintas. La primera posibilidad es que la construcción sea derribada, desapareciendo todo o casi todo rastro de ella (con casos como Maragha, el primer Observatorio de Cádiz, el primer Observatorio de Hamburgo o Parramatta). La segunda posibilidad es que el equipo astronómico sea desmantelado, dando lugar a un edificio singular carente de uso. Esta última opción se traduce en espacios de oportunidad en la que antiguos observatorios astronómicos pueden adquirir una segunda vida útil. Un ejemplo de esta posibilidad es la propuesta de Fine Architects para convertir en un centro artístico el edificio abandonado del Telescopio Isaac Newton, en Sussex. Si bien el proyecto no se ha terminado llevando a cabo, insinúa una posible evolución programática-funcional que este tipo de construcciones, una vez obsoletas, pueden presentar.

Una arquitectura para cada observatorio

Aun en la actualidad, los observatorios astronómicos cuyos diseños se basan en el encaje de requisitos científico-técnicos con los criterios propios de la arquitectura contemporánea en lugar de basarse en la repetición mecánica de arquetipos históricos o patrones consolidados son poco frecuentes. Y cuando esta particularidad se produce, los resultados se alejan tanto de los cánones habituales que incluso cuesta reconocer esos edificios como observatorios.

Del mismo modo que, subconsciente y tradicionalmente asocia la noción de "casa" con el del esbozo pueril de un alzado de casita con tejado a dos aguas y chimenea, el imaginario popular identifica el "observatorio astronómico" con una construcción cilíndrica rematada por una cúpula semiesférica. Sin embargo, en la misma medida en la que las viviendas contemporáneas difieren del concepto infantil, los observatorios actuales podrían divergir del estereotipo popular.

En el presente, la arquitectura ha dejado definitivamente atrás los estilos históricos para desarrollar un lenguaje propio de su tiempo que debe integrarse en los proyectos astronómicos en la misma medida en la que lo hace en todo tipo de construcciones (teatros, colegios, iglesias…).

Un observatorio es principalmente un centro de investigación científico y su definición proyectual debe responder a esa finalidad de manera prioritaria. No obstante, el programa de usos de estas instituciones tiende a un importante grado de complejidad, aunando en un mismo edificio los equipos de observación, instalaciones técnicas, laboratorios o zonas de trabajo, pero también, ocasionalmente, áreas de descanso, salas de conferencias, exposiciones u otros usos. Todo ello requiere de un análisis de compatibilidad e interferencias para producir una organización programática que se adapte a las necesidades del proyecto sin perjudicar la investigación. Todo esto puede producir variaciones en la relación forma-función que condicione la definición formal del edificio.

Por otro lado, del mismo modo que desde el origen del observatorio moderno se empieza a tener en consideración la situación del observador, parece razonable mantener, al menos, el mismo grado de conciencia respecto a éste en los observatorios actuales. Así, cuestiones que se contemplaban entonces como su protección climática

(calefactando estancias y resguardándolo del viento o la lluvia), su confort (mediante sillas de observación o facilitando el movimiento de los instrumentos) o su descanso (con habitaciones y camas) parecen ahora aspectos secundarios y opcionales. Es decir, teniendo en cuenta que los trabajadores de los observatorios son parte fundamental del funcionamiento de los mismos e, incluso, que los visitantes (investigadores, turistas…) pueden generar un bien a estas instituciones, se hace imprescindible reconocer a usuario como un agente más a tener en consideración durante la proyección del centro.

Además, como cualquier otro edificio, los observatorios no son, ni pueden ser, impermeables a su contexto. Todo planteamiento arquitectónico debe contemplar una lectura del entorno en que se va a implantar, para, tras este análisis, responder con estrategias más o menos integradoras, miméticas o de contraste en favor de una pretendida intencionalidad.

En definitiva, no hay una, sino muchas arquitecturas para un mismo proyecto y está en la mano de sus promotores y diseñadores discernir y determinar la más oportuna para cada observatorio.

Análisis evolutivo

A través de un ejercicio de investigación, estudio y crítica, este trabajo ha desarrollado un relato a través del que profundizar en los diferentes aspectos y variables que han participado de la evolución histórica de los observatorios astronómicos desde una perspectiva arquitectónica. Todo esto ha quedado expuesto a lo largo de los capítulos anteriores mediante el enfoque de casos particulares que constituyesen hitos relevantes para este desarrollo, o bien, que expusiesen variantes y matices descartados por el propio progreso de los observatorios.

Para la selección de los casos de estudio, se ha realizado una operación de síntesis en base a épocas, períodos, localización o importancia. De esta forma, se presenta una amplia muestra de centros astronómicos de todo el mundo frente a la que la inclusión de algún caso no considerado no representase variación significativa alguna de la lectura de su evolución hasta el presente.

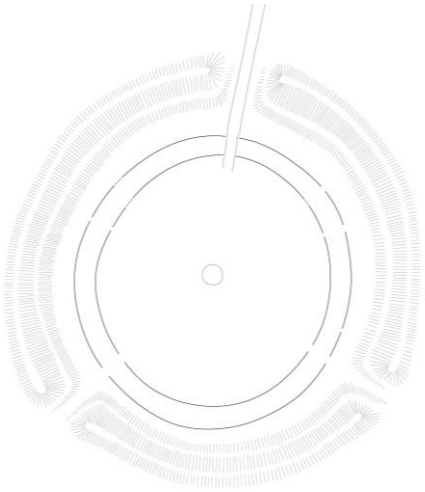
Además del interés histórico de este trabajo por el desarrollo de este tipo de edificio cuya congénita relación con la astronomía le confiere unas características particulares adaptadas a las necesidades de la propia observación, la voluntad propositiva de esta investigación aspira a desgranar algunas de las principales características que determinan la configuración del observatorio como edificio.

Se entiende que este interés por profundizar en la comprensión de los aspectos formales y funcionales que definen la realidad del observatorio posibilitará una intervención más consciente y coherente para los proyectos de observatorios astronómicos futuros.

Desarrollo histórico-arquitectónico

Los más antiguos predecesores de los observatorios (el Círculo de Goseck, Stonehenge, Mnajdra…) pertenecían a culturas primitivas, posiblemente nómadas y sin apenas construcciones que hayan perdurado hasta el presente, lo que facilita el reconocimiento de estos hitos. Esos proto-observatorios consistían en estructuras, más o menos sencillas, orientadas en base a su coincidencia con determinadas alineaciones

celestes o eventos astronómicos, y cuyo uso no comprendía funciones distintas del control temporal (como un calendario) o funciones rituales.



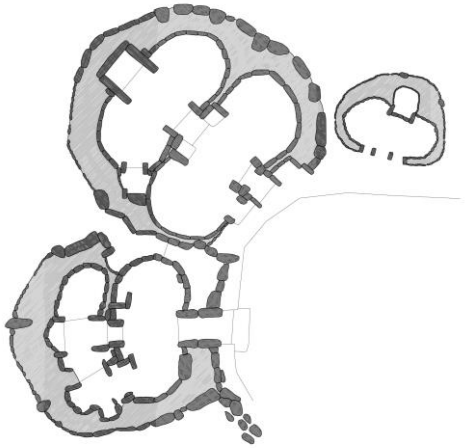
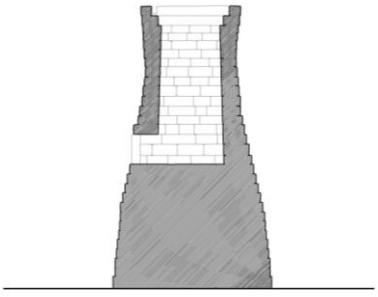


Figura 9.1 – Cirgulo de Goseck. Planta.

Figura 9.2 – Mnajdra. Planta.

Las civilizaciones más avanzadas comenzaron a establecerse en núcleos con diversas edificaciones que obstruían la vista del cielo por lo que las observaciones se desplazaron a espacios abiertos (el Pynx ateniense o el Campo de Marte romano) o comenzaron a ocupar posiciones elevadas de otras estructuras (zigurats) que les permitiesen una visión sin obstáculos de los astros. Incluso en algunos casos se levantaron construcciones destinadas a conseguir una observación idónea sobre los edificios o el entorno próximo (El Caracol, Cheomseongdae o Dengfeng), en especial con la aparición de los primeros útiles o instrumentos de observación.



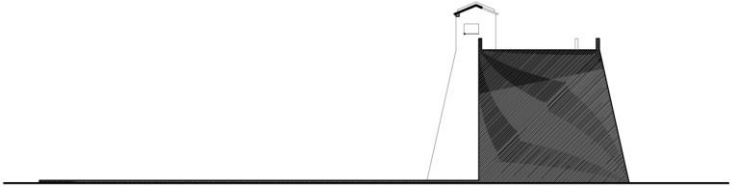


Figura 9.3 – Cheomseongdae. Sección.

Figura 9.4 – Denfeng. Sección.

Más adelante, la trascendencia de la astronomía para la cultura islámica, propició la aparición de puestos de observación temporales con instrumentos portátiles. Sin

embargo, la búsqueda de mayor precisión impulsó el crecimiento de estos equipos astronómicos hasta dimensiones que dificultaban su transporte y manejo. Este aumento de tamaño dio lugar a los primeros observatorios como edificios cuya razón de ser consistía en albergar y proteger un gran instrumento. Aprovechando su tamaño se incorporaron diferentes zonas de cálculo o anotaciones, salas de biblioteca y cuartos para almacenar, construir o reparar otros instrumentos secundarios.

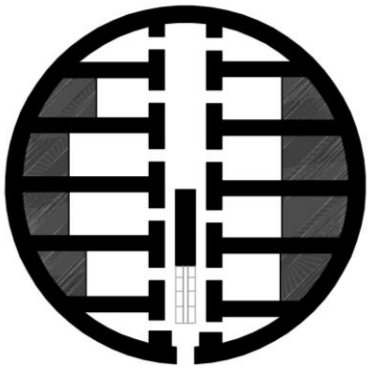


Figura 9.5 – Maragha. Planta.

La posterior recuperación de la ciencia astronómica en occidente posibilitó el advenimiento de los precursores del observatorio moderno: plataformas y otros espacios de estudio astronómico (Nuremberg o Hesse-Kassel).

Aun así, el primer observatorio moderno sería Uraniborg, donde se adaptará el concepto del palacio renacentista flamenco a unos determinados requisitos científicos para la alquimia y la astronomía. Respecto a la segunda, más allá de incluir una sala para el trabajo astronómico, se dispusieron varias plataformas elevadas sobre pilares desde las que se podía contemplar el cielo en todas direcciones bajo el resguardo de una envolvente con aberturas practicables. Además de la residencia propia del señor del palacio (en este caso el observador principal), se contó con unas dependencias para los asistentes. Pese a la intencionalidad de todas las decisiones proyectuales, la necesidad de estar desplazando los instrumentos entre las distintas plataformas, unida a los problemas de inestabilidad causados por la esbeltez de los soportes que las elevaban, lastró la calidad de los resultados científicos obtenidos.

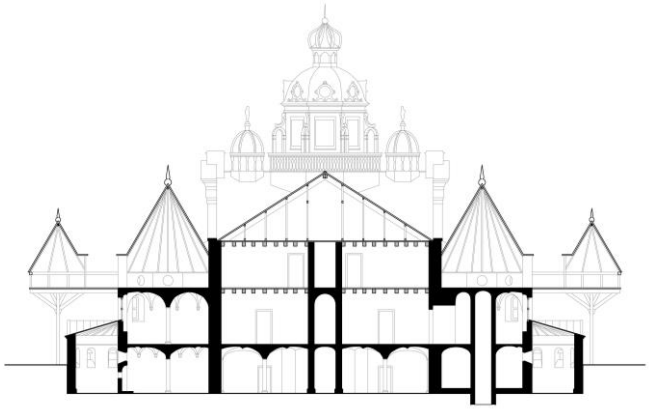


Figura 9.6 – Uraniborg. Sección.

La inmediata respuesta a los problemas de Uraniborg fue Stjerneborg. Este nuevo observatorio fue concebido como una construcción adyacente y complementaria del anterior, por lo que todo el diseño se focalizó en propiciar la estabilidad de los instrumentos y fiabilidad de los resultados. Así que, se diseñó como un edificio enterrado en el que sólo las cubiertas y el acceso quedaban por encima del terreno. Cada útil astronómico se situó en una cámara especialmente concebida para él, de forma que se instalaba en un soporte fijo que arrancaba desde el suelo firme. El suelo de cada sala se escalonaba para facilitar la manipulación del instrumento y las cubiertas tenían aberturas practicables para permitir la vista del cielo en cualquier dirección. En todo caso, pese a la libertad formal que permitía la excavación y al avance evolutivo, el edificio seguía atado a las trazas de un palacio.

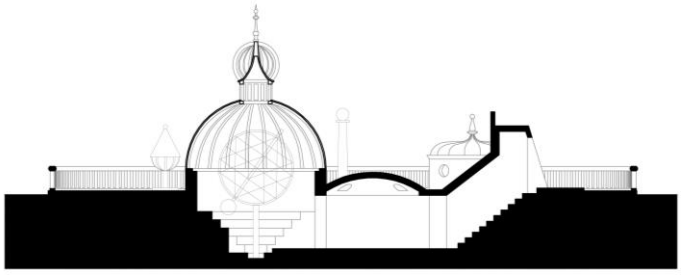


Figura 9.7 – Stjerneborg. Sección.

Posteriormente, la aparición del telescopio y su aplicación a esta ciencia mediante instrumentos de tamaño moderado llevaría a los astrónomos a montar plataformas elevadas sobre edificaciones existentes desde las que evitar la obstrucción de otras construcciones próximas (Leiden, Ingolstadt…) o, directamente, a conseguir un nuevo edificio con terrazas o azoteas desde las que tener una óptima visión de todo el cielo (Rundetaarn).

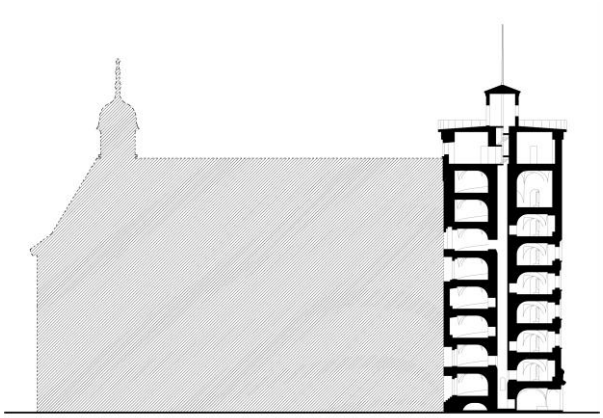


Figura 9.8 – Rudetaarn. Sección.

No obstante, el crecimiento de los telescopios, cuyo incremento de longitud se traducía en un mayor aumento óptico, devino en instrumentos tan grandes que impulsó a los astrónomos a trasladar sus observaciones a campo abierto (Hooke, Flamsteed, Huygens…), lo que generó ciertos titubeos al alejar la investigación astronómica de los propios observatorios.

En el caso del Observatorio de París, al ser concebido desde su origen como sede de la Academia de Ciencias, incorporó a su programa de usos salas de reuniones, colecciones, experimentos y habitaciones para sus ocupantes. En relación a su situación urbana, se analizó minuciosamente su ubicación de forma que evitase los humos de la ciudad. Además, pese a que su apariencia arquitectónica sea de palacio o villa y no haya rasgos evidentes de su función astronómica, lo cierto es que el diseño incorpora varias innovaciones propias de esta ciencia. El edificio incluye una línea meridiana, un óculo para las observaciones cenitales, una torre sin cubierta para la utilización de grandes telescopios y una cubierta plana para funcionar como plataforma de observación al aire libre. Pese a que algunos de estos avances no se consolidarían, su diseño impulsó e inspiró muchos de los proyectos posteriores.

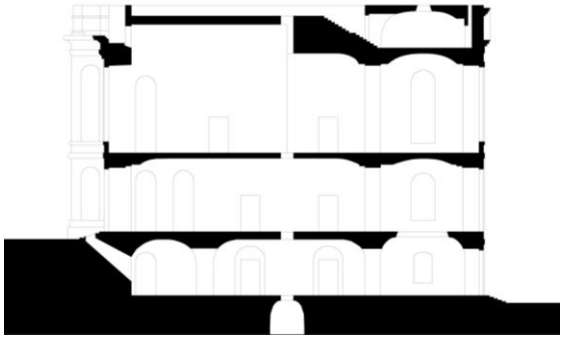


Figura 9.9 – Observatorio de París. Sección.

El Observatorio de Greenwich, aun siendo mucho más austero que el anterior, tiene una gran relevancia en el desarrollo de los observatorios. Pese a la modestia de su planta, al levantarse sobre unas ruinas existentes, y al no estar orientado en base a los puntos cardinales, la configuración de su Sala Octogonal con techos muy altos y con grandes ventanales verticales apuntando en todas direcciones para adaptarse a los largos refractores vigentes en su tiempo, se convirtió en un referente de las salas de observación, en las que el telescopio ocuparía ya un papel destacado para la investigación astronómica.

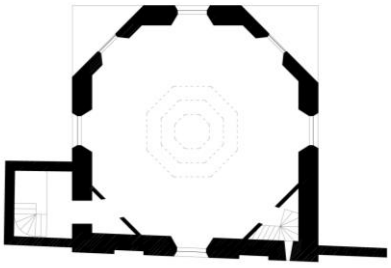


Figura 9.10 – Observatorio de Greenwich. Planta.

Mientras que lo habitual era que los observatorios fuesen de partida la residencia del observador principal o Director, en el Observatorio Radcliffe se planteó la vivienda conectada mediante un corredor aunque separada de la zona de trabajo astronómico. Además, como institución iniciaría un vínculo entre la investigación en los observatorios astronómicos y la docencia a través de la Universidad que se reproduciría en multitud de casos posteriores. Como edificio, incorporó la configuración de planta longitudinal orientada de este a oeste que se estandarizaría en los observatorios hasta inicios de siglo XX. También incluyó los huecos rasgados continuos de norte a sur alineados con los soportes de obra para los instrumentos destinados a las observaciones de tránsito. Más allá de estas soluciones particulares, su mayor acierto conceptual fue la designación de la parte inferior del edificio a los equipos de tránsito manteniendo los telescopios en una posición elevada y libre de obstáculos.

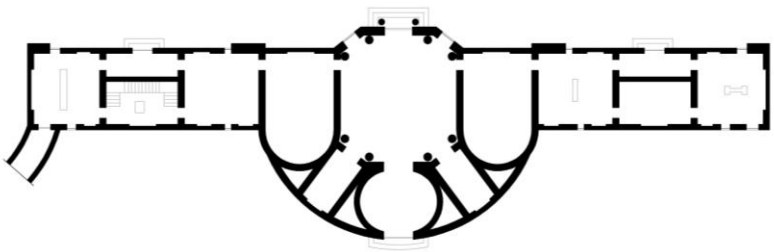


Figura 9.11 – Observatorio Radcliffe. Planta.

El desarrollo de esta institución alcanzaría un salto cualitativo con el Observatorio de Dunsink, en el que todo el proyecto está condicionado por los instrumentos previstos para el edificio y la generación de las mejores circunstancias posibles para la observación. Por ello, llega a presentar cimentaciones y soportes para los distintos instrumentos astronómicos completamente independientes y aislados del resto del edificio para evitar vibraciones. En este diseño, el telescopio se sitúa por primera vez como el elemento central y principal del observatorio tanto en lo referente a su privilegiada posición como por la innovadora solución de cúpula giratoria y practicable para proteger el instrumento. La atención por los detalles en este proyecto llegó al punto de incluir sistemas de ventilación para mejorar el control térmico de las salas de observación o a considerar la dirección predominante del viento o la generación propia de interferencias para la ordenación de la planta. Todos estos novedosos aspectos que comenzarían a tenerse en consideración en los observatorios posteriores evidencia que este diseño es el resultado de una arquitectura muy pensada y adaptada a las necesidades astronómicas de su tiempo.

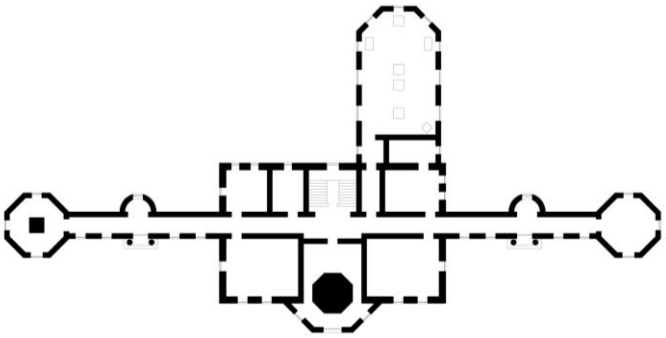


Figura 9.12 – Observatorio de Dunsink. Planta.

El Observatorio de Madrid, por su parte, no supone un gran aporte en cuanto a la arquitectura en relación a la función astronómica, ya que en los aspectos de su definición en los que innova, la solución que presenta es más propia de edificios institucionales o casi de un templo, más que de un complejo científico especializado. Sin embargo, sí que resulta muy interesante valorar y reconocer la consideración de su entorno como un punto elevado, destacado y visible desde la ciudad circundante, en el sentido en el que el proyecto tiene en cuenta las visuales y estudia como implantarse en su contexto.



Figura 9.13 – Grabado del Observatorio de Madrid en relación a la ciudad.

Desde finales del siglo XVIII y sobre todo desde comienzos del XIX, se iniciará una propagación por la que empezarán a construirse estos centros astronómicos por todo el mundo siguiendo unos preceptos claros que determinarán los rasgos básicos identificables del observatorio decimonónico. Los distintos proyectos de este tiempo incorporarán la mayor parte de los avances técnicos y soluciones constructivas implementadas por sus predecesores, afianzando unos estándares de calidad para la observación: alineación con los puntos cardinales, soportes estructuralmente independientes, huecos especializados, atención climática o separación de usos.

El observatorio moderno se consolida como un edificio alejado del centro de la ciudad, en busca de unas condiciones de observación ajenas a las interferencias propias de la urbe (ruido, humo…). Su construcción se caracteriza por ser horizontal, de poca altura en su mayor parte y con, al menos, una de sus alas marcada por estrechas aberturas rasgadas continuas de norte a sur (para las observaciones de tránsito). El resto de sus dependencias carecen de otros elementos distintivos, ya que se destinan a usos más convencionales (cálculo, docencia, lectura, descanso…). Más allá de esta horizontalidad, destaca el principal atributo por el que se identifica el observatorio moderno: la cúpula. Estos complejos presentan una o varias cúpulas móviles ocupando la parte superior del edificio. La geometría más común de esta cubrición es la cúpula semiesférica, bajo la que se cobija el telescopio, encumbrado ya como el instrumento más importante de la astronomía moderna.

A partir de estos rasgos, se establecerán observatorios de diversas escalas y con múltiples configuraciones en planta. Unos alargados, otros en forma de cruz o triangular, en forma de U, de H, etcétera. Con una o varias cúpulas. Con su cúpula principal centrada o desplazada a un extremo. Unos más modestos y estrictamente funcionales. Otros ostentosos e imponentes para ejercer una función más representativa. Sin embargo, todas estas diferencias no son más que pequeñas variaciones que no alteran sustancialmente el concepto de observatorio que subyace en su esencia.

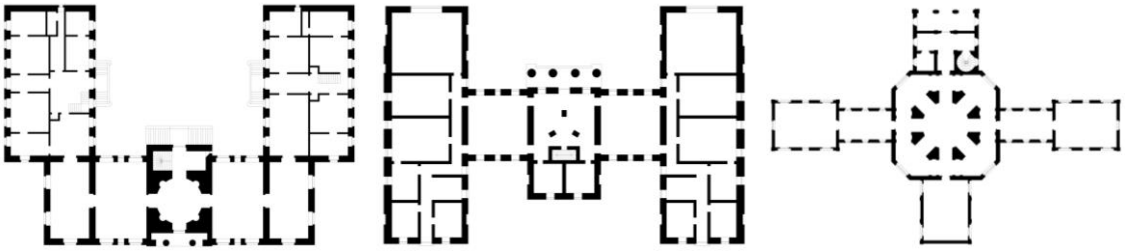


Figura 9.14 – Observatorio de Göttingen. Planta.

Figura 9.15 – Observatorio de Cabo de Buena Esperanza. Planta.

Figura 9.16 – Observatorio de Lisboa. Planta.

Además de condicionar y reconfigurar el diseño de los observatorios, el incremento en la relevancia del telescopio para la investigación astronómica iba a impulsar un constante interés por mejorar su capacidad de ampliación óptica y definición, lo que en el caso de los refractores (el sistema vigente en ese tiempo) se traducía en un alargamiento del tamaño del telescopio. Esto se reflejó en una contienda internacional por disponer del refractor más grande del mundo, cuya posesión osciló entre diferentes observatorios de América y Europa hasta que el Yerkes alcanzó un récord que hoy sigue vigente. El aumento de escala del telescopio alcanzó entonces una magnitud que condicionaba la estructura y envolvente del edificio en el que se instalaba.

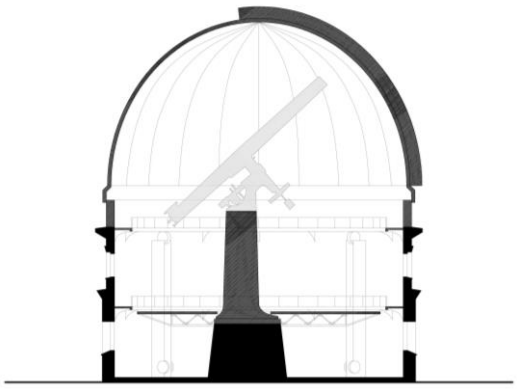
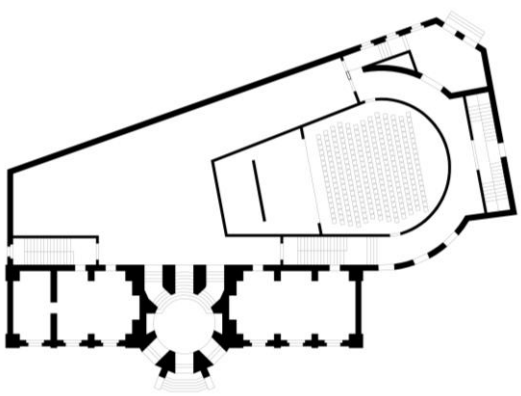


Figura 9.17 – Observatorio Yerkes. Sección.

La relación universitaria y docente de los observatorios, iniciada con el Radcliffe o el de Cádiz, se prolongaría durante el siglo XIX con otros centros astronómicos como los de Göttingen, Helsinki o Harvard. De esa forma, el distanciamiento de esta ciencia con la población promovida por el alejamiento de la ciudad de estas instituciones quedó compensado por los vínculos universitarios. Además, algunos de los proyectos comenzaron a tener en consideración la importancia de la difusión científica por lo que comenzaron a incorporar salas de conferencias y otras funciones como medio de apertura al público. El interés aficionado por la astronomía iba a incrementarse durante este siglo hasta el punto que, a finales del mismo, se constituiría en Berlín el Observatorio Urania, el primer complejo astronómico de una sociedad *amateur*. En todo caso esa tendencia social alcanzó su punto álgido en el Observatorio Griffith, un centro público destinado a la divulgación científica y a la educación astronómica de la ciudad de Los Ángeles que se convirtió en un icono, en uno de los elementos más reconocibles de su entorno.



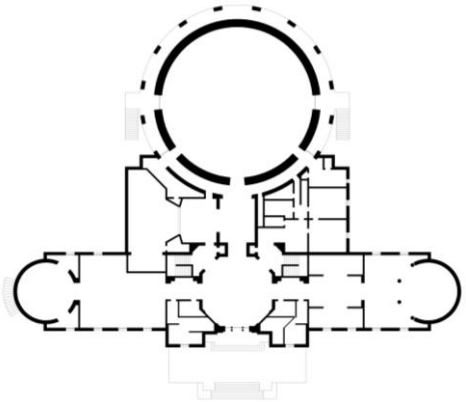


Figura 9.18 – Urania. Planta.
Figura 9.19 – Observatorio Griffith. Planta.

La búsqueda de una mayor precisión de los instrumentos y de las mejores condiciones posibles de observación hará que los observatorios se vuelvan más especializados, que estén más condicionados por el desarrollo técnico y que se alejen hacia zonas remotas para evitar interferencias urbanas (ciudad, trenes, fábricas…) en busca de las mejores condiciones atmosféricas.

Este es el caso del Observatorio Lick, que aun manteniendo una configuración arquitectónica característica del observatorio moderno, queda completamente desligado de su vínculo urbano para convertirse en el primer centro astronómico permanentemente

ocupado en la montaña. Esto se convertirá en un rasgo distintivo de los observatorios contemporáneos.

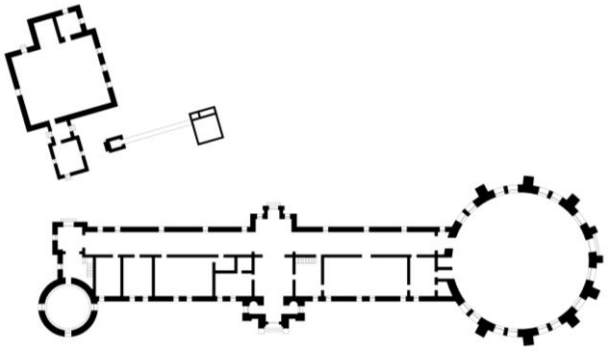


Figura 9.20 – Observatorio Lick. Planta.

Será de forma casi coetánea cuando el Observatorio de Niza se constituya inaugurando la corriente de conformar un complejo astronómico a partir de un conjunto de edificios independientes y especializados para su función. De esta forma, las diversas estructuras se disponían por el terreno buscando la posición que, sin interferir con el resto de equipos, más se adecuase a sus requisitos. Además, cada instrumento quedaba instalado en una construcción exenta cuyas condiciones se podían adaptar de manera óptima a sus necesidades. Algo similar ocurría con el resto de dependencias vinculadas a usos secundarios como las zonas de trabajo, de estancia o de descanso.

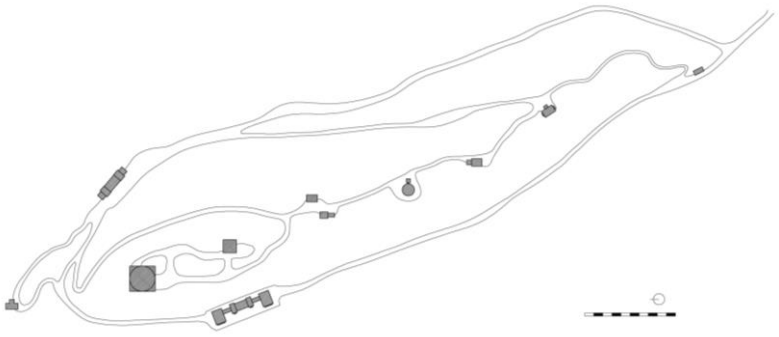


Figura 9.21 – Observatorio de Niza. Planta de conjunto.

El edificio del Gran Ecuatorial de Niza era una construcción elemental ya que se limitaba a generar un soporte independiente para elevar y estabilizar el telescopio y a rodearlo de un cerramiento con su correspondiente cúpula móvil que lo protegiese de las adversidades climáticas. A esto le incorporó una pequeña estructura desplazable para acceder a las observaciones.

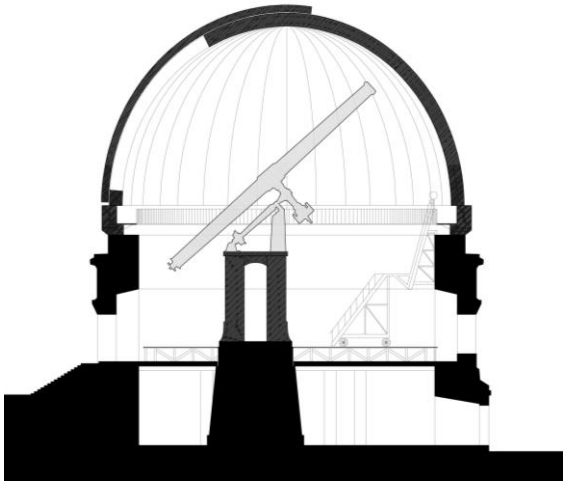


Figura 9.22 – Observatorio de Niza. Gran ecuatorial. Planta.

En el Observatorio Mount Wilson aplicó el anterior planteamiento de Niza a una solución técnica diferente al pasar de un refractor a un reflector. En esencia, la principal variación desplazaba el soporte del telescopio de una posición central a una asimétrica. De cualquier modo, el proyecto resultó sustancialmente semejante, siendo su principal diferencia la inclusión de una planta elevada hasta la base del telescopio, lo que liberaba de uso la parte inferior de la construcción.

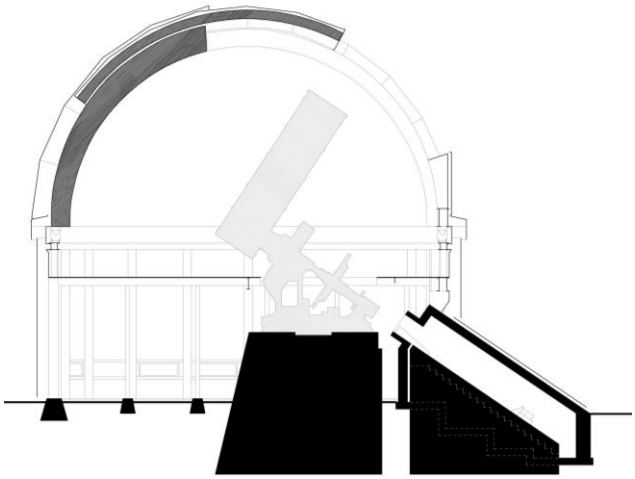


Figura 9.23 – Observatorio Mount Wilson. Edificio del telescopio de 60". Sección.

Sin embargo, también en el Observatorio Mount Wilson, el siguiente desarrollo de un segundo reflector de mayor tamaño exigiría un crecimiento del soporte estructural hasta adquirir una escala arquitectónica. De manera que, construirlo macizo no tenía sentido y al ahuecarlo, el espacio liberado era dimensiones habitables, por lo que se incluyeron usos en su interior.

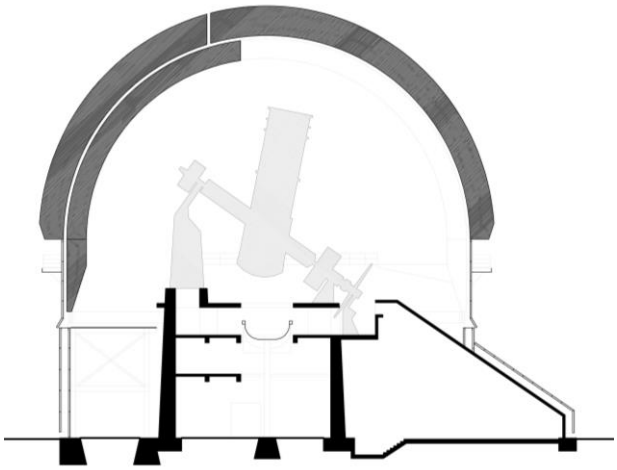


Figura 9.24 – Observatorio Mount Wilson. Edificio del telescopio de 100". Sección.

Esta corriente acentuará especialmente a partir del Telescopio Hale, en el que el aumento del tamaño del reflector implicó un aumento de escala hasta un punto en que el espacio disponible bajo la planta de observación permitía acoger toda clase de funciones secundarias en la base del telescopio (talleres, zonas de trabajo, salas de descanso…).

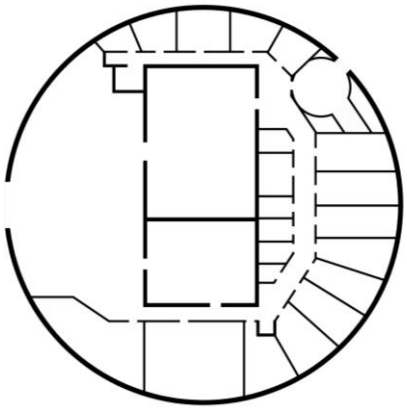


Figura 9.25 – Telescopio Hale. Planta.

La constante búsqueda de reflectores más potentes derivó en una lente tan grande y pesada que exigió un rediseño completo de la solución técnica en el BTA-6, lo que evidentemente influyó en el proyecto edificatorio. En este observatorio se varió el tipo de montura ecuatorial, habitual hasta entonces, por uno altazimutal. Esto devolvió al soporte del telescopio a la posición central de la planta. Además, ese cambio acarreó ciertas complicaciones en el seguimiento de cuerpos celestes, circunstancia que propició además la implementación de un sistema de control computarizado.

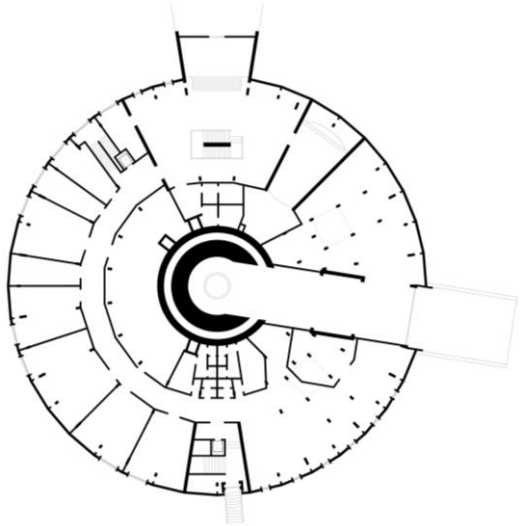


Figura 9.26 – BTA-6. Planta.

La tendencia de incorporar todos los usos en la base del observatorio limitando la zona de observación en la parte superior del conjunto, bajo la cúpula, se mantendrá vigente hasta finales del siglo XX, cuando en el W.M. Keck se bajen los telescopios hasta el suelo y se desplacen las funciones secundarias a una construcción adyacente para evitar interferencias o trasmisión de calor residual. Además, para incrementar el tamaño de los reflectores sin extremar el peso, se optó por una solución de espejo principal compuesto.



Figura 9.27 – W. M. Keck. Sección.

Las estrategias del W.M. Keck se replicaron en el Gran Telescopio Canarias, actualmente el más grande del mundo en activo. Sin embargo, en este último se incorporaron unos sistemas de ventilación de la cúpula para reducir la incidencia de las turbulencias en las observaciones.

Actualmente, ya hay tres grandes proyectos en diferente grado de ejecución que superarán en tamaño e importancia todos los existentes. Sin embargo, más allá del enorme presupuesto económico que conlleva cada uno de ellos, más allá de todo el sustrato tecnológico que permitirá su funcionamiento e incluso más allá de toda la

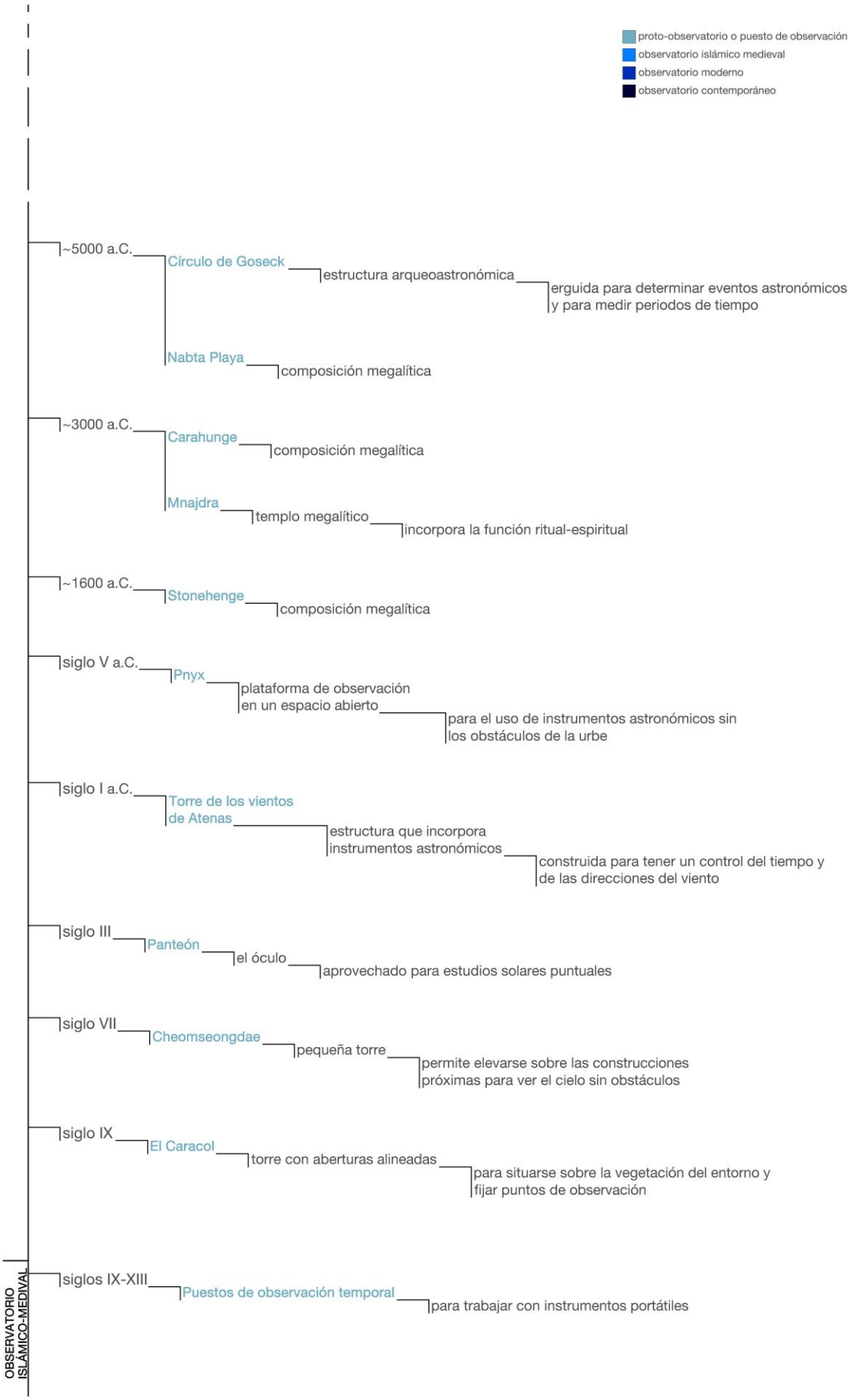
inversión de recursos para configurar su montura o seleccionar su óptima ubicación, subyace un trasfondo de conocimientos adquiridos a lo largo de siete mil años de desarrollo desde que el hombre comenzó a plantear estructuras que le ayudasen a conocer el funcionamiento del Universo a través de los astros.

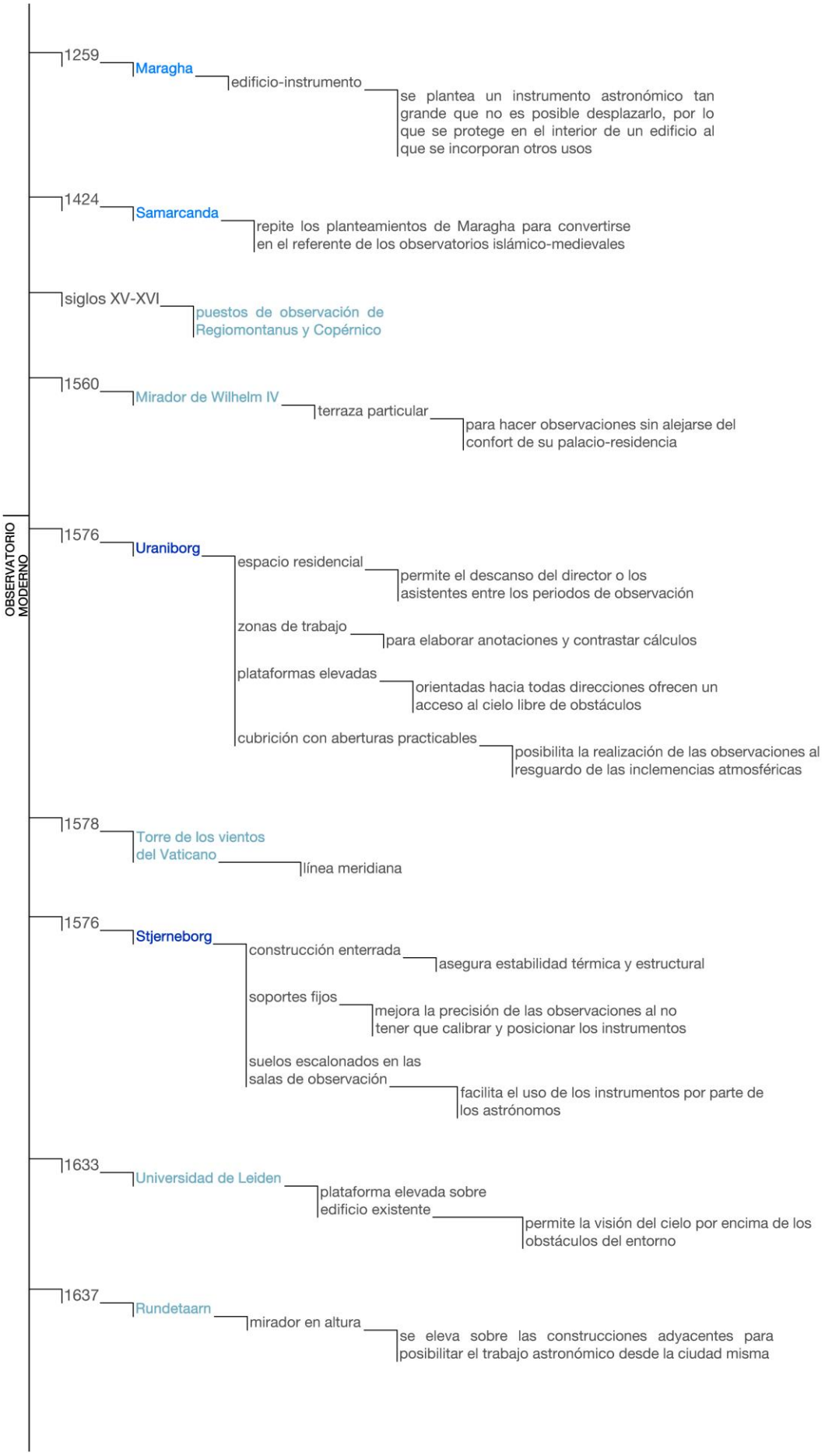
Retrospectiva cronológica

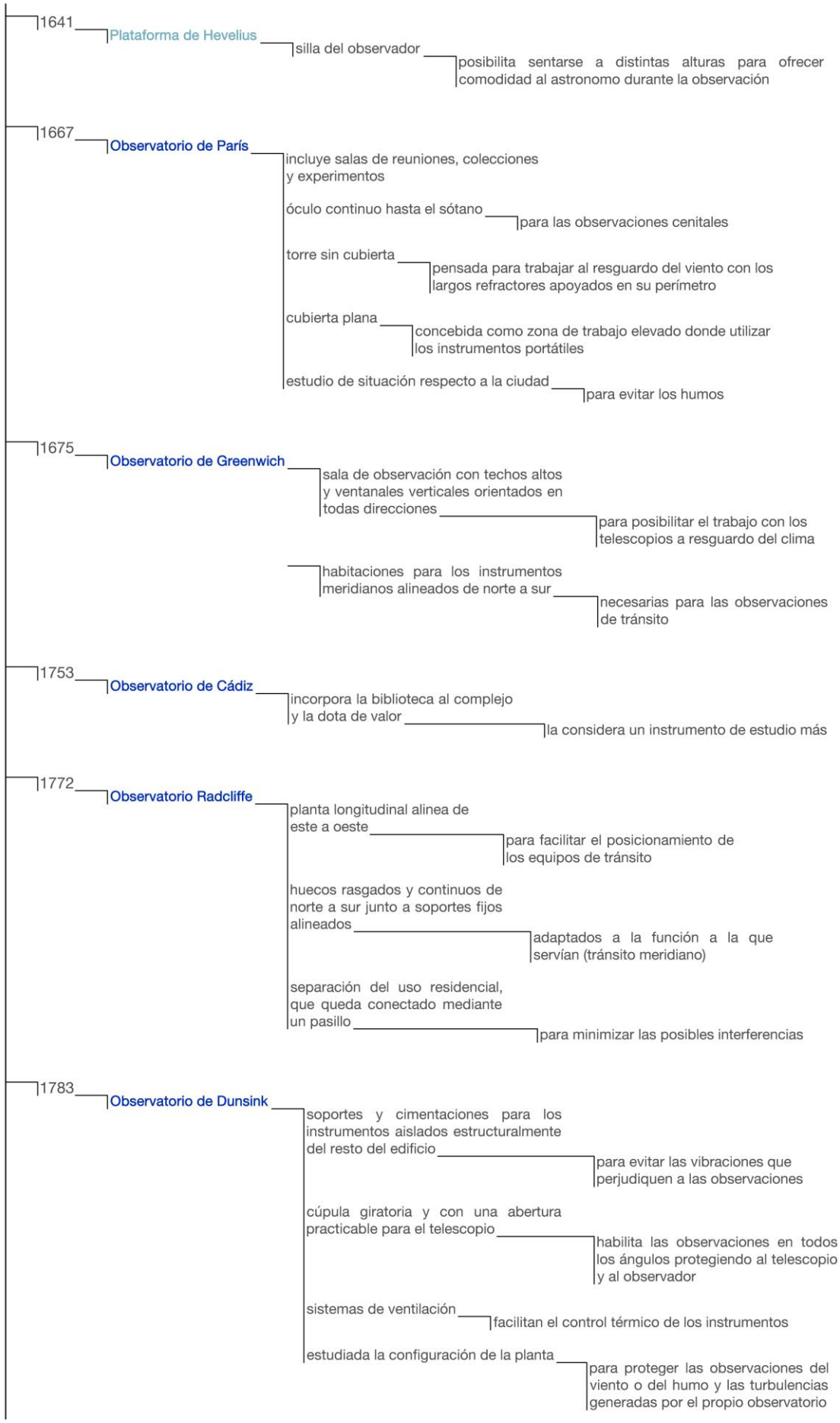
El desarrollo desde los primeros antecedentes del observatorio hasta el complejo astronómico súper especializado de la actualidad, constituye un proceso evolutivo marcado por numerosos cambios en una búsqueda de las mejores condiciones posibles para la observación o en un intento por adaptar la construcción al progreso técnico y científico. Estas variaciones habitualmente surgían a partir de correcciones de fallos de sus predecesores, de modificaciones de los diseños de otros observatorios o, en ocasiones, a través de ejercicios de innovación que producían resultados con diferencias más acentuadas.

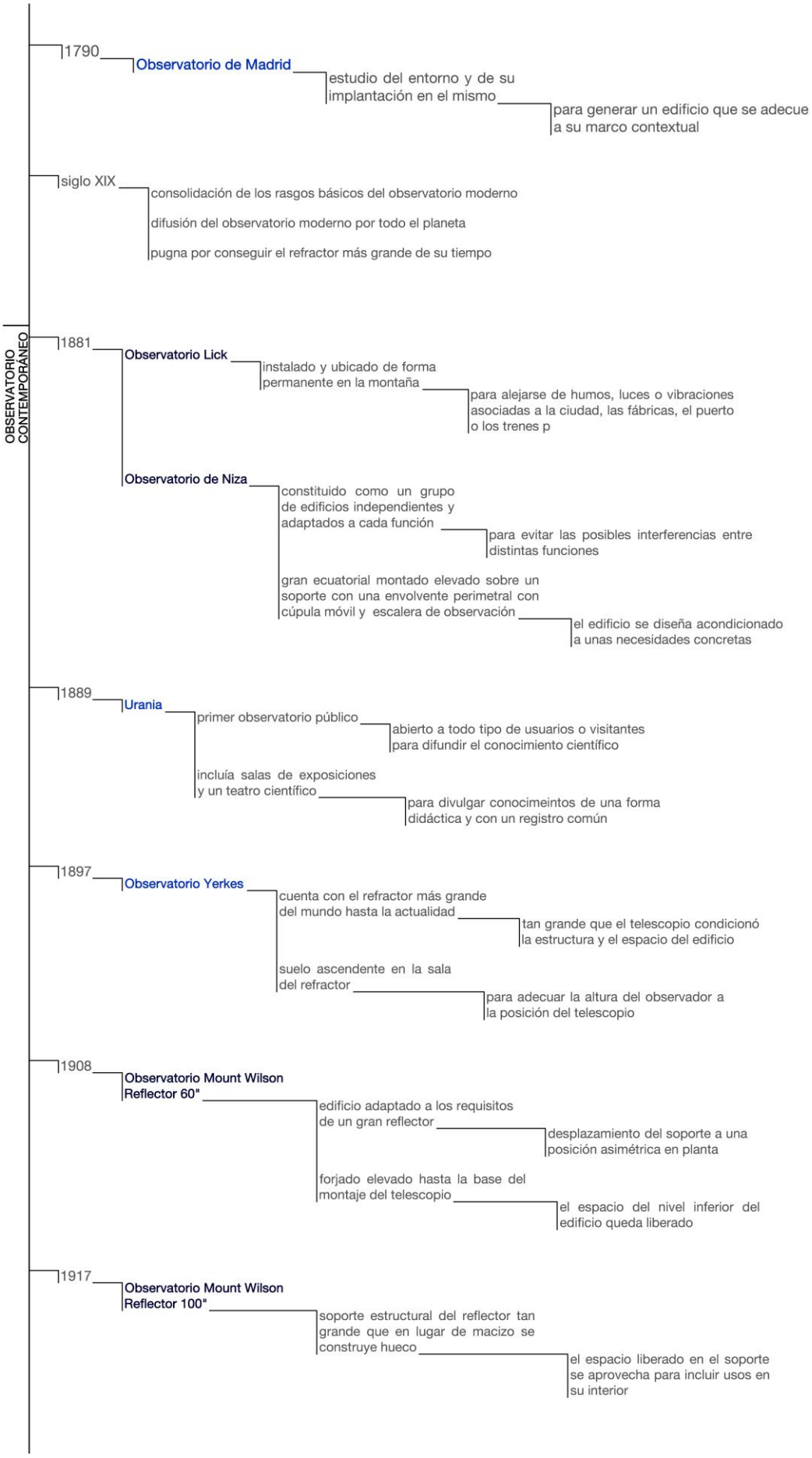
Sin embargo, dado que un observatorio es un edificio singular y que la construcción de uno nuevo no es excesivamente frecuente, resulta complicado identificar las tendencias en su configuración o los hitos que determinan las variaciones que se asientan en su diseño.

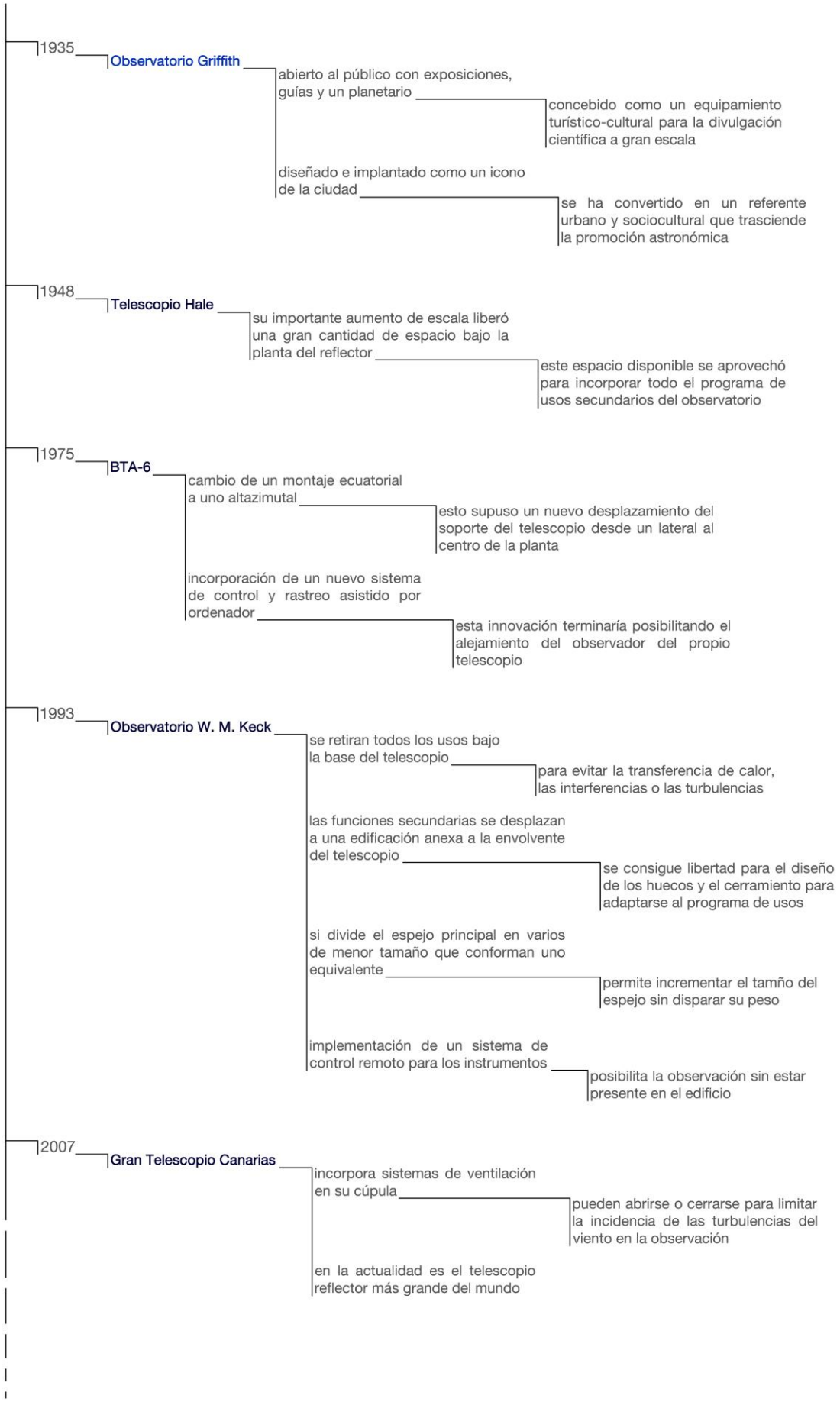
Por ello, se presenta este esquema lineal que relaciona, en base a su cronología, los diferentes espacios, construcciones y estructuras astronómicas que han incidido en la evolución arquitectónica de la institución con sus respectivos aportes particulares.


proto-observatorio o puesto de observación
observatorio islámico medieval
observatorio moderno
observatorio contemporáneo
OBSERVATORIO ISLÁMICO-MEDIVAL
~5000 a.C.
Círculo de Goseck
estructura arqueoastronómica
erguida para determinar eventos astronómicos y para medir periodos de tiempo
Nabta Playa
composición megalítica
~3000 a.C.
Carahunge
composición megalítica
Mnajdra
templo megalítico
incorpora la función ritual-espiritual
~1600 a.C.
Stonehenge
composición megalítica
siglo V a.C.
Pnyx
plataforma de observación en un espacio abierto
para el uso de instrumentos astronómicos sin los obstáculos de la urbe
siglo I a.C.
Torre de los vientos de Atenas
estructura que incorpora instrumentos astronómicos
construida para tener un control del tiempo y de las direcciones del viento
siglo III
Panteón
el óculo
aprovechado para estudios solares puntuales
siglo VII
Cheomseongdae
pequeña torre
permite elevarse sobre las construcciones próximas para ver el cielo sin obstáculos
siglo IX
El Caracol
torre con aberturas alineadas
para situarse sobre la vegetación del entorno y fijar puntos de observación
siglos IX-XIII
Puestos de observación temporal
para trabajar con instrumentos portátiles


OBSERVATORIO MODERNO
1259
Maragha
edificio-instrumento
se plantea un instrumento astronómico tan grande que no es posible desplazarlo, por lo que se protege en el interior de un edificio al que se incorporan otros usos
1424
Samarcanda
repite los planteamientos de Maragha para convertirse en el referente de los observatorios islámico-medievales
siglos XV-XVI
puestos de observación de Regiomontanus y Copérnico
1560
Mirador de Wilhelm IV
terraza particular
para hacer observaciones sin alejarse del confort de su palacio-residencia
1576
Uraniborg
espacio residencial
permite el descanso del director o los asistentes entre los periodos de observación
zonas de trabajo
para elaborar anotaciones y contrastar cálculos
plataformas elevadas
orientadas hacia todas direcciones ofrecen un acceso al cielo libre de obstáculos
cubrición con aberturas practicables
posibilita la realización de las observaciones al resguardo de las inclemencias atmosféricas
1578
Torre de los vientos del Vaticano
línea meridiana
1576
Stjerneborg
construcción enterrada
asegura estabilidad térmica y estructural
soportes fijos
mejora la precisión de las observaciones al no tener que calibrar y posicionar los instrumentos
suelos escalonados en las salas de observación
facilita el uso de los instrumentos por parte de los astrónomos
1633
Universidad de Leiden
plataforma elevada sobre edificio existente
permite la visión del cielo por encima de los obstáculos del entorno
1637
Rundetaarn
mirador en altura
se eleva sobre las construcciones adyacentes para posibilitar el trabajo astronómico desde la ciudad misma


1641
Plataforma de Hevelius
silla del observador
posibilita sentarse a distintas alturas para ofrecer comodidad al astronomo durante la observación
1667
Observatorio de París
incluye salas de reuniones, colecciones y experimentos
óculo continuo hasta el sótano
para las observaciones cenitales
torre sin cubierta
pensada para trabajar al resguardo del viento con los largos refractores apoyados en su perímetro
cubierta plana
concebida como zona de trabajo elevado donde utilizar los instrumentos portátiles
estudio de situación respecto a la ciudad
para evitar los humos
1675
Observatorio de Greenwich
sala de observación con techos altos y ventanales verticales orientados en todas direcciones
para posibilitar el trabajo con los telescopios a resguardo del clima
habitaciones para los instrumentos meridianos alineados de norte a sur
necesarias para las observaciones de tránsito
1753
Observatorio de Cádiz
incorpora la biblioteca al complejo y la dota de valor
la considera un instrumento de estudio más
1772
Observatorio Radcliffe
planta longitudinal alinea de este a oeste
para facilitar el posicionamiento de los equipos de tránsito
huecos rasgados y continuos de norte a sur junto a soportes fijos alineados
adaptados a la función a la que servían (tránsito meridiano)
separación del uso residencial, que queda conectado mediante un pasillo
para minimizar las posibles interferencias
1783
Observatorio de Dunsink
soportes y cimentaciones para los instrumentos aislados estructuralmente del resto del edificio
para evitar las vibraciones que perjudiquen a las observaciones
cúpula giratoria y con una abertura practicable para el telescopio
habilita las observaciones en todos los ángulos protegiendo al telescopio y al observador
sistemas de ventilación
facilitan el control térmico de los instrumentos
estudiada la configuración de la planta
para proteger las observaciones del viento o del humo y las turbulencias generadas por el propio observatorio


OBSERVATORIO CONTEMPORÁNEO
1790
Observatorio de Madrid
estudio del entorno y de su implantación en el mismo
para generar un edificio que se adecue a su marco contextual
siglo XIX
consolidación de los rasgos básicos del observatorio moderno
difusión del observatorio moderno por todo el planeta
pugna por conseguir el refractor más grande de su tiempo
1881
Observatorio Lick
instalado y ubicado de forma permanente en la montaña
para alejarse de humos, luces o vibraciones asociadas a la ciudad, las fábricas, el puerto o los trenes p
Observatorio de Niza
constituido como un grupo de edificios independientes y adaptados a cada función
para evitar las posibles interferencias entre distintas funciones
gran ecuatorial montado elevado sobre un soporte con una envolvente perimetral con cúpula móvil y escalera de observación
el edificio se diseña acondicionado a unas necesidades concretas
1889
Urania
primer observatorio público
abierto a todo tipo de usuarios o visitantes para difundir el conocimiento científico
incluía salas de exposiciones y un teatro científico
para divulgar conocimeintos de una forma didáctica y con un registro común
1897
Observatorio Yerkes
cuenta con el refractor más grande del mundo hasta la actualidad
tan grande que el telescopio condicionó la estructura y el espacio del edificio
suelo ascendente en la sala del refractor
para adecuar la altura del observador a la posición del telescopio
1908
Observatorio Mount Wilson Reflector 60"
edificio adaptado a los requisitos de un gran reflector
desplazamiento del soporte a una posición asimétrica en planta
forjado elevado hasta la base del montaje del telescopio
el espacio del nivel inferior del edificio queda liberado
1917
Observatorio Mount Wilson Reflector 100"
soporte estructural del reflector tan grande que en lugar de macizo se construye hueco
el espacio liberado en el soporte se aprovecha para incluir usos en su interior


1935
Observatorio Griffith
abierto al público con exposiciones, guías y un planetario
concebido como un equipamiento turístico-cultural para la divulgación científica a gran escala
diseñado e implantado como un icono de la ciudad
se ha convertido en un referente urbano y sociocultural que trasciende la promoción astronómica
1948
Telescopio Hale
su importante aumento de escala liberó una gran cantidad de espacio bajo la planta del reflector
este espacio disponible se aprovechó para incorporar todo el programa de usos secundarios del observatorio
1975
BTA-6
cambio de un montaje ecuatorial a uno altazimutal
esto supuso un nuevo desplazamiento del soporte del telescopio desde un lateral al centro de la planta
incorporación de un nuevo sistema de control y rastreo asistido por ordenador
esta innovación terminaría posibilitando el alejamiento del observador del propio telescopio
1993
Observatorio W. M. Keck
se retiran todos los usos bajo la base del telescopio
para evitar la transferencia de calor, las interferencias o las turbulencias
las funciones secundarias se desplazan a una edificación anexa a la envolvente del telescopio
se consigue libertad para el diseño de los huecos y el cerramiento para adaptarse al programa de usos
si divide el espejo principal en varios de menor tamaño que conforman uno equivalente
permite incrementar el tamño del espejo sin disparar su peso
implementación de un sistema de control remoto para los instrumentos
posibilita la observación sin estar presente en el edificio
2007
Gran Telescopio Canarias
incorpora sistemas de ventilación en su cúpula
pueden abrirse o cerrarse para limitar la incidencia de las turbulencias del viento en la observación
en la actualidad es el telescopio reflector más grande del mundo

Del observatorio profesional al doméstico

Más allá de su coincidente función astronómica, los observatorios han evolucionado desde una institución estrictamente científica a una variedad de centros con diferente nivel de profesionalización, un distinto grado de permeabilidad pública y una finalidad variable en cada caso. Lo que necesariamente condiciona su ubicación, su programa de usos, su equipo astronómico e, incluso, su arquitectura. En relación a esta diversidad, Leonard establece a principios del siglo XX una jerarquización en clases [NOTA: él usa el término "tipo" que se traslada aquí como "clase" para evitar confusiones con los tipos arquitectónicos] en función de su impulso para el avance y la difusión del conocimiento astronómico.

En su clasificación, Leonard se refiere al observatorio de investigación como aquél dedicado exclusivamente al descubrimiento y al aumento del conocimiento humano, al observatorio de instrucción como el que se dedica principalmente a la enseñanza y la formación de estudiantes, y al observatorio público como el que se ocupa principalmente de la popularización de la astronomía y de la transmisión del conocimiento astronómico, en términos inteligibles, a las grandes masas de gente [NOTA: Leonard, F. (1934): "Popularizing Astronomy". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. 46, No. 272, p.192].

Considerando que esta ordenación cuenta con casi un siglo de antigüedad y a tenor del importante desarrollo experimentado por los observatorios a lo largo de las últimas décadas, se plantea una revisión para establecer una clasificación más actualizada y aplicable en el presente.

Desde su origen en el período islámico-medieval, el observatorio surge como una institución profesional, bajo la dirección de un astrónomo que enfoca la investigación y que gobierna el centro astronómico por encima de otros aprendices o ayudantes. Se encontrará además respaldado bajo el mecenazgo de un noble o aristócrata que sustente la inversión que el centro requiera. Esta tendencia se mantuvo en occidente tras la recuperación de esta ciencia incluso en algunos de los puestos de observación que antecedieron los de Tycho.

El patrocinio de los observatorios se elevaría hasta alcanzar un apoyo estatal en numerosos proyectos por toda Europa, a partir del de París, y paulatinamente en el resto del planeta. Sin embargo, a partir de finales del siglo XIX, aparecieron algunos grandes empresarios como benefactores particulares que financiaron la construcción y, a veces, el mantenimiento de estos centros.

Tanto en lo referente a los avances técnicos como en lo relativo al diseño del edificio, se puede afirmar que el observatorio profesional ha sido, y seguramente será, como es lógico, el principal responsable de su desarrollo y mejora.

Aunque durante el siglo XVII surgen las primeras plataformas de observación vinculadas a universidades, la aparición del observatorio docente como tal o de uno asociado a una institución educativa se retrasó hasta mediados del siglo XVIII con el Radcliffe y su relación con la Universidad de Oxford [NOTA: se descartan los anteriores observatorios en los que había aprendices como los islámico-medievales, los de Tycho y hasta el de Cádiz, ya que esta actividad constituía más un ejercicio de formación profesional que una labor docente]. Esta corriente se asentaría durante los años siguientes convirtiéndose en una variante común en muchas universidades, que aún en la actualidad cuentan con un observatorio para formar a sus estudiantes y para desarrollar tareas de investigación.

Si inicialmente no existía ninguna diferencia apreciable entre los observatorios profesionales y los docentes, las mayores exigencias ambientales de los primeros propiciaron un progresivo alejamiento del entorno urbano incompatible con las necesidades de los segundos, que necesitaban sus instalaciones en sus propios campus universitarios o, al menos, en las proximidades. Igualmente, la búsqueda de mejores resultados científicos implicó una mejora de los instrumentos de los observatorios profesionales inasumible para los docentes, lo que provocó además modificaciones en el diseño que harían divergir ambas variantes.

Aunque hay algunas asociaciones vinculadas con la astronomía que aparecen con anterioridad, no será hasta la fundación de Urania a finales del XIX cuando surja por primera vez el observatorio público, generando un movimiento que reproduciría la institución en otras capitales europeas hasta convertirse en un icono en el Griffith. Este género de observatorios, en atención a su función divulgativa y abierta a visitantes, no suele contar con grandes instrumentos, por lo que la edificación reduce la atención sobre

aspectos relacionados con la precisión en favor de otros usos que atraigan usuarios y les presten servicio.

El observatorio turístico encaja dentro del público, con el sutil matiz de que la captación de visitantes trasciende el entorno cercano para incidir en una comarca, un país o, incluso, en el todo el mundo.

También se puede mencionar el observatorio privado como una variación del observatorio público, con la particularidad de restringir su acceso a una comunidad limitada (club, asociación…). Por ende, el tamaño y el equipamiento del mismo suele ser más reducido al adecuarse al número de miembros que pueden visitarlo.

El observatorio particular o doméstico tiene su origen, al menos, en el mirador de Wilhelm IV del siglo XVI, aunque es imposible descartar casos anteriores sin constatar. Otros predecesores del mismo podrían ser los montajes temporales de Hooke, Flaamsted o Rømer durante el siglo siguiente, o incluso los observatorios impulsados por exploradores científicos durante la expansión colonial decimonónica. En cualquier caso, el observatorio doméstico surge por el interés individual de un aficionado a la astronomía que se aproxima a esta ciencia de manera vocacional. Por ello, la finalidad del observatorio es satisfacer su íntima predilección por la astronomía y el grado de profesionalidad de la instalación o la complejidad de su equipamiento dependen básicamente del grado de su afán investigador y de su presupuesto.

El hecho de que los costes de los equipos astronómicos hayan descendido durante las últimas décadas ha conllevado la proliferación de estos centros domésticos [NOTA: Waumans, A. A. (2013) *The Typology of Astronomical Observatories*. p.117]. Si bien algunos de los complejos particulares construidos prestan atención a los más mínimos detalles y son el resultado de proyectos elaborados, otros surgen de la improvisación como autoconstrucciones con graves fallos de diseño propias de un trabajo aficionado.

En resumen, considerando su profesionalización, su permeabilidad pública y su finalidad institucional, los observatorios se pueden organizar en las siguientes clases:

- El observatorio profesional, dedicado estrictamente a la investigación científica con personal contratado para dicho fin.

- El observatorio docente, orientado principalmente a la enseñanza y formación de estudiantes, incluyendo en ocasiones un desempeño investigador.

- El observatorio público, consagrado a la difusión y divulgación de la astronomía para visitantes no especializados en la materia.

- El observatorio privado, destinado a proporcionar un espacio de investigación y colaboración para un conjunto limitado y restringido de usuarios.

- El observatorio particular o doméstico, establecido para satisfacer el interés astronómico de un aficionado.

Tipología del observatorio astronómico

Dejando a un lado determinadas construcciones en serie propias de los grandes desarrollos urbanos producidos a partir del siglo XX, las obras de arquitectura son, en general, productos singulares ya que se caracterizan por multitud de parámetros (definición formal, funcionamiento espacial, programa de usos, solución constructiva…) que las diferencian. Obviamente los observatorios astronómicos, por su propia infrecuencia, no pertenecen a esas producciones seriadas y repetitivas.

Aun así, en toda obra se pueden identificar algunos rasgos generales o patrones a partir de los que establecer clasificaciones, sin que ello tenga porqué poner en cuestión su individualidad.

El mero hecho de nombrar, de atribuir un nombre, a un objeto arquitectónico constituye un acto que, por la naturaleza misma del lenguaje, fuerza a la tipificación. Es decir, el lenguaje reconoce implícitamente el concepto de tipo, puesto que, fundamentalmente, se basa en la posibilidad de agrupar objetos a partir de ciertas similitudes estructurales que le son inherentes [NOTA: Moneo, R. (1978): "On Typology", *Oppositions*, n. 13, p.188]. A través de este proceso de pensamiento semántico la arquitectura se conceptualiza en categorías que relacionan y clasifican diferentes construcciones o elementos arquitectónicos en función de algún atributo común.

La propia ordenación conceptual en conjuntos implica la existencia de subtipos a medida que se concretan las reglas de agrupación (por ejemplo el subtipo "mamífero" pertenece al tipo "animales" ya que todos los mamíferos son animales) y posibilita que un mismo elemento pueda pertenecer a diferentes conjuntos independientes en función de los criterios de selección considerados (por ejemplo los tipos "mamífero" y "cuadrúpedo" ya que se puede pertenecer a ambos tipos, pero también sólo al primero o sólo al segundo).

Algunas acepciones del *Diccionario de la Lengua Española* de la Real Academia Española son bastante aclaratorias en este sentido, ya que definen al tipo como "símbolo representativo de algo figurado", como "clase, índole o naturaleza de las cosas", y como "ejemplo característico de una especie, de un género". Sin embargo, su primera acepción es "modelo", que según la misma fuente es un "punto de referencia para imitarlo o reproducirlo", lo cual es contrario al significado de tipo en la arquitectura.

Precisamente sobre esa importante diferencia entre "tipo" y "modelo" teorizó el filósofo y crítico de arte Quatremère de Quincy en su *Dictionnaire historique de l´architecture*. El origen de la palabra "tipo" proviene del griego *typos*, que significa modelo, matriz, impresión, molde, etcétera. Sin embargo, en la actualidad existe un contraste importante entre los significados de ambas palabras. El modelo es una imagen precisa a copiar, un objeto particular y absolutamente definido que puede ser replicado tal cual es. El tipo, por el contrario, es un concepto menos concreto y más abstracto que constituye la idea que puede servir de regla a una infinidad de posibles modelos distintos, con variantes, pero siempre en base a un esquema general y con una esencia común [NOTA: Quatremère de Quincy, A. C(1832): *Dictionnaire historique de l´architecture*, pp. 629–631].

El tipo arquitectónico no surge de manera espontánea, sino que aparece como noción de ciertas formas generales y características de una construcción a partir del desarrollo en el tiempo de un motivo y un trasfondo histórico-cultural. La protección y la generación de un espacio abierto semiprivado subyace tras el patio de la domus romana, como lo hace en la corrala o en el espacio interior de los edificios en manzana cerrada. Sin embargo, ese proceso no responde necesariamente a una evolución lineal. Esto es, un mismo tipo puede desarrollarse de forma divergente en diferentes términos y dos familias distintas pueden converger; incluso algunas circunstancias pueden producir

la exención de un tipo de igual modo que determinadas necesidades puedan provocar la aparición de uno nuevo. En todo caso, estos procesos son el resultado de un proceso orgánico, difícilmente alcanzable desde las imposiciones ideológicas.

Quatremère de Quincy ya advertía que tanto los que pretenden liberar la arquitectura de toda regla para someterla a su capricho, como los que la encadenaban a la estricta imitación desnaturalizaban la arquitectura. Ésta se sostiene en la identidad y singularidad propia de un proyecto, en unas circunstancias particulares, adaptado a un esquema general y a unas trazas que el paso del tiempo ha consolidado [NOTA: Quatremère de Quincy, A. C. (1832): *Dictionnaire historique de l´architecture*, pp. 630–631].

Precisamente, los teóricos que a principios de siglo XX pretendían renovar la arquitectura, se opusieron al concepto del tipo decimonónico ya que lo entendían como inmovilismo, como restricciones a un creador que debía tener total libertad. Sin embargo, esa nueva arquitectura de producción en masa comenzaría a cuestionar la singularidad del objeto arquitectónico [NOTA: Moneo, R. (1978): "On Typology", *Oppositions*, n. 13, p.197]. El abandono de los tipos históricos por una vocación funcionalista (relacionando directamente función y forma como causa y efecto) no hacía sino ofrecer unas nuevas reglas que articularían, con el tiempo, nuevos tipos arquitectónicos.

Como contraposición a la concepción apriorística de Quatremère según la cual el tipo era un ideal más o menos arbitrario, el historiador y crítico de arte Argan define el tipo como una deducción *a posteriori* a partir de la comparación de una serie de edificios, idealmente de todos, para identificar los rasgos semejantes o asimilables para un determinado conjunto de proyectos a los que denominar de una forma particular [NOTA: Argan, G. C. (1973): *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. pp. 33-34].

Al definir la tipología, Argan parte de una arquitectura a la que se le presupone que la forma tiene relación y continuidad con la función. A partir de esto, considera los aspectos formales de una serie de elementos arquitectónicos en base a una función común o a una imitación, de lo que se deduce cierta antinomia entre tipología y creatividad [NOTA: Martín Hernández, M. J. (1984) *La tipología en arquitectura*. p. 86].

Asimismo, Argan plantea que la tipología, entendida como el estudio y la clasificación de los tipos, puede considerar los tipos arquitectónicos en función de diferentes criterios. Así, presenta una tipología referida a la configuración espacial del edificio, donde podría hablarse de construcción extensiva o en altura, edificio compacto o conjunto disgregado, espacio diáfano o compartimentado… Por otro lado, identifica un tipo en relación a la función para la que se diseña el edificio, en el que se encontrarían el colegio, la vivienda, la iglesia, el teatro, el hospital…Por último, alude a una tipología de elementos del edificio en la que encajarían la columna, la cúpula, el forjado, el cerramiento, la ventana… [NOTA: Argan, G. C. (1973): *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. pp. 30-33]. De cualquier modo, esas clasificaciones son sólo algunas de las ilimitadas categorías a partir de las que se podrían definir tipos de arquitectura. Así, por ejemplo, se puede ordenar la arquitectura en función del tipo de estructura, del tipo de envolvente, del tipo de acabados, del tipo de permeabilidad pública, del tipo de integración en su contexto, del tipo de situación respecto de la ciudad, del tipo de estrategia climática, etcétera.

Independientemente de la proposición ideal que sustentó Quatremère de Quincy o de la deducción estructural que propuso Argan, el tipo en arquitectura responde a un ejercicio de abstracción intelectual que define conceptos con los que poder agrupar objetos arquitectónicos.

El análisis de un determinado tipo arquitectónico con una visión retrospectiva muestra cómo el tipo no define un modelo invariable sino que se transforma y autorregula. Presenta variaciones más o menos sutiles que en el transcurso del tiempo pueden traducirse en cambios significativos. Por todo ello, el tipo en arquitectura funciona como una estructura genética para un determinado conjunto de edificios [NOTA: Martín Hernández, M. J. (1984) *La tipología en arquitectura*. p. 259]. Incluso ciertos sucesos o eventos pueden incidir de manera sustancial sobre su esencia. Los tipos se transforman entonces dando lugar a otros nuevos cuando los elementos substanciales de su estructura cambian [NOTA: Moneo, R. (1978): "On Typology", *Oppositions*, n. 13, p.189].

El tipo se constituye mediante un proceso de selección en el que se descartan aspectos particulares de un conjunto y se identifican aquellas características coincidentes y constantes en todos los casos. A partir de esa criba, se conceptualiza el

esquema de rasgos como la definición de una idea [NOTA: Argan, G. C. (1973): *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. p. 34].

De este modo, el tipo permite identificar la arquitectura a partir del reconocimiento de determinados atributos, ayuda a comprender la relevancia de ciertas tendencias arquitectónicas (soluciones constructivas, presencia de elementos, organizaciones espaciales…) en el tiempo, posibilita un conocimiento de base para el proceso creativo y favorece cierto juicio ante potenciales proyecto de ese tipo u otros semejantes [NOTA: Maure, L. (2009) "La superación del concepto de 'tipo' en la arquitectura contemporánea", *Cuaderno de Notas*, n. 12, pp. 1-2].

En todo caso, el tipo es un constructo intelectual que racionaliza y simplifica una realidad compleja para generar una herramienta que permite analizar y comprender el pasado de la arquitectura, y establecer unos criterios a partir de los que proyectar edificios en el futuro.

En este último sentido, a la hora de afrontar un nuevo proyecto, el arquitecto debe identificar el tipo arquitectónico sobre el que va a trabajar. Sin embargo, esto no debe traducirse en un ejercicio de imitación o repetición literal. Es decir, para trabajar con un determinado tipo de edificación, se estudian los edificios de ese tipo (teóricamente todos) y se establece un desarrollo conceptual del mismo como punto de partida. El arquitecto trabaja sobre ese concepto mediante transformaciones, transgresiones, desde su simplificación o a través del respeto espacio-constructivo. Sin embargo, toda actuación parte del reconocimiento del tipo. A través del desarrollo definitorio de un determinado tipo, que no es más que una idea sintética e indefinida, el concepto abstracto original se va concretando en un proceso guiado por las decisiones del arquitecto hasta una solución singular [NOTA: Moneo, R. (1978): "On Typology", *Oppositions*, n. 13, pp. 188, 189, 192] [NOTA: Argan, G. C. (1973): *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. p. 35].

La naturaleza y la razón de ser en el presente del propio tipo arquitectónico son puestas en cuestión por Moneo al reflexionar sobre si la mera concepción del concepto tipo, si la conciencia de su noción, no quebranta la unidad evolutiva que lo fundamenta; o si el reconocimiento de esos desarrollos no supone una señal de su caducidad. En la transformación sufrida por la arquitectura desde principios de siglo XX, con cambios técnicos, sociales y teóricos, radica la complejidad para aplicar el concepto del tipo a la

arquitectura actual. Sin embargo, el hecho de que el fruto de la arquitectura no constituya, en general, un hecho aislado, singular e irrepetible evidencia la pertinencia de los tipos. Si reconociendo la individualidad de una obra se pueden identificar patrones o características que permiten la clasificación y agrupación con otros objetos arquitectónicos, es una obviedad que una interpretación tipológica adecuada a los nuevos procesos proyectivo-constructivos es posible. Es decir, que el concepto de tipo es intrínseco a la propia naturaleza de la producción arquitectónica [NOTA: Moneo, R. (1978): "On Typology", *Oppositions*, n. 13, pp. 206, 207, 210].

Entonces, la innovación técnica o la aparición de una nueva necesidad traducida en una función programática novedosa puede requerir de una solución proyectual que no encaje en ningún tipo existente hasta ese momento. Partiendo de la base tipológica que justifica cada tipo como una evolución de tipos pasados constituidos a partir de la abstracción de los atributos comunes a un conjunto de elementos arquitectónicos, ¿cómo surge ese nuevo tipo?

Argan apunta la imposibilidad de crear un nuevo tipo arquitectónico, justificando que siempre es fruto de una deducción a partir de experiencias históricas [NOTA: Argan, G. C. (1973): *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. p. 33]. Moneo, por su parte, acepta la premisa de la creación de un nuevo tipo como algo natural y habitual en el desarrollo en el tiempo de la historia. Y aun reconociendo la dificultad que esto supone, apunta hacia los tipos -otros tipos- como punto de partida del diseño [NOTA: Moneo, R. (1978): "On Typology", *Oppositions*, n. 13, pp. 193, 194, 23]. Por último, Quatremère de Quincy sustenta que los edificios deberían encontrar en su propósito fundamental, en su función o usos, un tipo que sea conveniente para ello [NOTA: Quatremère de Quincy, A. C. (1832): *Dictionnaire historique de l´architecture*, p. 631]. De manera que, alude a la capacidad de adaptación o mutabilidad de los tipos para acomodarse a nuevas necesidades.

Entonces, la mera función investigadora astronómica podría constituir un criterio de agrupación para los observatorios, aunque resultaría una clasificación vaga y poco precisa ya que hay otros aspectos relevantes que condicionan la naturaleza de su construcción. En este sentido, ¿existe una tipología arquitectónica del observatorio astronómico?

Müller, el primer autor en definir los tipos de observatorios, establece una clasificación basada en características formales y, sustancialmente, en la composición de las plantas. Delimita nueve categorías: en forma de grupo, en forma de línea, en forma de L, en forma de U, en forma de H, en forma de cruz, en forma de T, en forma triangular y en forma de torre [NOTA: Müller, P (1992). *Sternwarten in Bildern: Architektur und Geschichte der Sternwarten von den Anfängen bis ca. 1950*]. Esta ordenación divide en exceso los edificios en función de la distribución de sus alas, definiendo varios conjuntos con rasgos muy similares y fácilmente asimilables. Además, podría ser pertinente para los observatorios del siglo XIX, pero no permite organizar otros anteriores como el de Greenwich o posteriores como el BTA-6.

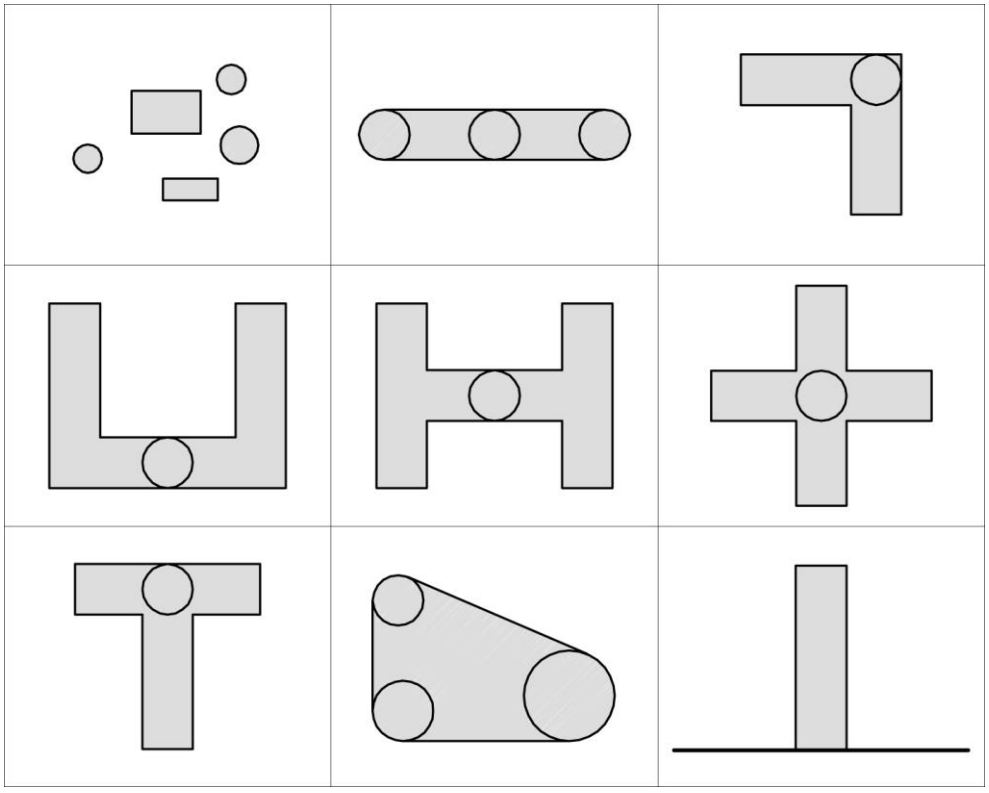


Figura 9.28 – Representación de los tipos propuestos por Müller.

Más recientemente, Waumans cataloga lo que denomina como los subtipos de observatorio. En este caso, considerando tanto aspectos formales como funcionales, presenta una clasificación con seis conjuntos: torre, cúpula centrada, cúpulas descentradas, división total, funciones en la cúpula y división frío-calor [NOTA: Waumans, A. A. (2013) *The Typology of Astronomical Observatories*]. Incluso valorando como positivo su mayor grado de definición y una menor arbitrariedad clasificatoria que el precedente de Müller, algunos observatorios no encajan en estos

tipos, aun cuando no constituyen una excepción, (como el Radcliffe o el de Madrid…), el encaje de otros es confuso (como el primer observatorio de Hamburgo), y otros ni siquiera son contemplados en el estudio (los islámico-medievales) ya que se centra en los casos posteriores a la recuperación occidental de la astronomía.

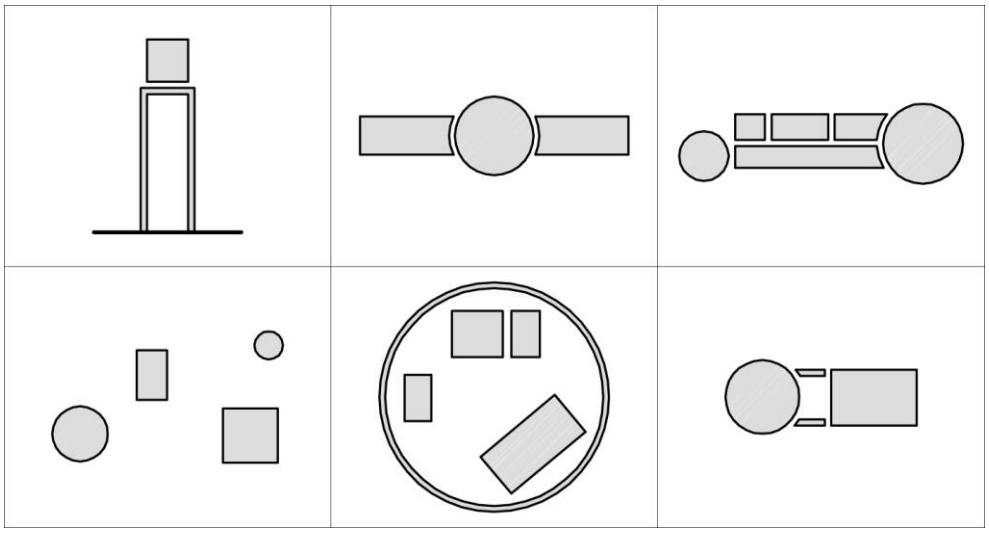


Figura 9.29 – Representación de los tipos propuestos por Waumans.

Por todo ello, se presenta aquí una clasificación tipológica que, partiendo de las anteriores, acomode esos proyectos no considerados en propuestas previas, incluso, integre alguna solución astronómica que sin constituir un observatorio en sí mismo, forme parte de la evolución histórica de estos. De cualquier modo, se asume la existencia de algunos casos que por su excepcionalidad o puntualidad se escapan a esta categorización (como Stjerneborg o el McMath-Pierce). Los tipos identificados en el desarrollo de esta institución astronómica son: *de arco*, *plataforma*, *palaciego*, *de sala de observación*, *de torre*, *de cúpula integrada*, *de cúpula sobredimensionada*, *disgregado*, *compacto en cúpula* y *de cúpula con anexo*.

El tipo *de arco*, se refiere a los observatorios del período islámico-medieval. Estos se distinguen por la presencia de un gran instrumento de arco graduado, sextante o cuadrante, que ocupa el espacio central de la construcción en toda su altura. El edificio en el que se integra es de planta circular, quedando el espacio restante destinado a otros usos vinculados con la actividad astronómica como la biblioteca, las salas de cálculo o de almacenaje de instrumentos portátiles. Por ejemplo: el de Maragha o el de Samarcanda.

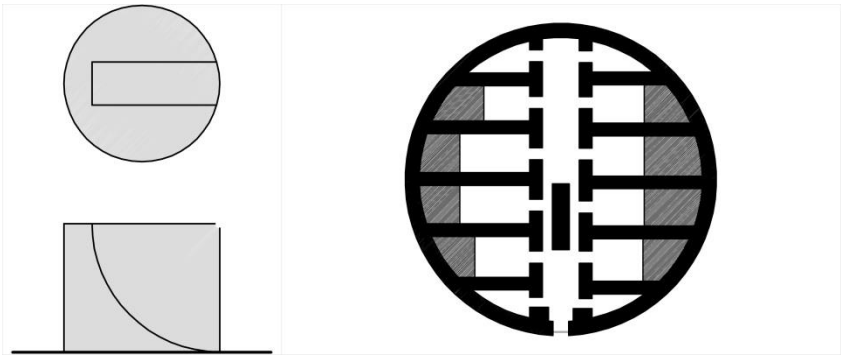


Figura 9.30 – Representación del tipo *de arco*. Planta del Observatorio de Maragha como ejemplo.

El tipo *plataforma* no alude a una clase de observatorio propiamente dicho, sino que agrupa los puestos de observación característicos en la reintegración de la astronomía en Europa y a los que posteriormente surgirían con la aparición de los primeros telescopios con fines astronómicos. Este tipo se estructura como una superficie abierta o, en ocasiones, con una habitación cubierta, que frecuentemente se adosa sobre edificaciones existentes para conseguir unas mejores condiciones visuales del entorno y desde donde realizar estudios astronómicos con instrumentos portátiles. Por ejemplo: el puesto de observación de Leiden o la plataforma de Hevel.

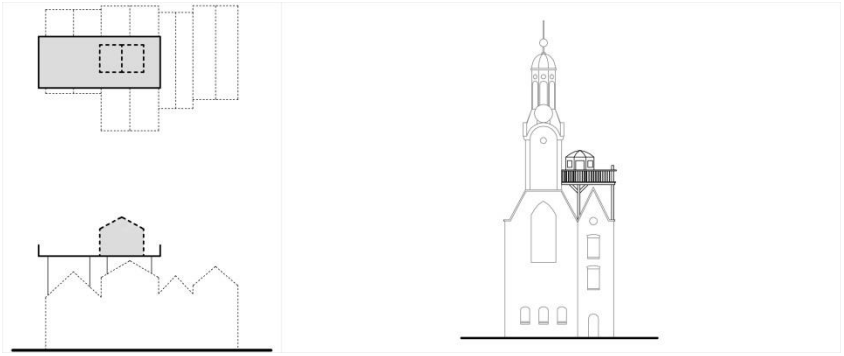


Figura 9.31 – Representación del tipo *plataforma*. Alzado de la Plataforma de observación de Leiden como ejemplo.

El tipo *palaciego*, como su nombre evidencia, señala la adaptación de un tipo existente, de carácter residencial o institucional, al uso como observatorio. En este caso, las plantas, secciones y alzados del proyecto difícilmente evidencian rastro alguno del uso astronómico para el que se acondicionan, existiendo sólo algunos detalles que, para un observador versado, apuntan esa finalidad. El edificio incluye ya, además de usos complementarios a la observación astronómica, un espacio residencial. Por ejemplo: el de París o el de Cádiz.

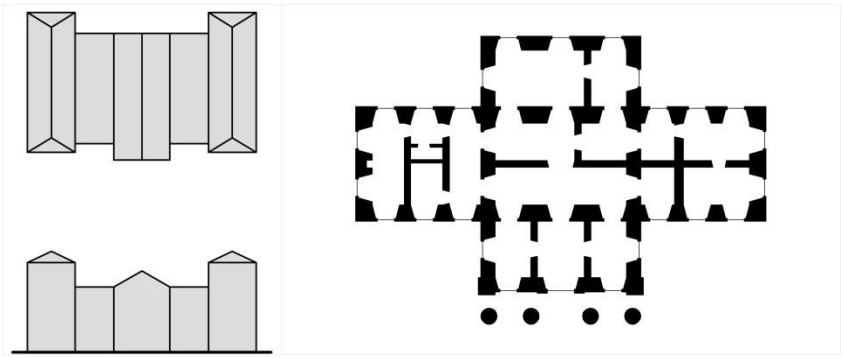


Figura 9.32 – Representación del tipo *palaciego*. Planta del Observatorio de Cádiz como ejemplo.

El tipo *de sala de observación*, apunta a aquellos observatorios en los que, más allá de otros espacios de trabajo o de usos secundarios, existe una cámara adaptada a la observación con telescopios portátiles. Ésta, además de contar con altos huecos en fachada apuntando en todas direcciones, se reconoce por su posición elevada y dominante sobre el conjunto para favorecer la visión libre de obstáculos. Por ejemplo: el Observatorio de Greenwich y el Radcliffe.

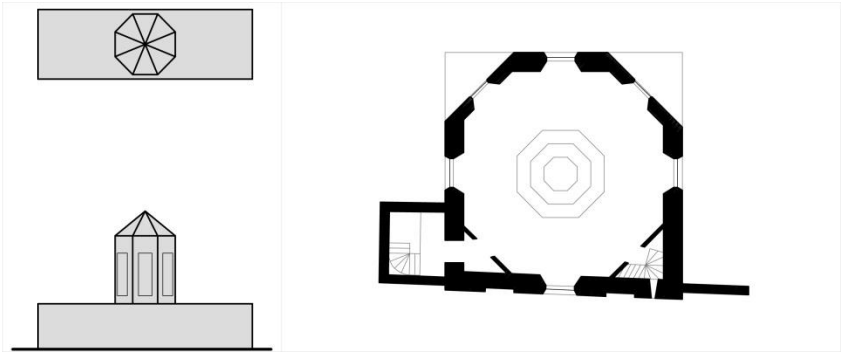


Figura 9.33 – Representación del tipo *sala de observación*. Planta del Observatorio de Greenwich como ejemplo.

El tipo *de torre* se configura en base a una esbelta construcción en altura cuya justificación, a pesar de su perjuicio a la estabilidad estructural, radica en su situación en un entorno urbano o periurbano, por lo que la presencia de edificaciones y obstáculos en su entorno hacen necesaria una elevación del observatorio para acceder a una visual del cielo. Independientemente de otros usos en las plantas inferiores, el nivel superior suele estar destinado a los principales instrumentos del complejo. Aunque su origen está en la recuperación occidental de la astronomía, su uso en instituciones docentes o divulgativas de la ciudad ha prolongado su existencia hasta la actualidad. Por ejemplo: el Observatorio de Mannheim y el de Bogotá.

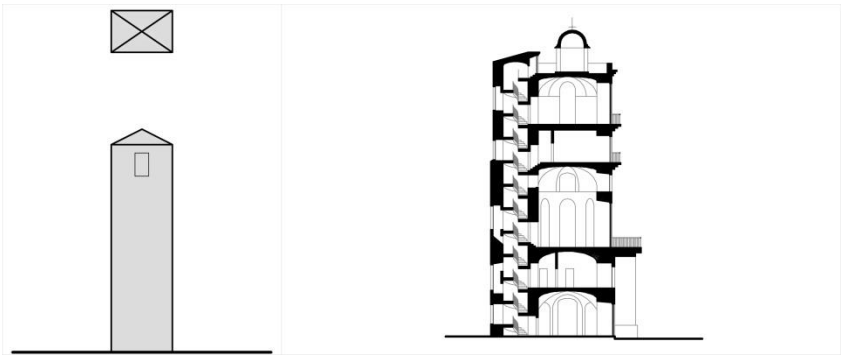


Figura 9.34 – Representación del tipo *de torre*. Sección del Observatorio de Mannheim como ejemplo.

El tipo *de cúpula integrada* aparece con la evolución de la sala de observaciones a un espacio especializado donde el telescopio ocupa el papel principal: queda instalado en un soporte fijo bajo una cúpula móvil y con un hueco practicable que permite observar todo el cielo manteniendo el instrumento a resguardo. Con una disposición horizontal del edificio donde se distribuye el resto del programa, las cúpulas serán el elemento que destaque por encima del resto del observatorio. Por ejemplo: el de Dunsink o el de Göttingen.

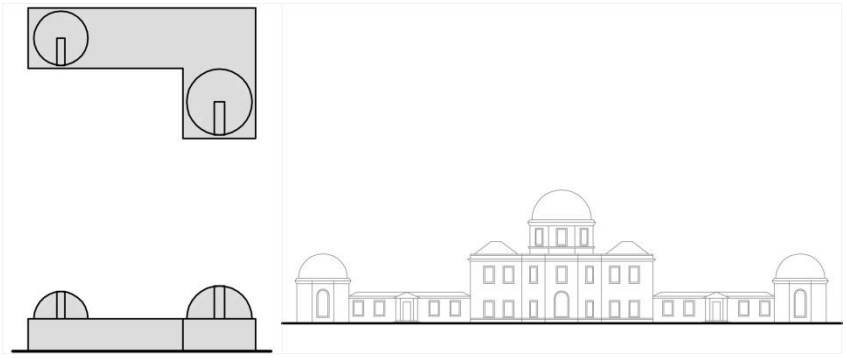


Figura 9.35 – Representación del tipo *de cúpula integrada*. Alzado del Observatorio de Dunsink como ejemplo.

El tipo *de cúpula sobredimensionada* se caracteriza por el crecimiento de una cúpula a causa del aumento de tamaño del instrumento principal. Esto provoca una descompensación entre los volúmenes de la construcción que provocan el desplazamiento de esta cúpula a un extremo de la planta para evitar su interferencia con otras funciones del observatorio o minimizar la obstrucción de otros instrumentos. Por ejemplo: el Observatorio Lick o el Yerkes.

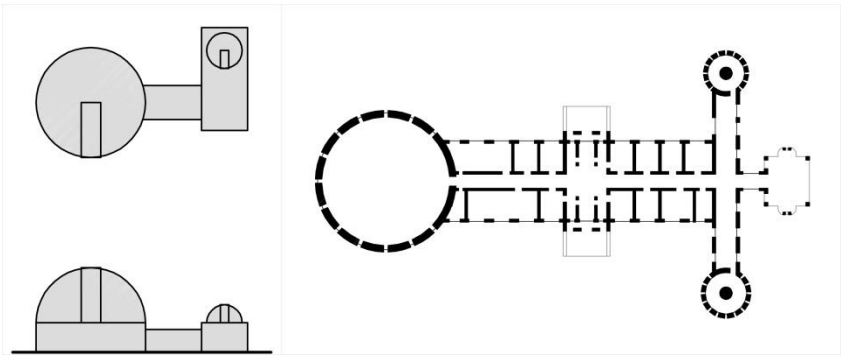


Figura 9.36 – Representación del tipo *de cúpula sobredimensionada*. Planta del Observatorio Yerkes como ejemplo.

El tipo *disgregado* aparece como respuesta a los problemas que la coincidencia de usos tan dispares como la residencia y la observación en un mismo edificio producen. De ahí que el observatorio se escinda en un grupo de construcciones independientes cada una de las cuales está especialmente concebida para su propia finalidad. Incluso cada instrumento astronómico cuenta con su propio edificio adaptado expresamente a sus necesidades. Por ejemplo: el Observatorio de Niza o el Mount Wilson.

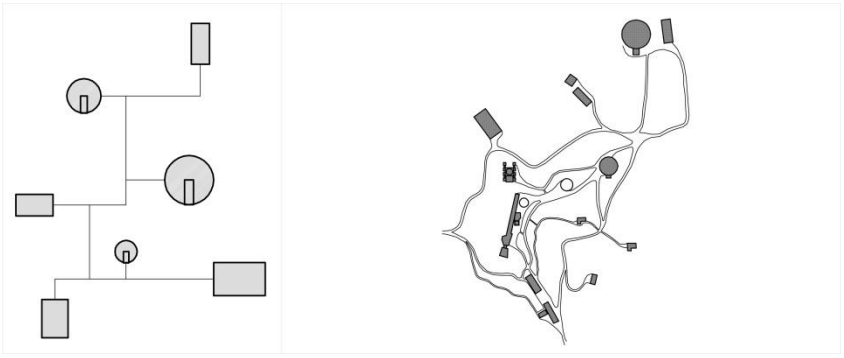


Figura 9.37 – Representación del tipo *disgregado*. Planta del Observatorio Mount Wilson como ejemplo.

El tipo *compacto en cúpula* es la consecuencia lógica del aumento de escala de los telescopios y, por ende, de la edificación que lo alberga. Los nuevos reflectores alcanzan unas dimensiones tales que la planta de la cúpula que los cubre es tan grande que la superficie que encierran permite insertar en su interior todo el programa de usos propio de un observatorio. De forma que, la mayor parte de las funciones que se situaban diseminadas por un terreno en el tipo *disgregado* se apilan en la base del telescopio principal en esta variante. Por ejemplo: el Hale o el BTA-6.

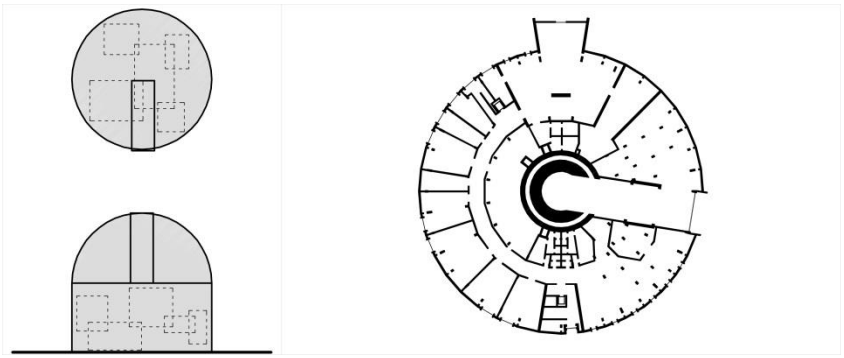


Figura 9.38 – Representación del tipo *compacto en cúpula*. Planta del BTA-6 como ejemplo.

El tipo *de cúpula con anexo* se aplica a los observatorios en los que el control remoto de los equipos astronómicos permite la separación física de la cúpula, donde está el telescopio, con un segundo volumen donde se encuentran la sala de control y otros espacios de trabajo o servicio para los usuarios del centro. El decir, mientras que la cúpula se adecúa a los requisitos del reflector, el anexo se adapta al confort y las características del resto de usos. La cúpula y el anexo funcionan como dos edificios independientes cuya verdadera conexión, la que los unifica como una sola institución, se produce a través de cables o de ondas electromagnéticas, por lo que este vínculo es, en realidad, virtual y podría llegar a ser equivalente si la aumentase la distancia entre ambas partes. Por ejemplo: el Observatorio W. M. Keck y el Gran Telescopio Canarias.

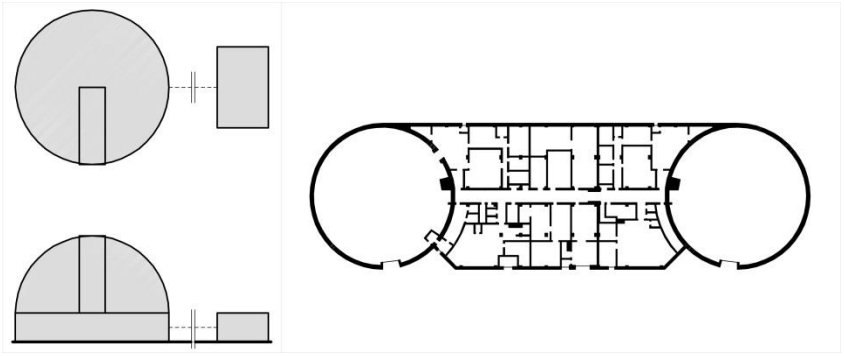


Figura 9.39 – Representación del tipo *de cúpula con anexo*. Planta del Observatorio W. M. Keck como ejemplo.

Mientras que el tipo *de arco* se limita al período islámico medieval, el resto de tipos se suceden y superponen a partir de la reintegración de la astronomía en Europa. El tipo *plataforma* aparece con los primeros precedentes occidentales del observatorio y se solapará con el *palaciego* hasta que el telescopio adquiera suficiente relevancia como para que el tipo *de sala de observación* y el *de torre* se implanten. El aumento en importancia del telescopio propiciará el desarrollo del tipo *de cúpula integrada*, que

reemplazará al de *sala de observación* y, a su vez, con el crecimiento de los instrumentos devendrá en el de *cúpula sobredimensionada*. La búsqueda por evitar las perturbaciones que mermaban los resultados de las observaciones está detrás del origen del tipo *disgregado*. La liberación de espacio en la base de los reflectores producida por el incremento de tamaño de los mismos da lugar al tipo *compacto en cúpula* y los avances tecnológicos que posibilitan la separación física entre instrumento astronómico y su operador desembocan en el tipo *de cúpula con anexo*.

Aunque algunos de los tipos han quedado obsoletos (*de arco*, *plataforma*, *palaciego* y *de sala de observación*) y un diseño en base a sus características carecería de sentido en el presente, no existe un único tipo para el observatorio actual ya que cada opción se puede adecuar mejor a las circunstancias que definen un determinado centro astronómico: grado de profesionalización, ubicación, tamaño de los instrumentos, programa de usos, etcétera.

Con las nuevas tendencias proyectuales de la actualidad, los observatorios astronómicos que se alejan de la repetición de los patrones consolidados y cuyos diseños se basan en el encaje de los requisitos científico-técnicos con los criterios propios de la arquitectura contemporánea son poco frecuentes. Cuando esta particularidad se produce, los resultados se alejan tanto de los cánones habituales que hasta cuesta identificar esos edificios como observatorios. Sin embargo, los resultados son normalmente asimilables a alguno de los tipos referidos.

En todo caso, el análisis tipológico del observatorio posibilita una comprensión profunda sobre su desarrollo histórico y sobre los atributos que lo configuran, siendo de utilidad a la hora de afrontar el proyecto de un nuevo observatorio, independientemente de su escala.

Aun así, la evolución de los observatorios ha estado fuertemente marcada por los avances técnicos y por el progreso astronómico, por lo que tanto el desarrollo tecnológico como los nuevos descubrimientos de la ciencia puedan producir nuevas condiciones o requerir diferentes soluciones que alteren los tipos expuestos o, incluso, generen otros nuevos.

Tipo	Periodo	Origen	Características
De arco	1259 - s. XV	La búsqueda de una mayor precisión desembocó en instrumentos tan grandes que debían ser fijos	- Gran instrumento de arco fijo. - Alineación de norte a sur. - Algunas funciones astronómicas secundarias incluidas. - Situación en entorno periurbano.
Platforma	s. XV - s. XVII	Surge para lograr mejores condiciones de observación con instrumentos portátiles.	- Superficie abierta de investigación - A veces incluye un espacio cubierto - Situación en una posición elevada o adosada a una estructura existente - Muy expuesto al clima
Palaciego	1576 - s. XVIII	Es el resultado del intento de generar una arquitectura para acomodar la observación astronómica junto con otras funciones	- Función astronómica incorporada a una arquitectura residencial o institucional. - Algunos usos secundarios astronómicos y no astronómicos incluidos
Sala de Observación	1675 - s.XVIII	La creciente importancia del telescopio da lugar a esta solución de diseño.	- Espacio especialmente adaptado al uso de largos telescopios portátiles - Esta sala ocupa una posición elevada en el edificio en el que se implanta - Su arquitectura resguarda al observador y al telescopio del clima - Situado en una posición peri-urbana o no urbana
De torre	s. XVI - s. XXI	Es la respuesta al desempeño de la astronomía en un entorno urbano.	- Diseñado para evitar obstáculos próximos durante la observación - La mera altura del edificio conlleva problemas de inestabilidad que reducen la precisión de las observaciones - Situación en un entorno urbano
De cúpula Integrada	1785 - s. XXI	Es la solución alcanzada para obtener mejores condiciones de observación para telescopios.	- Mantiene la función de observación protegida de las condiciones climáticas - Cada soporte aislado proporciona una alta estabilidad para su telescopio - La cúpula permite apuntar en todas direcciones durante la observación
De cúpula sobredimensionada	1881 - s. XX	Aparece por el recurrente crecimiento del telescopio.	- El tamaño de la gran cúpula interfiere con otras funciones astronómicas - La cúpula principal está desplazada a un extremo de la planta.
Disgregado	1881 - s. XXI	Es el resultado de las incompatibilidades y las diferentes necesidades de las diversas funciones que constituyen el observatorio.	- Separación de las diferentes funciones en edificios independientes - Cada construcción se adapta a las necesidades del uso que contiene - Distribución de edificios por el terreno - Situación en un entorno no urbano
Compacto en cúpula	1948 - s. XXI	La gran cantidad de espacio liberado por el aumento en la escala de los telescopios provoca esta reunificación de funciones	- Todas las funciones agrupadas bajo el telescopio en el edificio de la cúpula. - Arquitectura no adaptada a funciones secundarias. - Situado en un entorno no urbano.
Cúpula con anexo	1993 - s. XXI	Esta solución es el resultado del desarrollo tecnológico de la informática y las telecomunicaciones.	- Posible separación física del telescopio y el resto de funciones - Relación virtual entre el observador y el telescopio - Tanto la cúpula como el edificio secundario pueden especializarse para las funciones que contienen - Situación en un entorno no urbano

Tabla 9.1 – Tipos arquitectónicos de observatorio astronómico.

Planta

La arquitectura se ocupa de idear, trazar y, en definitiva, proyectar y construir edificios para ser habitados o utilizados por sus usuarios. La propia conciencia del ser humano entiende esa relación con el espacio que el edificio configura a través de su experiencia vivida, que se produce de manera natural mediante desplazamientos en el plano horizontal. Por ello, en la arquitectura histórica, es la planta de los edificios la que establece la ordenación y distribución del programa de usos de un proyecto, siendo esto lo que determina el funcionamiento interno del edificio en base a planos a distintas alturas. El caso particular de los observatorios no escapa a esta concepción tradicional de la distribución de usos en un espacio mediante niveles.

Retrocediendo hasta el observatorio islámico-medieval, la planta del edificio es circular y queda claramente marcada por la orientación de su espacio central, que conforma el gran instrumento (cuadrante o sextante) de escala arquitectónica que justifica la existencia misma del observatorio (como el de Maragha o el de Samarcanda). Esta cámara queda alineada de norte a sur para posibilitar la adecuada utilización de dicho instrumento. A ambos lados de este espacio el resto de la planta queda organizada mediante salas que compartimentan el edificio con una escasa proporción de espacio útil.

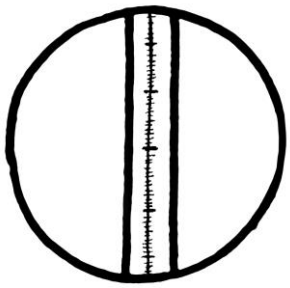




Figura 9.40 – Planta esquemática del observatorio islámico-medieval.
Figura 9.41 – Observatorio de Samarkanda. Planta.

La astronomía occidental por su parte no proporciona una solución de planta tan homogénea en conjunto, ya que refiriéndose a un período más extenso en el tiempo refleja numerosas variaciones y transformaciones a medida que aparecen innovaciones técnicas y avances científicos.

La primera aproximación hacia un observatorio moderno en Europa aparece como miradores o plataformas elevadas que, tras un paréntesis, se reproducirán durante los años posteriores a la irrupción del telescopio en el estudio astronómico hasta dar lugar a la torre observatorio. No existe una geometría clara de planta para esta variante. En su origen las plataformas se concebían como superficies abiertas y sin cubrir que se montaban en terrenos elevados o adosados a otras edificaciones o estructuras existentes para asegurar buenas visuales sin obstáculos cercanos (como el mirador de Wilhelm IV o la plataforma de Hevel). El cerramiento de estas plataformas, o de parte de ellas, para ofrecer resguardo al observador y a su equipo devino en torres unihabitacionales (como en Leiden) que en ocasiones eran duplicadas y conectadas entre sí. Sin embargo, con el paso del tiempo estas sencillas estructuras comenzaron a adquirir cierta complejidad hasta evolucionar en construcciones en altura que establecían diversos usos astronómicos a distintas cotas (como la Torre de los Vientos del Vaticano o el Observatorio de Mannheim). Los rasgos que caracterizan la planta de la torre observatorio son unas dimensiones moderadas para mantener la esbeltez propia de esta tipología constructiva y, como consecuencia de esto, la escasa compartimentación de la planta para evitar habitaciones demasiado pequeñas.

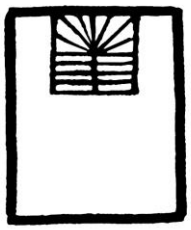
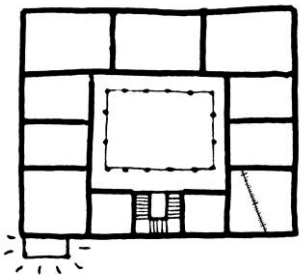




Figura 9.42 – Planta esquemática del observatorio en altura.
Figura 9.43 – Observatorio de Mannheim. Planta.

La carencia de un conocimiento empírico de las marcadas necesidades de la investigación astronómica provocaron diversos ejercicios de adaptación de arquitecturas propias de un uso palaciego o institucional al uso de observatorio (como en Uraniborg o en París). Más allá de su alineación cardinal, las plantas presentan los rasgos representativos del estilo arquitectónico (renacentista, neoclásico…) en el que se inspiran, sin evidencia alguna que apunte a su función astronómica.



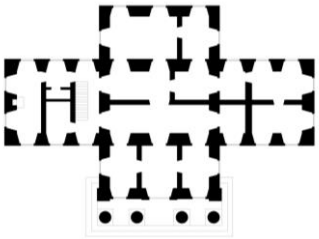
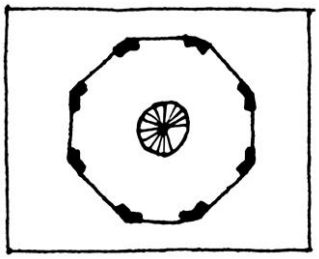


Figura 9.44 – Planta esquemática de la adaptación de otras arquitecturas como observatorio.
Figura 9.45 – Observatorio de Cádiz. Planta.

El auge del telescopio aplicado a la astronomía se traducirá en la búsqueda de soluciones constructivas que se adapten a los requisitos funcionales de unos instrumentos extensos. El intento de conciliar el difícil manejo de los largos refractores con el acondicionamiento de un espacio de trabajo confortable para unos astrónomos que debían pasar mucho tiempo mirando a través del ocular dio lugar a la sala de observación (como en Greenwich o en el Radcliffe). Ésta consistía en una habitación de planta octogonal en cada uno de cuyos lienzos se situaba un alto ventanal, lo que permitía apuntar hacia todas las direcciones. Esta sala siempre debía ocupar la parte superior del complejo, evitando que otros elementos de la construcción pudiesen obstaculizar la visual del cielo.



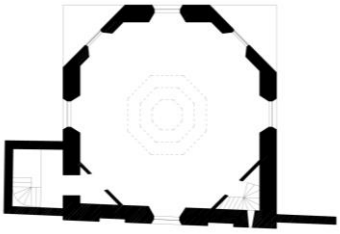


Figura 9.46 – Planta esquemática de la sala de observación.
Figura 9.47 – Observatorio de Greenwich. Planta.

La disposición elevada de la sala de observación favorecía la libertad compositiva de las plantas inferiores, que podían configurarse para distribuir sin restricciones el resto de programa del edificio. No obstante, la aparición de habitaciones preparadas para el funcionamiento de los instrumentos de tránsito condicionó la ordenación del conjunto, puesto que esas cámaras de planta rectangular debían situarse a nivel de suelo orientadas de este a oeste y tenían que evitar la presencia de obstáculos al norte y sur de ellas para contar con una vista despejada en ambas direcciones.

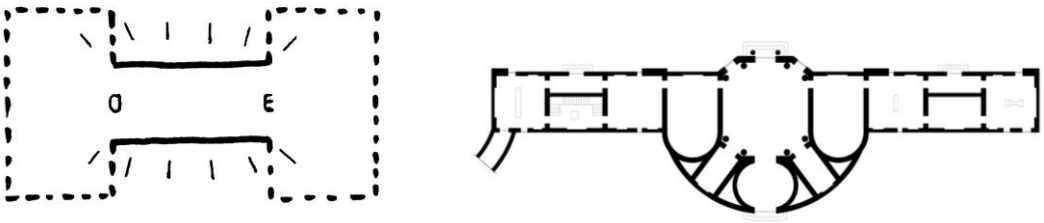


Figura 9.48 – Planta esquemática de la sala de tránsito.
Figura 9.49 – Observatorio Radcliffe. Planta.

La sustitución de la sala de observación por la cúpula (como en Harvad o Pulkovo) no supondrá cambios significativos en la planta del observatorio, con la salvedad del sistema estructural que dé soporte del telescopio. Al mantenerse la posición elevada del instrumento principal sobre el resto del edificio, la estabilidad mecánica se convierte en un problema para la precisión de las observaciones, lo que se resuelve introduciendo una solución estructural que parte desde la cimentación y asciende hasta la base de la montura del instrumento. Esta circunstancia se solventa de diferentes maneras en los diversos observatorios: mediante un soporte masivo, sobre una cúpula con pechinas o mediante una cúpula sobre pilares. Más allá de este detalle estructural, el resto de la planta se puede organizar con libertad mientras se respeten los citados condicionantes de las habitaciones de tránsito si las hay. Todo ello termina produciendo plantas de conjunto con toda clase de configuración formal.

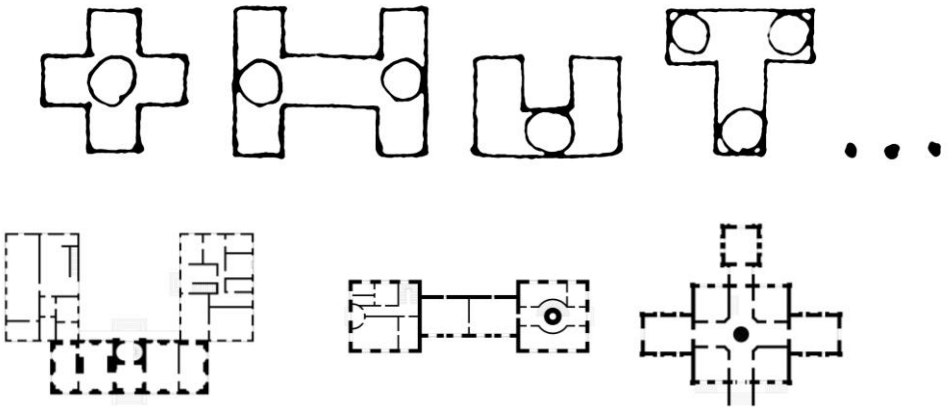


Figura 9.50 – Plantas esquemáticas de las configuraciones a partir del observatorio con cúpula.
Figura 9.51 – Observatorios de Seeberg, Hamburgo (Millerntor) y Naval de Washintong. Plantas.

El incremento en el tamaño de los telescopios supondrá un arco de movimiento más grande, lo que propiciará un mayor diámetro de la sala del instrumento principal (como en el Lick o el Yerkes). El aumento de escala se verá acompañado de un crecimiento del

soporte estructural del telescopio, que lo mantiene elevado sobre el resto de la construcción, y de un vaciado de todo el espacio que se encuentra bajo la cúpula. De este modo, un muro perimetral envuelve una gran sala circular y diáfana en cuyo interior sólo se sitúa el instrumento principal instalado en un soporte masivo.

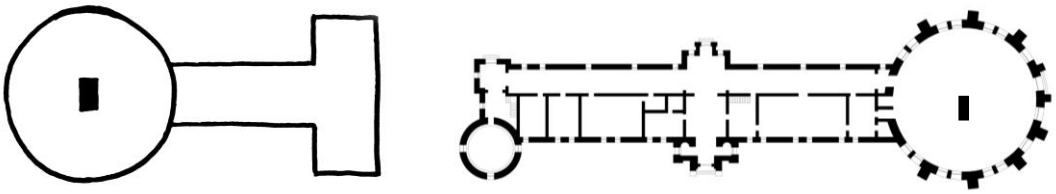


Figura 9.52 – Planta esquemática de observatorio con gran telescopio.
Figura 9.53 – Observatorio Lick. Planta.

La descomposición del observatorio en un conjunto de construcciones aisladas (como el de Niza o el Hamburg-Bergedorf) favorece la libertad proyectual y la especificidad constructiva, de modo que cada función puede situarse en el edificio que mejor responda a sus necesidades programáticas en cuanto a orientación, tamaño, forma y relación con el terreno u otras construcciones del complejo. El resultado es una agrupación de edificios independientes más sencillos y especializados que si conformasen un solo inmueble pero con una funcionamiento equivalente.

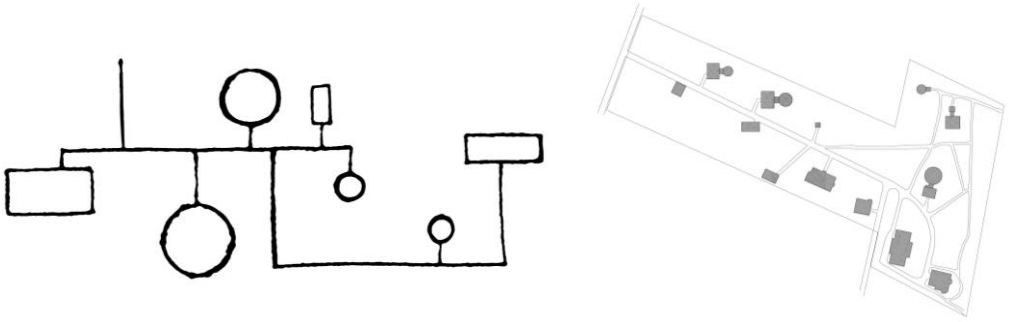


Figura 9.54 – Planta esquemática de observatorio descompuesto y distribuido en un espacio.
Figura 9.55 – Observatorio Hamburgo-Bergedorf. Planta de conjunto.

Asimismo, la simplificación de las construcciones que componen un observatorio disgregado se traduce en edificaciones espacialmente elementales en donde la sala del telescopio, que mantiene las características de las salas de los grandes instrumentos principales, se encuentra aislada o, puntualmente, cuenta con algún añadido con funciones secundarias (como el Mount Wilson 60-inch o el Gran Refractor del Hamburg-Bergedorf).

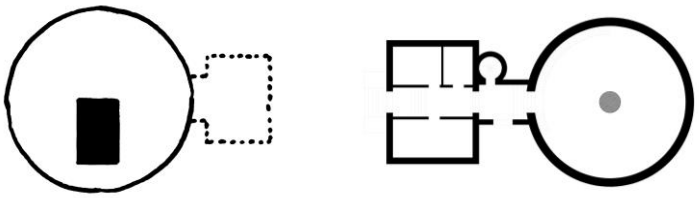


Figura 9.56 – Planta esquemática de edificio independiente para el telescopio.

Figura 9.57 – Observatorio Hamburgo-Bergedorf. Gran Refractor. Planta.

El constante crecimiento de los instrumentos supone paralelamente la ampliación de la estructura que lo sustenta. Sin embargo, esta progresión alcanza un punto en el que el soporte del telescopio es tan grande que no es efectivo una construcción maciza, por tanto el aligeramiento de la estructura genera un espacio que es tan amplio como para ser ocupado por otros usos (como el Mount Wilson 100-inch).

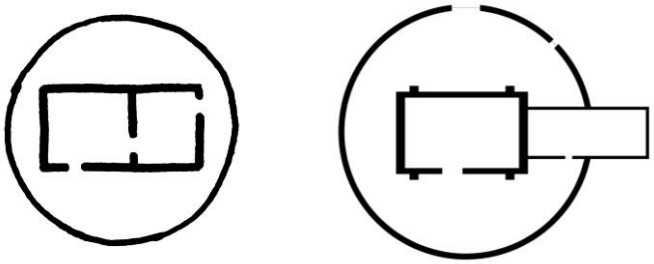


Figura 9.58 – Planta esquemática de soporte del telescopio habitable.

Figura 9.59 – Observatorio Mount Wilson. Edificio del telescopio de 100". Planta.

La continuada ampliación de los telescopios se traduce en el aumento de escala de la construcción en la que se ubica y de la estructura que lo soporta. Así, el incremento de espacio libre bajo el instrumento crece hasta que la posible compartimentación de su planta es suficientemente amplia como para introducir en el propio edificio de la cúpula una extensa variedad de funciones específicas (como en el Telescopio C. Donald Shane o el BTA-6)

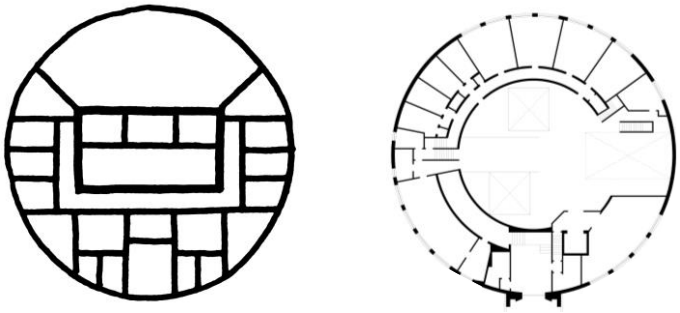


Figura 9.60 – Planta esquemática de soporte del telescopio habitable.

Figura 9.61 – Telescopio C. Donald Shane. Planta.

La constante pretensión de la mayor precisión posible de los instrumentos redundará en un intento de separación del instrumento principal de cualquier función o situación que pueda generar una perturbación de las observaciones. De este modo, la devolución del telescopio al nivel inferior desplazará el resto de usos posibles desde su base a una construcción horizontal adjunta a la estructura que sostiene la cúpula (como en el W. M. Keck o en el Gran Telescopio Canarias)

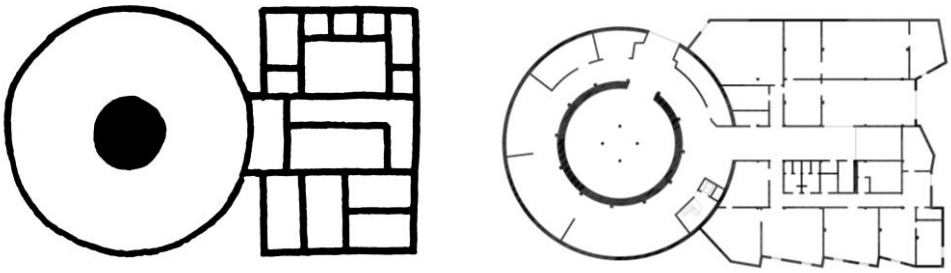


Figura 9.62 – Planta esquemática de la separación de la observación y el resto de funciones.
Figura 9.63 – Gran Telescopio Canarias. Planta.

En este sentido, sala del telescopio y el resto del programa de usos poseen una disimilitud tal que tanto sus escalas, sus sistemas estructurales, sus condiciones climáticas o sus respectivas actividades internas son disonantes entre sí. Es decir, que ambas partes del complejo funcionan de manera independiente aunque estén juntas. Esto, unido a la tecnología que posibilita la utilización a distancia del telescopio permite la división y separación física de la parte donde se encuentra la cúpula de la que contiene el resto de usos.

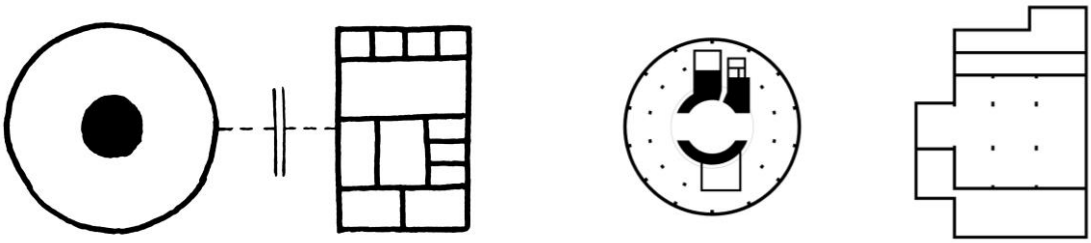
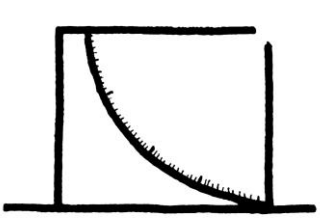


Figura 9.64 – Planta esquemática de la separación física del instrumento y el resto del programa de usos.
Figura 9.65 – Giant Magellan Telescope. Planta.

Sección

Mientras que la planta de un edificio remite a su organización y ordenación programática, la sección arquitectónica determina su configuración espacial y la adecuación de ese espacio a un determinado uso. Es decir, aunque el ser humano tiende a desplazarse en un plano horizontal, habita en un volumen tridimensional que queda definido por la confluencia de la planta con la sección a través de dilataciones o contracciones verticales del espacio. En los observatorios astronómicos, la manipulación de la sección subyacerá en el mismo origen del edificio al adaptar el espacio contenido por la construcción a las particulares necesidades de la función astronómica.

El observatorio islámico-medieval aparece básicamente como un contenedor para un gran instrumento para medir ángulos. Este instrumento será entonces el centro conceptual y físico del edificio, por lo que condicionará todo el diseño del conjunto (como el de Maragha o el de Samarcanda). La construcción queda ocupada desde su base hasta la cubierta por un volumen abierto cuyos límites con la cubierta y la fachada sur son planos mientras que una superficie curva cierra el espacio generando el instrumento de arco. Este espacio queda cerrado al exterior del edificio salvo por la perforación existente entre los paramentos de fachada y cubierta que permite la entrada de luz necesaria para las mediciones astronómicas. El resto de la sección está ocupada con espacios complementarios.



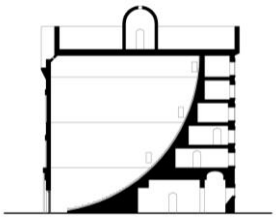
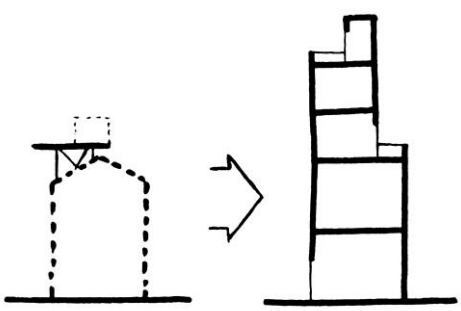


Figura 9.66 – Sección esquemática del espacio del arco graduado en el observatorio islámico-medieval.
Figura 9.67 – Observatorio de Maragha. Sección.

El mayor desarrollo temporal del observatorio occidental dará como resultado múltiples e importantes cambios propiciados por la mejora técnica y las necesidades de

la propia astronomía. Todo ello afectará a la configuración programática y espacial, e incluso constructiva, de los observatorios, lo que tendrá su repercusión en su sección.

Las primeras estructuras asociables al observatorio moderno fueron las plataformas de observación o los miradores que se instalaron en posiciones elevadas o sobre otras construcciones preexistentes para conseguir una vista despejada del cielo. Puesto que inicialmente eran estructuras abiertas y elementales, su sección no era más que una línea que representaba la superficie sobre la se instalaban los instrumentos temporales. Sin embargo, con el paso del tiempo a estas construcciones casi provisionales se les incorporó una cubrición y envolvente mínima para generar una protección frente al clima para los astrónomos y sus útiles. Esta solución se consolidó y desarrolló dando lugar a las torres como edificios en los que una sucesión de espacios superpuestos unos sobre otros permitía alcanzar una altura suficiente para conseguir las vistas necesarias para la observación (como en el Rudetaarn o en Bogotá).



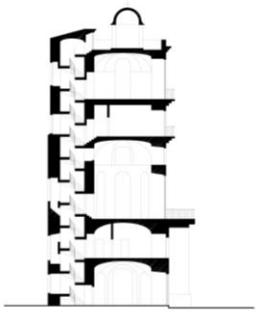
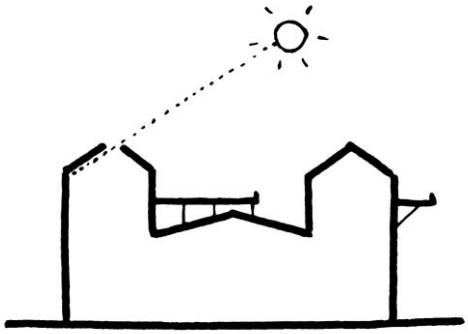


Figura 9.68 – Secciones esquemáticas de la plataforma de observación y del observatorio en altura.
Figura 9.69 – Observatorio de Mannheim. Sección.

Los intentos iniciales de construir un edificio adecuado a la función astronómica dieron como resultado observatorios con una arquitectura propia de otras tipologías del todo ajenas a esa ciencia (como en Uraniborg o Cádiz). Sin embargo estas propuestas incorporaron ciertas soluciones constructivas y modificaciones de la sección del edificio en base a razonamientos astronómicos directamente derivados de ciertos trabajos de observación. A partir de esto, aparecerían planteamientos como la adición de plataformas elevadas con cubierta practicable, la apertura de óculos para estudios cenitales, instalación de terrazas para la observación con instrumentos portátiles, etcétera.



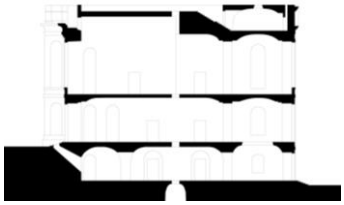


Figura 9.70 – Sección esquemática de la adaptación de otras arquitecturas como observatorio.

Figura 9.71 – Observatorio de París. Sección.

Aunque constituya una singularidad sin continuidad en sí mismo, Stjerneborg merece una especial mención por el desarrollo de una sección que, en algunos aspectos, anticiparía varias de las ideas que se establecerían como bases fundamentales de los observatorios que se desarrollarían a partir de casi dos siglos más tarde. Los principales aspectos a destacar en su sección son la fijación de un instrumento en un soporte que arranque desde el terreno y el escalonamiento de los suelos de las salas para facilitar el trabajo al observador a la hora de usar un determinado instrumento.



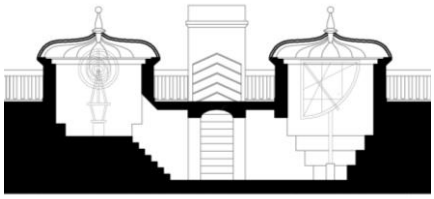
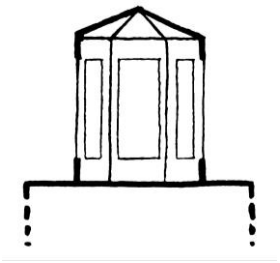


Figura 9.72 – Sección esquemática del espacio escalonado con soporte fijo para el instrumento.

Figura 9.73 – Observatorio de Stjerneborg. Sección.

La creciente importancia del telescopio para la astronomía a medida que los refractores se hacían más largos chocaba con la dificultad en el desplazamiento y la operación de los instrumentos que su tamaño acarreaba. Esto, unido a las prolongadas sesiones que los científicos pasaban realizando sus observaciones, demandó una respuesta arquitectónica que solventase dichas dificultades. La solución llegó en forma de lo que se denominó la sala de observación, que consistía en un espacio alto, con grandes ventanales verticales, pensado para facilitar la operatividad de los largos telescopios (como en Greenwich o el Radcliffe).



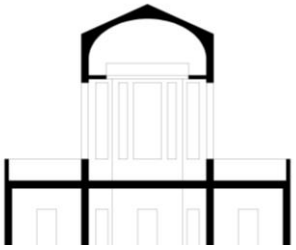
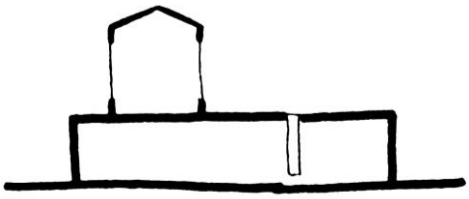


Figura 9.74 – Sección esquemática de la sala de observación.

Figura 9.75 – Observatorio Radcliffe. Sección de la sala de observación.

Además, para asegurar la visibilidad de la sala de observación, ésta debía ocupar la parte superior del edificio de manera que el resto de usos quedase en una construcción de menor altura que funcionase como base. En este caso, si además existía una habitación adaptada a los instrumentos de tránsito, ésta debía quedar orientada de este a oeste y contar con un hueco rasgado continuo de norte a sur para posibilitar dichas observaciones.



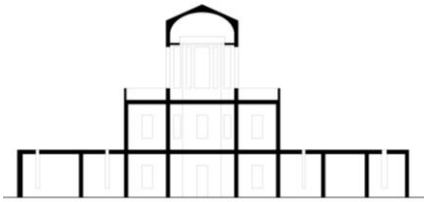


Figura 9.76 – Sección esquemática de un observatorio con sala de tránsito.

Figura 9.77 – Observatorio Radcliffe. Sección.

La descrita sala de observación evolucionará con el paso del tiempo hacía la cúpula móvil (como en Dunsink o Helsinki), con el matiz de que cada instrumento requerirá de una cúpula propia, por lo que serán habituales los observatorios con más de una. Este cambio supone una importante modificación de la sección, ya que, mientras que el espacio existente bajo la sala de observación podía aprovecharse con libertad, el situado bajo la cúpula queda invadido por una estructura masiva que atraviesa el edificio desde la cimentación para convertirse en el soporte sobre el que se instale el telescopio.



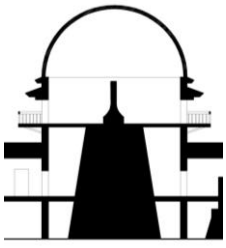


Figura 9.78 – Sección esquemática de sala del telescopio con cúpula y soporte macizo.

Figura 9.79 – Observatorio Harvard. Sección por la cúpula principal.

Esta solución tan invasiva será reemplazada por otras variantes estructurales que asegurarán la estabilidad del instrumento sin afectar tan significativamente las plantas inferiores. La definición formal de la cúpula puede variar (esférica, cilíndrica o poliédrica), sin embargo, su volumen queda determinado por la movilidad del instrumento que cubre. Este sistema permite, gracias a su rotación y a un método de apertura, la observación en todas direcciones manteniendo tanto al astrónomo como al instrumento a resguardo.

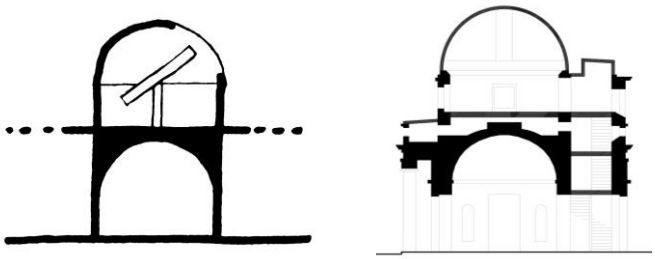


Figura 9.80 – Sección esquemática de sala del telescopio con cúpula y soporte no macizo.
Figura 9.81 – Observatorio de Göttingen. Sección por la cúpula.

El crecimiento del telescopio haría que su movimiento abarcase un espacio mayor, lo cual conllevó un incremento en el tamaño de las cúpulas que los cobijaban. Esto provocó una marcada desproporción de escala entre el volumen destinado a los grandes instrumentos y el resto del edificio (como en el Allegheny o el Lick). Esa diferencia podía generar unas sombras u obstrucciones al resto de equipos del observatorio por lo que las cúpulas de los telescopios principales fueron relegadas a posiciones marginales del complejo.

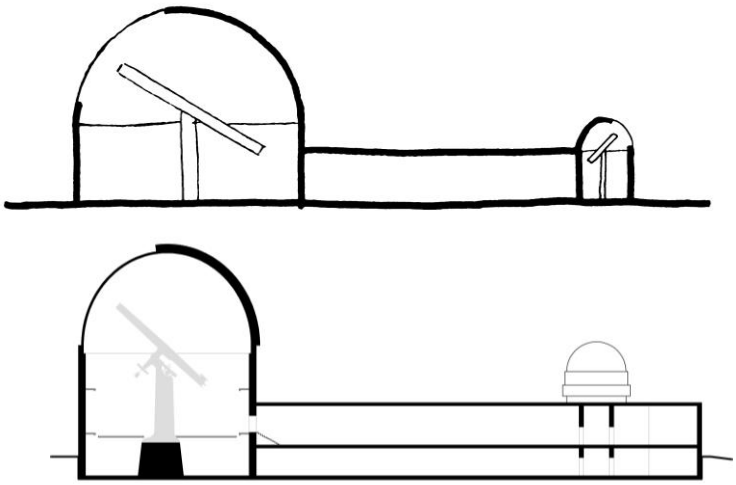
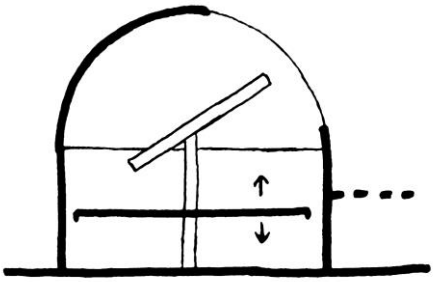


Figura 9.82 – Sección esquemática de un observatorio con un gran telescopio.
Figura 9.83 – Observatorio Yerkes. Sección longitudinal.

Por otro lado, mantener el telescopio por encima del resto del edificio demandaba un crecimiento proporcional del soporte que lo sustentaba. La altura a la que se montaba el telescopio unido a la dimensión de la cúpula y la estructura perimetral que la soportaba producían un enorme volumen vacío en el que el astrónomo debía posicionarse para realizar sus observaciones. Esa necesidad terminaría produciendo diferentes respuestas que facilitasen el apropiado emplazamiento del observador: desde conjuntos de escaleras con ruedas hasta plataformas hidráulicas que se desplazaban verticalmente.



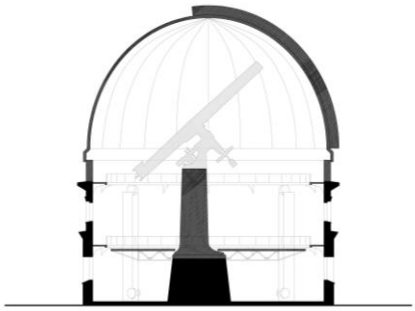


Figura 9.84 – Sección esquemática de sala del gran telescopio con solución de elevación.
Figura 9.85 – Observatorio Yerkes. Sección por la cúpula principal.

La fragmentación del observatorio, como un edificio compuesto por usos dispares, en un grupo de construcciones independientes permite adaptar cada estructura a las características de la función que contiene y distribuir los diferentes edificios en el terreno, de manera que se eviten las obstrucciones visuales o cualquier otro tipo de interferencia perniciosa para la investigación astronómica, como las emisiones de calor, luz o humo (como en Niza o el Mount Wilson).



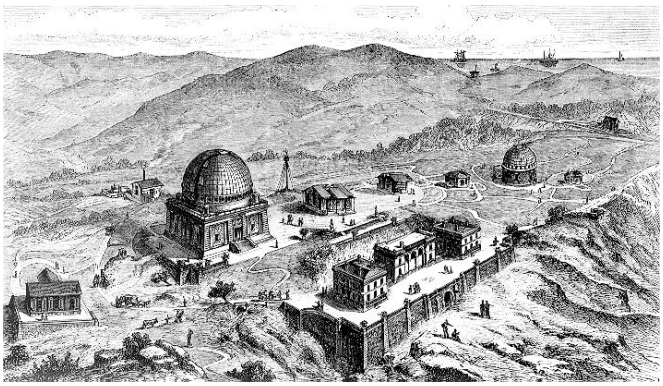
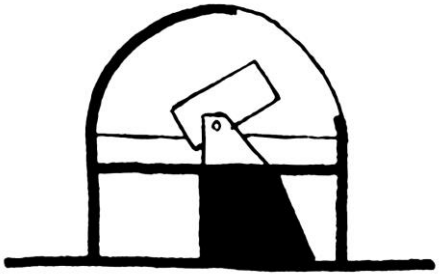


Figura 9.86 – Sección esquemática de la disposición de un observatorio disgregado en el terreno.
Figura 9.87 – Grabado de la distribución del Observatorio de Niza.

Igualmente, esta descomposición del observatorio propicia una libertad formal y de organización para los distintos edificios. En el caso de las construcciones de los grandes instrumentos, la elevación del telescopio respecto del terreno libera un espacio en planta baja que permanece ajeno a la actividad astronómica y que puede comienza a utilizarse como zona de almacenaje y a recibir otros usos secundarios.



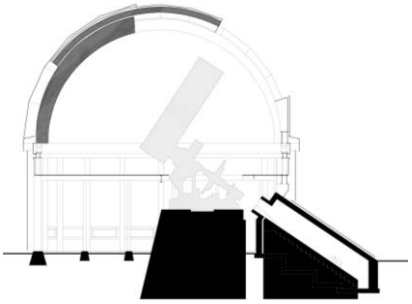
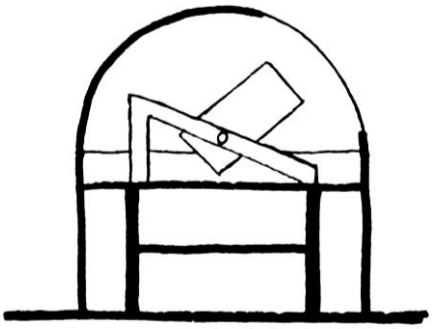


Figura 9.88 – Sección esquemática de la construcción para albergar un gran instrumento.
Figura 9.89 – Observatorio Mount Wilson 60". Sección.

El recurrente aumento de tamaño de los telescopios se verá acompañado de un crecimiento de una estructura que termina por esponjarse hasta producir unos espacios de escala arquitectónica que pueden ser infundidos con otros usos vinculados con la función astronómica.



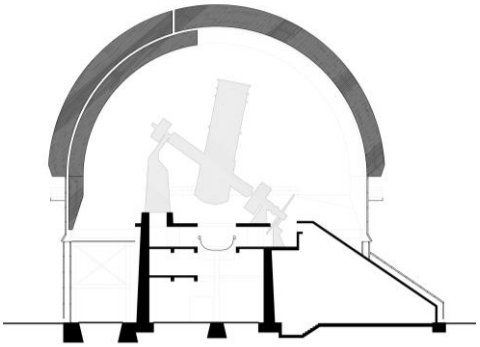


Figura 9.90 – Sección esquemática del soporte del instrumento con espacios habitables.
Figura 9.91 – Observatorio Mount Wilson 100". Sección.

El tamaño de los instrumentos y, por ende, de la construcción que los alberga, continuaría su creciente progresión hasta el punto en que el espacio disponible bajo la planta del telescopio fuese tan grande que pudiese agrupar en la base todo el programa de usos requerido por el observatorio (como en el Hale o el BTA-6).

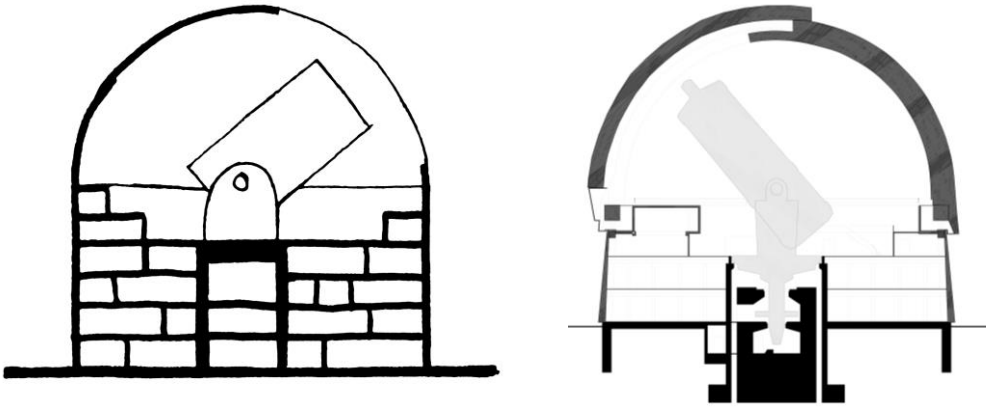


Figura 9.92 – Sección esquemática un observatorio con todo el programa de usos bajo la cúpula.
Figura 9.93 – Observatorio BTA-6. Sección.

A partir de un determinado punto, a tenor de la importante precisión de los instrumentos, los diseños tratarán de minimizar los riesgos de interacciones que pudieran perjudicar las observaciones. Por ello, se reduce la altura a la que arranca la montura y se retiran las funciones que anteriormente se situaban bajo el telescopio. Esto produce como resultado un edificio conformado por dos partes unidas aunque bien diferenciadas que responden a las necesidades de dos ámbitos completamente distintos: a un lado, la gran cúpula con su correspondiente telescopio, a otro, una construcción baja que aglomera el resto de usos (como el W. M. Keck o el Gran Telescopio Canarias).

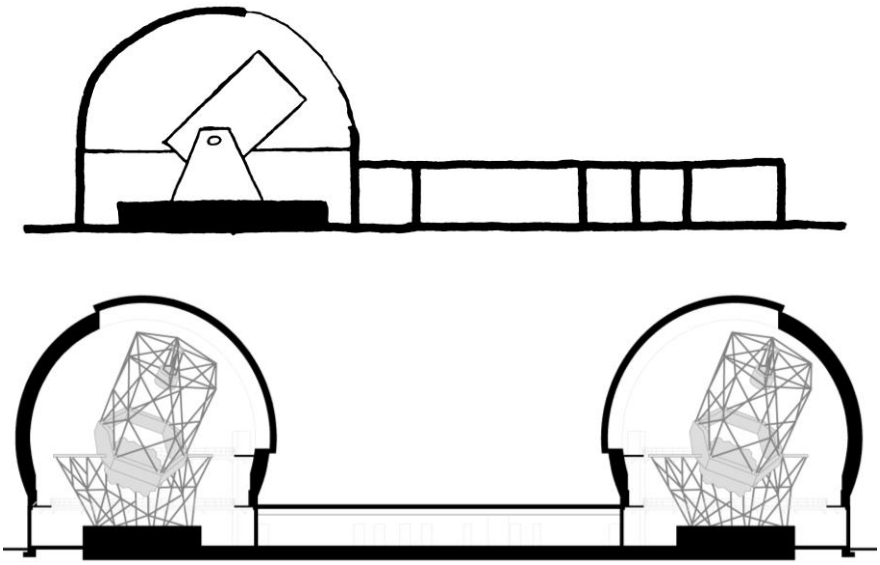


Figura 9.94 – Sección esquemática un observatorio con la observación y las demás funciones separadas.
Figura 9.95 – Observatorio W. M. Keck. Sección.

Las diferencias entre la zona de la cúpula y el resto del edificio son tan marcadas (en volumen, en forma, en dimensiones, en funcionamiento…) que prácticamente equivalen a dos proyectos independientes que comparten un tramo de su cerramiento. Este hecho, unido a la posibilidad que ofrece la tecnología de un control remoto del equipo astronómico puede acarrear una división material del observatorio en dos entidades bien diferenciadas solo vinculadas mediante una conexión virtual.

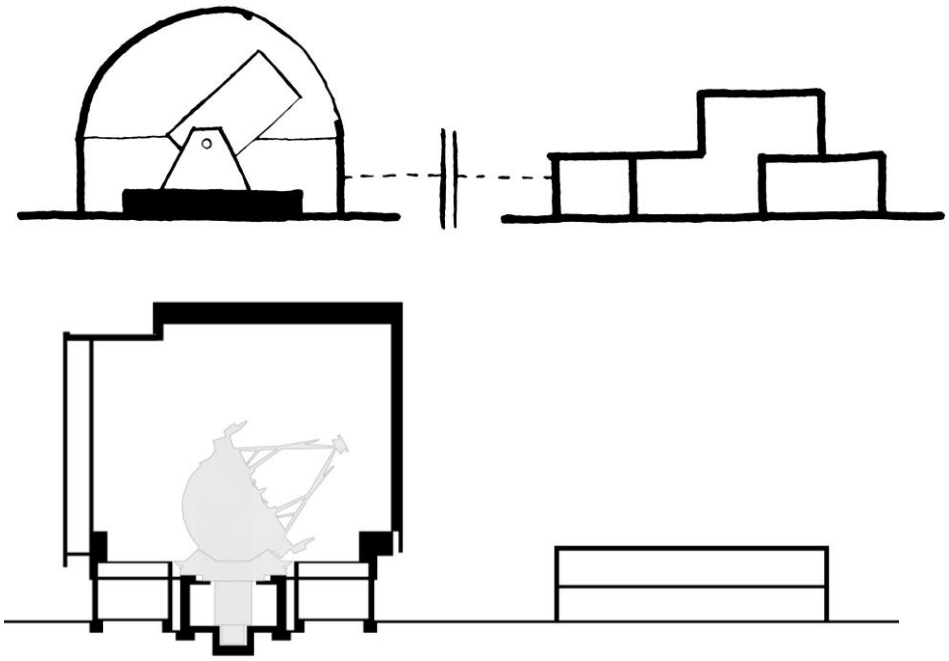


Figura 9.96 – Sección esquemática de la observación y las demás funciones en edificios independientes.
Figura 9.97 – Observatorio Giant Magellan Telescope. Sección.

Materialización

En el proceso mediante el que un observatorio pasa de la abstracción de las ideas a su concreción física, se produce una traslación de determinados conceptos y trazas hacia un edificio a través de su construcción. Este desarrollo se basa en la conformación de unos determinados espacios mediante superficies y estructuras originadas con materiales y soluciones constructivas que poseen unas características intrínsecas. Es esta materialización de un determinado proyecto lo que lo convierte en real.

Los materiales que forman parte de un edificio condicionan la configuración espacial del mismo, ya que los distintos materiales presentan diferentes cualidades que los hacen más adecuados o inapropiados para determinadas funciones. Es decir, la

piedra es, en general, más resistente que la madera, del mismo modo que el metal es más flexible que la piedra o la madera es mejor aislante que el metal. Sin embargo, no todas las características de los materiales asociadas con la arquitectura se limitan a los aspectos estructurales o mecánicos de los mismos. Muchos de estos rasgos tienen que ver con la forma en que estos influyen en la percepción del usuario, como la pesadez del granito o la calidez de la madera de haya. E incluso algunos de sus atributos, resultan esenciales para la satisfacción de ciertas necesidades funcionales, como la transparencia del vidrio para la iluminación natural.

La construcción del observatorio en el período islámico-medieval posee un carácter masivo conseguido a base de ladrillo, de muros gruesos y pequeños vanos. En cuanto al tratamiento estético, es el característico de su arquitectura monumental, palaciega o religiosa, con arcos, almenas, arabescos, lacerías geométricas o mosaicos cerámicos.

Las plataformas que surgen como primer contacto europeo con los observatorios serán resueltas en madera, de forma provisional y poco estudiada ya que no se tenían en consideración aspectos que posteriormente se estimarían claves como la estabilidad estructura. Sería entonces a partir de la adecuación de arquitecturas palaciegas a fines astronómicos cuando el observatorio occidental comience a adquirir cierta consistencia arquitectónica, ya que tanto los materiales usados en su construcción como los acabados, y hasta los detalles ornamentales, serán un reflejo de los aspectos característicos de las tipologías y los estilos propios de los edificios que sean adaptados.

Esto es, dado que esta fase inicial en la que aún no hay unas condiciones de diseño consolidadas para el observatorio moderno y que los primeros ejemplos se extienden en su localización (de norte a sur de Europa) y en el tiempo (entre los siglos XVI y XVIII), los distintos edificios presentan diferentes soluciones constructivas (desde fábrica de ladrillo visto hasta muros de mampostería) y reflejan rasgos estilísticos de diversas corrientes (desde cúpulas bulbosas o pináculos hasta columnas dóricas o cúpulas con linterna).

La etapa de consolidación de unas propiedades proyectuales específicas específicas del observatorio moderno, a lo largo del siglo XIX, originaría edificios con una configuración y unas características propias de la función astronómica y, a su vez, muy distintas de las habituales para otros usos. No obstante, se mantendría cierta concordancia en cuanto a los materiales usados y a las soluciones constructivas

empleadas, con una importante variación en los detalles ornamentales y elementos decorativos que variarían sustancialmente en función del respaldo económico del proyecto.

Obviamente, los observatorios del mismo período erguidos por exploradores durante la expansión colonial se alejan, como norma, de estas esmeradas obras para promovería otros centros mucho más básicos y con menos atención por los detalles.

Será entonces durante la evolución hacia el observatorio contemporáneo cuando la fragmentación del edificio unitario hacia un conjunto de construcciones independientes comience a dar lugar a estructuras asépticas de carácter científico alejadas de cualquier estilo historicista o de elementos superfluos

Asimismo, desde finales del siglo XIX, empieza a producirse una variación de los materiales constructivos, pasando de la piedra, el ladrillo o la madera progresivamente al hormigón y al acero. Esto asociado a las propiedades de estos nuevos materiales implicará, de manera paralela, nuevas posibilidades de diseño: mayor libertad formal, incremento de las luces, secciones más reducidas… Además, el desarrollo tecnológico dará lugar a los sistemas hidráulicos y eléctricos, lo que permitirá introducir en los observatorios sistemas asistidos para facilitar el trabajo de los astrónomos.

A medida que la tecnología de los telescopios permite elaborar instrumentos más precisos y potentes, el edificio que lo contiene va quedando relegado a un segundo plano en lo relativo a su importancia para la investigación. De forma que, si bien hasta principios de siglo XX, el observatorio en sí mismo resultaba esencial para el desarrollo de la función astronómica al proporcionar estabilidad, espacios de trabajo, talleres, etcétera, en las últimas décadas se le presuponen todas esas características por lo que ha perdido toda atención.

El crecimiento de los instrumentos astronómicos provocado por la búsqueda de una mayor exactitud en las observaciones, se encuentra en el origen del edificio del observatorio islámico-medieval. Su aparición en occidente como una estructura improvisada y la posterior adaptación de otras tipologías a la función astronómica servirán de base al observatorio moderno, que se consolidará con los años como una reputada institución. La atención y la inversión detrás de los proyectos de los observatorios, el soporte económico de aristócratas, estados y, posteriormente,

filántropos, producirá obras representativas como muestra de orgullo y poder. Sin embargo, será de nuevo el aumento de los instrumentos (de los telescopios en este caso) en pos de una mayor precisión lo que degrade el observatorio de un prestigioso edificio polifuncional dedicado a la investigación astronómica hacia una instalación técnica que apenas tiene en consideración a sus usuarios.

En el presente casi el presupuesto completo de un observatorio se invierte en el telescopio y su montaje, por lo que el resto del proyecto se resuelve con materiales baratos y con poca atención [NOTA: Waumans, A. A. (2013) *The Typology of Astronomical Observatories*. p.115]. Esto provoca que el observatorio, el edificio, sea poco más que una cáscara que envuelve el instrumento, a la que se le añade una estructura simple, un cobertizo, donde se confinan los astrónomos con el resto de funciones.

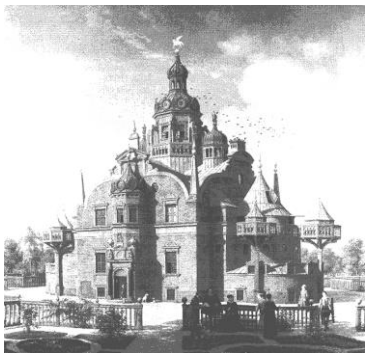
Elementos característicos del observatorio astronómico

El desarrollo de los observatorios como edificios vinculados intrínsecamente a la función astronómica, desde la observación y el análisis de datos hasta la publicación de resultados, ha dado lugar a algunas soluciones constructivas o elementos singulares en su obra. Algunos de estos ingredientes han evolucionado para adaptarse a nuevas necesidades o posibilidades técnicas, mientras que otros han terminado desapareciendo por las cambiantes condiciones que requieren estos centros.

La plataforma de observación surge como una estructura ligera, inicialmente de madera, que conformaba un plano horizontal de trabajo desde el que los astrónomos pudiesen realizar sus observaciones. Esta construcción, de carácter originalmente espontáneo y circunstancial, se adosaba a determinados edificios (como en el mirador de Wilhelm IV en Hesse-Kassel) o se implantaba sobre ciertos inmuebles (como la plataforma de Hevel) para conseguir una posición en altura más favorable para la observación. Sin embargo, esa provisionalidad y temporalidad, dieron paso a una aplicación intencionada y no improvisada convirtiéndose esta plataforma en una solución aplicada en algunas de las primeras construcciones astronómicas europeas (como Uraniborg o el Rundertarn). Con el paso del tiempo, esta solución perdería

vigencia debido a la necesidad de una alta estabilidad que esta estructura, por su ligereza, esbeltez y frecuente altura, no podía asegurar.

Su evolución se tradujo en cubiertas planas y terrazas desde las que los astrónomos podían realizar sus observaciones. Pese a que la plataforma, tal y como se originó, desapareció de los observatorios de mayor exigencia científica, todavía hoy puede encontrarse en centros no profesionales en forma de terrazas o miradores desde los que usar diferentes instrumentos astronómicos.





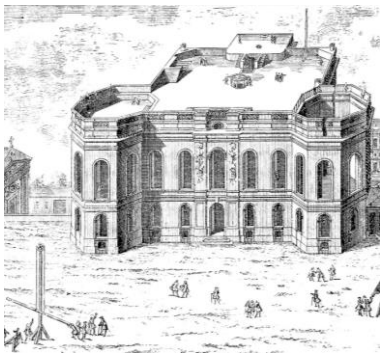


Figura 9.98 – Plataformas de Uraniborg.

Figura 9.99 – Plataforma de observación de Leiden.

Figura 9.100 – Terraza de observación en cubierta del Observatorio de París.

Otro de los elementos singulares aparecidos en los observatorios son los huecos especializados para la función astronómica. La observación requiere por definición un acceso a lo que se pretende observar, por lo tanto un edificio tiene que incorporar una solución que satisfaga esa necesidad consustancial de su función principal. En este sentido, se han dado diferentes variantes de hueco en relación con la específica necesidad de la observación con la que se asocia. De este modo, el óculo aparece como una perforación de los forjados para posibilitar el estudio en vertical del zénit.

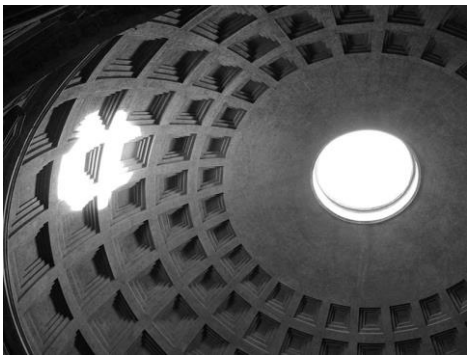
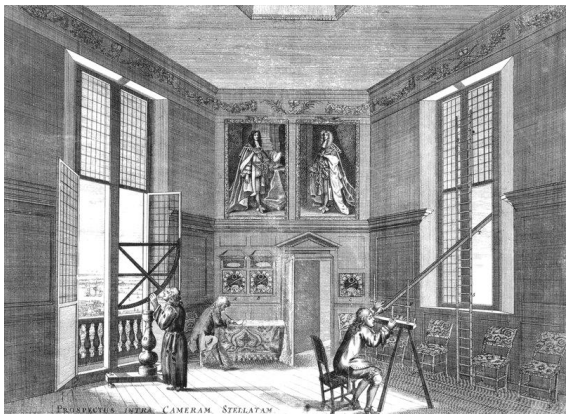




Figura 9.101 – Óculo del Panteón.

Figura 9.102 – Óculo (cerrado) del Observatorio de París.

En este sentido, la propia aparición del telescopio produjo un modelo de hueco adaptado a sus características. El viento, el frío y la lluvia produjeron el desplazamiento de astrónomos con sus largos telescopios hacia espacios a cubierto, desde donde pretendían continuar con su actividad investigadora. Atendiendo a la dificultad de estabilizar un instrumento tan largo se desarrolló un sistema de apoyos escalonados en altura para asegurar su posición y poder realizar las observaciones. Esta forma de trabajo necesitó de grandes ventanales verticales que permitiesen la correcta disposición de los telescopios para su utilización.



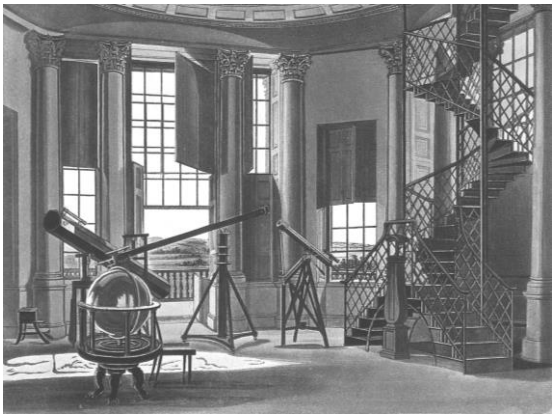


Figura 9.103 – Ventanales para telescopios del Observatorio de Greenwich.
Figura 9.104 – Ventanales para telescopios del Observatorio Radcliffe.

Por otro lado, no sólo la variedad de observación determina la naturaleza del hueco, sino que el instrumento utilizado para ese fin también lo condiciona. Así, las observaciones de tránsito realizadas con un arco mural graduado o con la línea meridiana requieren de una pequeña perforación que permita la entrada de un haz de luz que incida sobre la graduación del instrumento. Sin embargo, el desarrollo de los telescopios desembocó en sistemas de tránsito que necesitaban abarcar una vista ininterrumpida del cielo de norte a sur, con lo que aparecieron las ventanas continuas que cortaban la envolvente del edificio para generar un hueco que podía quedar abierto sin obstáculos desde la fachada septentrional a la meridional incluyendo la cubierta.

De cualquier modo, las soluciones de hueco se han extinguido mayoritariamente, puesto que la tendencia actual tiende a exponer el instrumento por completo para tener un libre acceso a la vista del cielo.



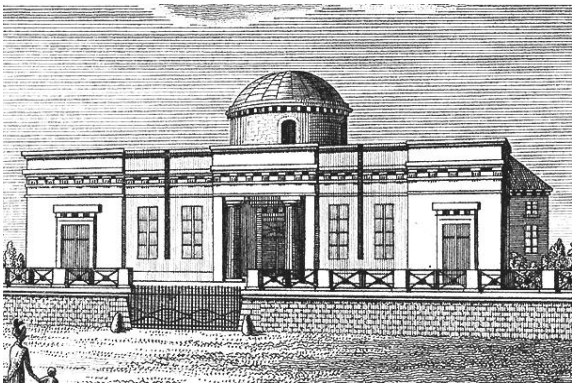


Figura 9.105 – Huecos de tránsito en el Observatorio de Madrid.

Figura 9.106 – Huecos de tránsito en el Observatorio de Göttingen.

Precisamente, esta búsqueda de los astros en el firmamento daría lugar a las soluciones de cubrición practicable. Los proyectos de Tycho ya incluían elementos que respondían a este patrón, como cubiertas piramidales o cúpulas rebajadas con partes que podían retirarse para revelar una sección de cielo para el estudio con instrumentos. Aunque el auge del telescopio causaría la desaparición de estos sistemas durante un determinado período, su evolución en forma de cúpula móvil consolidaría esta solución como la más habitual y característica de los observatorios astronómicos: una cúpula esférica, cilíndrica o poliédrica que gira sobre un anillo de rotación y que cuenta con un sistema de apertura.

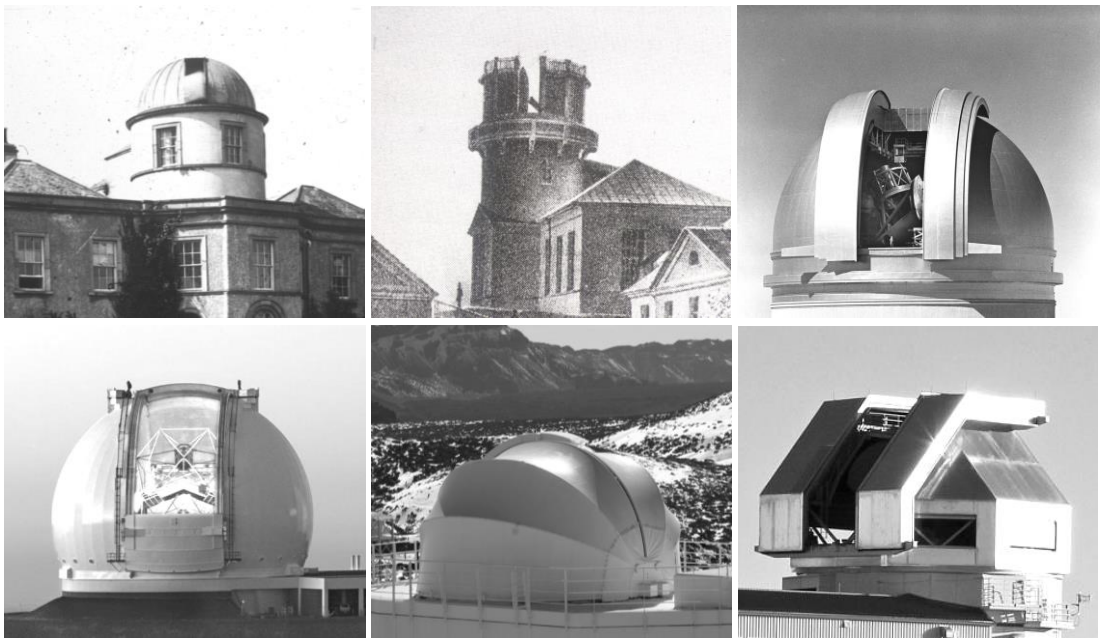
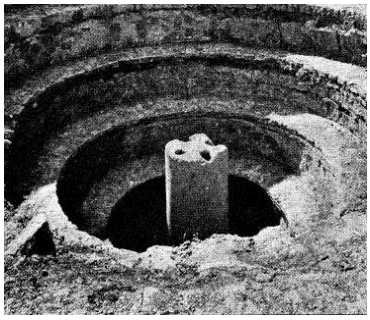


Figura 9.107 – Diversas soluciones de cúpula para observatorios.

Dado que la claridad y exactitud de la investigación astronómica depende, entre otros aspectos, de la constancia de la posición del instrumento usado para la

observación, los equipos portátiles pronto evidenciarían su precariedad a la hora de conseguir resultados fiables. Esa particularidad se solventará con la fijación de determinados instrumentos sobre pilares rígidos. No obstante, a medida que la precisión de los instrumentos aumentaba, cualquier movimiento o vibración comprometía la estabilidad de la observación, y, por ende, sus resultados. Así que, para evitar esa interferencia, se consolida el soporte estructural en el que se monta el telescopio como un elemento independiente, físicamente separado y aislado de la estructura del resto del edificio.



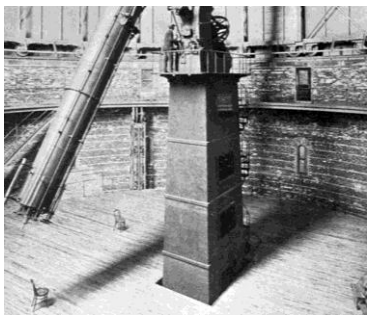




Figura 9.108 – Soporte de piedra de un instrumento de Stjerneborg.

Figura 9.109 – Soporte de metal del refractor principal del Observatorio Yerkes.

Figura 9.110 – Soporte de hormigón armado con espacios habitables del Mount Wilson 100".

Asimismo, la pretensión de una estabilidad térmica que minimice los movimientos o deformaciones provocados las variaciones de temperatura dará lugar a los sistemas de control climático. Si bien estas soluciones aparecerían como elementos poco sofisticados que posibilitaban la ventilación minimizando la incidencia del viento, evolucionarían hasta superficies de doble cara con circulación de aire pasiva e, incluso, a sistemas de huecos para una circulación cruzada asociados a sensores controlados por ordenador.





Figura 9.111 – Sistemas de ventilación controlada del Observatorio de Dunsink.

Figura 9.112 – Sistemas de ventilación controlada de la cúpula del Gran Telescopio Canarias.

Ciertamente, los distintos elementos y soluciones constructivas implementadas en los observatorios astronómicos aparecen derivados de las necesidades astronómicas de cada momento, pero también posibilitadas por la tecnología y las soluciones técnicas vigentes. Por lo tanto, aunque parece complicado anticipar cómo evolucionarán esos sistemas, lo que es seguro es que serán el resultado que la arquitectura pueda ofrecer a las exigencias de la astronomía.

Variaciones en el programa de usos

Los observatorios, como los faros o los molinos, son edificios especializados que constituyen un tipo constructivo que surge de la necesidad de cumplir con una función determinada [NOTA: Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. p. 38]. Aunque su finalidad astronómica principal sea constante en el tiempo, la evolución presentada por los observatorios a lo largo de ocho siglos no sólo ha modificado su ordenación espacial, su ubicación o su definición constructiva, sino que también ha alterado, de manera muy significativa, la relación entre la más estricta función observacional con el resto de usos vinculados con la actividad astronómica o con los usuarios habituales y ocasionales de la institución.

El levantamiento de un edificio que contenga un gran cuadrante o sextante de obra está en origen del observatorio islámico-medieval, por lo que de partida éste contó con una sala de arco graduado. No obstante, en torno al espacio ocupado por dicha función se situaban diferentes habitaciones destinadas al cálculo, al almacenaje de instrumentos portátiles o como biblioteca.

El precedente europeo del observatorio moderno se encuentra en los bancales, tribunas o miradores que aparecen a partir de finales del siglo XV como zonas de trabajo astronómico. Estas superficies abiertas ya se pueden identificar como plataformas de observación que, sucintamente, consisten en espacios abiertos y diáfanos desde donde se cuenta con buenas vistas del cielo y que se usan para el estudio astronómico mediante instrumentos portátiles.

Los primeros observatorios occidentales, los de Tycho, incorporarán ya gran parte de los usos que se consolidaron y mantuvieron en el tiempo a través de observatorios posteriores. En Uraniborg había una biblioteca, una sala de trabajo, una sala de cálculo,

un almacén y plataformas de observación, aunque, en este caso, algunas de ellas cubiertas. No obstante, también apareció por primera vez el uso residencial asociado a un observatorio, al que se mantendría vinculado durante décadas.

La irrupción del telescopio en relación a la astronomía se traduce en la utilización de este instrumento desde construcciones ordinarias, habitaciones comunes y espacios abiertos. El único acercamiento inicial de los observadores con sus telescopios a un uso marcadamente astronómico se remite a las plataformas de observación.

A medida que el observatorio moderno se desarrolla y afianza los usos que contiene, se amplían. Así, a la vivienda del Director u observador principal se suman los cuartos de sus ayudantes o aprendices y, en ocasiones, las dependencias del servicio u otros trabajadores del inmueble. En cuanto a la astronomía, paulatinamente se incorporan los cuartos de preparación de instrumentos y los talleres de reparación. Además, durante un breve período aparecen la cámara de la línea meridiana y el cuarto de estudio cenital. Por otro lado, la sala de arco graduado dejará paso a la sala de tránsito o meridiana, y la plataforma de observación evoluciona en terrazas de observación. El primer salto cualitativo del observatorio moderno en relación a la función astronómica, consistirá en la implementación de sala de observación adaptada a los largos telescopios. Sin embargo, su gran evolución se producirá con la transformación de dicha sala de observación en la sala del telescopio, caracterizada por la instalación fija de un telescopio bajo su correspondiente cúpula móvil.

La especialización y mayor profesionalización de la entidad provocará la incorporación de oficinas y del despacho del Director. No obstante, la creciente relación del observatorio con la docencia devino en la aparición de aulas o salas de conferencias y esta corriente educativa trascendió hasta el ámbito divulgativo para incluir usos como las salas de exposiciones, el teatro científico, el planetario en algún caso e, incluso, la cafetería pública.

En un determinado momento, la heterogeneidad entre el uso residencial y el resto del programa de usos provocará la escisión de un edificio de viviendas independiente que ocupará un lugar anexo al observatorio. Con los años esta construcción residencial pasará a ocupar posiciones más alejadas de la función astronómica.

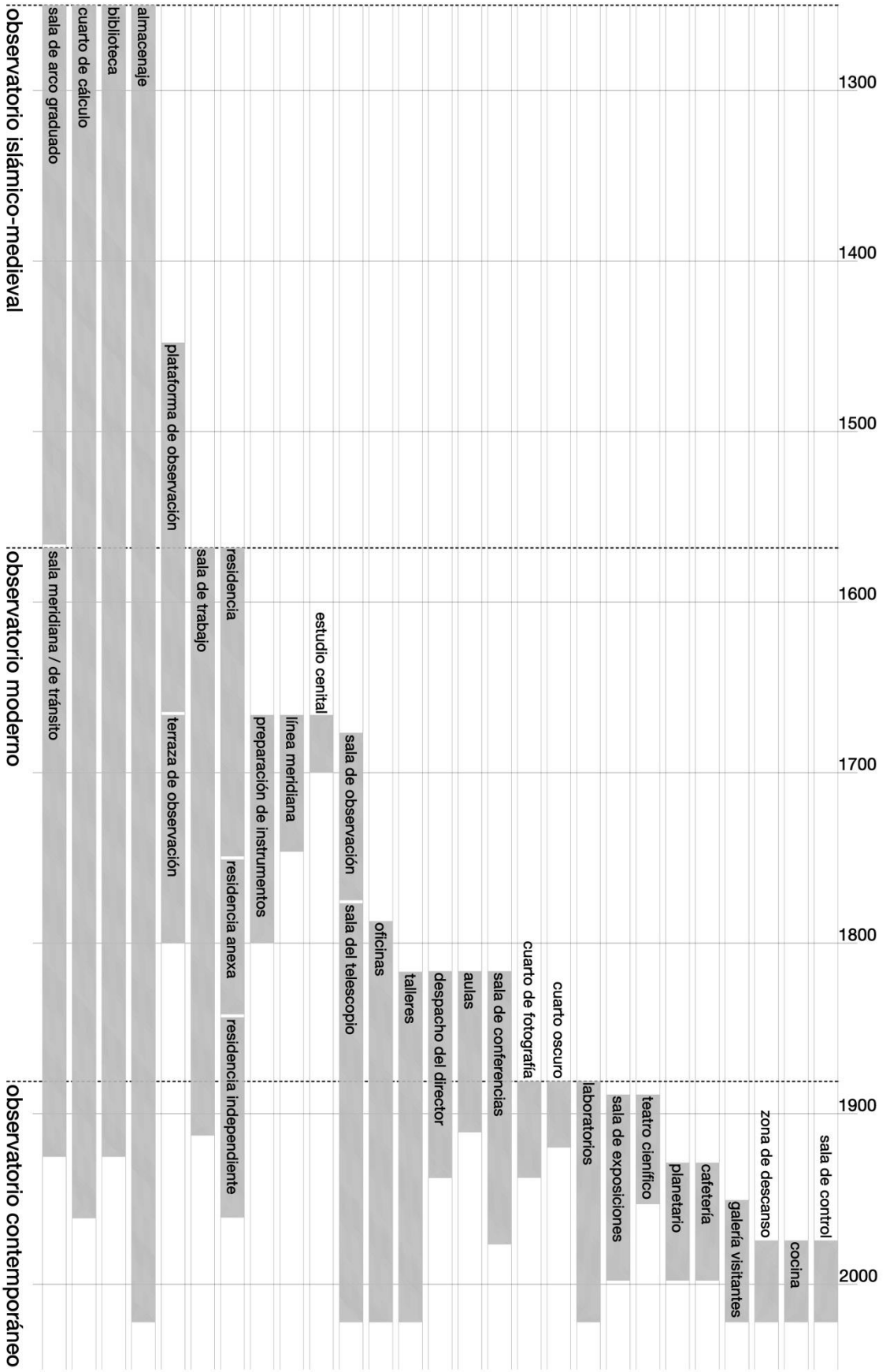
El desplazamiento del observatorio contemporáneo hacia ubicaciones remotas provoca, en principio, la pérdida de su carácter educativo o divulgativo, con lo que las bibliotecas, las salas de exposiciones, las aulas, las salas de conferencias o las cafeterías tienden a desaparecer. Sin embargo, dado el interés de algunos aficionados por la astronomía, algunos de estos usos vuelven a aparecer intermitentemente, del mismo modo que lo hace la galería de visitantes como un espacio desde el que poder ver un telescopio en funcionamiento.

Por otro lado, el desarrollo científico de la astrofísica y la aplicación de la fotografía a la investigación astronómica provocó la adición de nuevas dependencias para dar servicio a estos nuevos usos. De este modo, se incorporan el cuarto oscuro, del cuarto de fotografía y de los laboratorios físicos y ópticos. Ademas, el uso de cada vez mayores reflectores propició adaptación del uso de taller para reparar, aluminizar o lavar los espejos.

Igualmente, la definitiva desvinculación de la vivienda del edificio principal hace necesaria la presencia de una zona de descanso y de una cocina para dar servicio a los trabajadores que pasan largas jornadas de trabajo en el centro.

El progreso informático de las finales del siglo pasado, ha propiciado el último gran avance de los observatorios al permitir el desarrollo de la sala de control como una habitación desde la que se puede registrar y operar todo el equipo tecnológico (desde los instrumentos hasta la cúpula) que participa de la observación astronómica sin tener que estar presente en la sala del telescopio.

Toda la evolución programática expuesta en el apartado está enfocada en los observatorios profesionales, que, como es lógico, son punteros en el desarrollo de los centros astronómicos. Las innovaciones que aparecen en ellos tienden a trasladarse con cierto desfase en los observatorios docentes o públicos. Incluso algunos de los usos que con el tiempo desaparecen en los centros profesionales, como la biblioteca o la cafetería pública, se mantienen y consolidan en otras instituciones más abiertas. Los observatorios domésticos, por su parte, suelen ser bastante más elementales, llegando a prescindir en los casos más simples de todos los usos salvo la sala del telescopio.



Gráfica 9.1 – Distribución de la presencia de los distintos espacios destinados a funciones específicas en los observatorios a lo largo del tiempo y agrupados por periodos.

Pérdida de espacio del usuario

Las modificaciones experimentadas por los observatorios astronómicos a lo largo de los años han tenido como principal finalidad mejorar los resultados científicos fruto de las observaciones. Estos cambios han afectado a los instrumentos equipados en el centro tanto como a la propia arquitectura del edificio, pero también se han manifestado en lo relativo a su programa de usos. Principalmente, la variación funcional se ha producido durante la historia a medida que aparecía nuevas las necesidades astronómicas o cuando el desarrollo técnico ha posibilitado determinados progresos. De este modo, algunas funciones han evolucionado en otras (la sala de observaciones deja paso a la sala del telescopio) a la vez que han ido surgiendo nuevos usos (talleres, laboratorios…). Igualmente, determinadas funciones han quedado desfasadas tendiendo a desaparecer (línea meridiana, preparación de instrumentos…).

No obstante, algunas de las omisiones programáticas reflejadas por los observatorios no son atribuibles a la obsolescencia sino que se deben a la extremada especialización de los centros profesionales. De ahí que, determinadas funciones asociadas con la educación o la divulgación (biblioteca, sala de conferencias…) tiendan a desaparecer de los observatorios profesionales para prevalecer en los docentes o públicos.

A fin de analizar cómo afecta esa especialización a la configuración programática de los observatorios, se establece una clasificación de las diversas actividades a la que se destinan los diferentes espacios de los edificios que albergan los instrumentos.

En este sentido, se consideran espacios de observación a aquellos lugares ocupados por equipo de observación en activo, es decir, que puedan estar en funcionamiento si las condiciones ambientales lo posibilitan.

Por otro lado, se entiende por espacios derivados de la observación a todas las zonas, en las que aún sin producirse la observación, albergan funciones necesarias para el desempeño de la actividad astronómica. Se incluyen en esta categoría salas de trabajo, talleres, almacenes de instrumentos…

Por último, se describen como espacios accesorios todas las dependencias que son prescindibles para la investigación astronómica como salas de conferencias, zonas de descanso, galerías de visitantes o exposiciones…

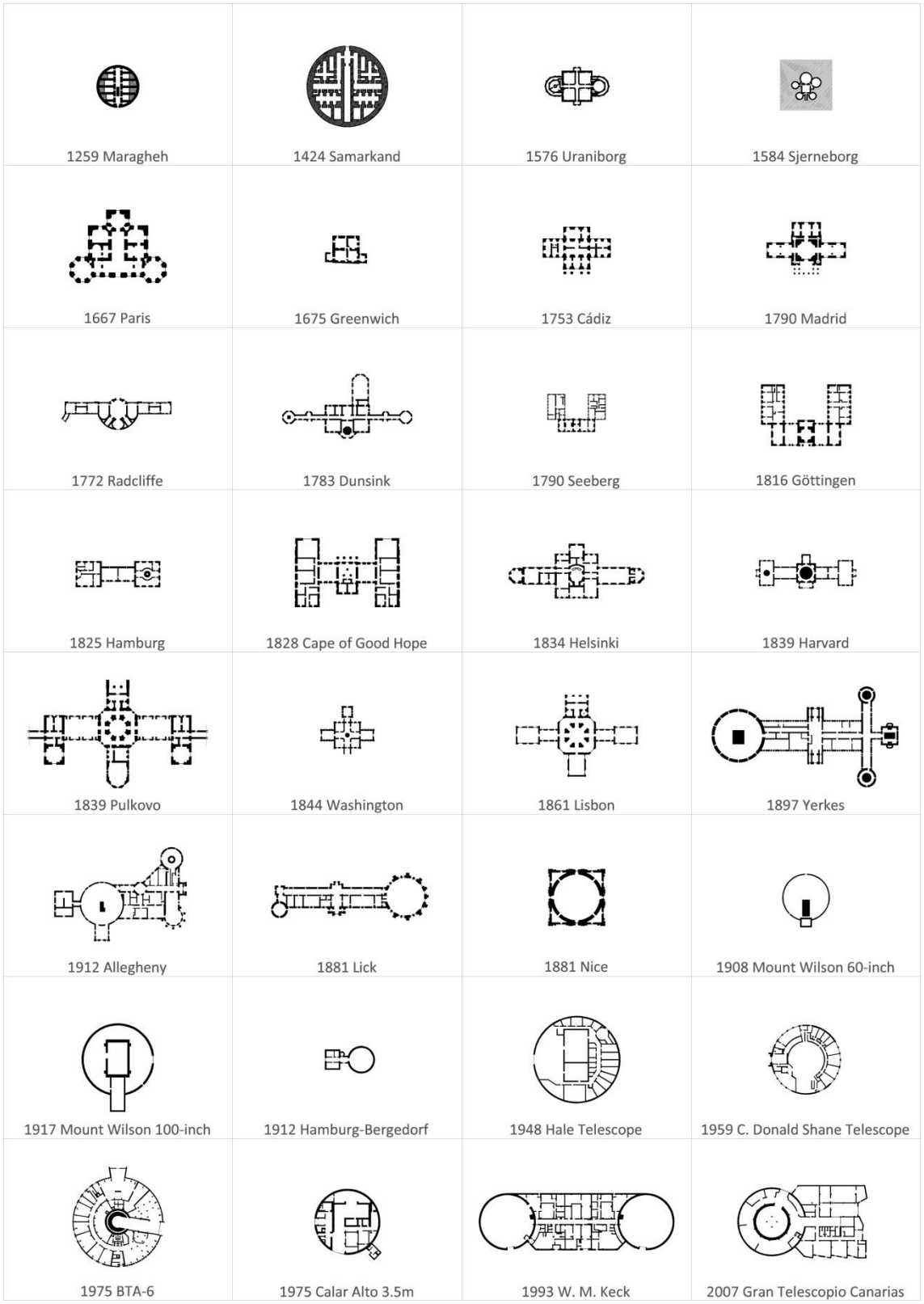


Figura 9.113 – Plantas inferiores o de acceso de los casos de estudio considerados para el análisis de configuración programática-funcional en su evolución desde el observatorio islámico-medieval hasta el contemporáneo actual. Todos ellos se muestran a la misma escala.

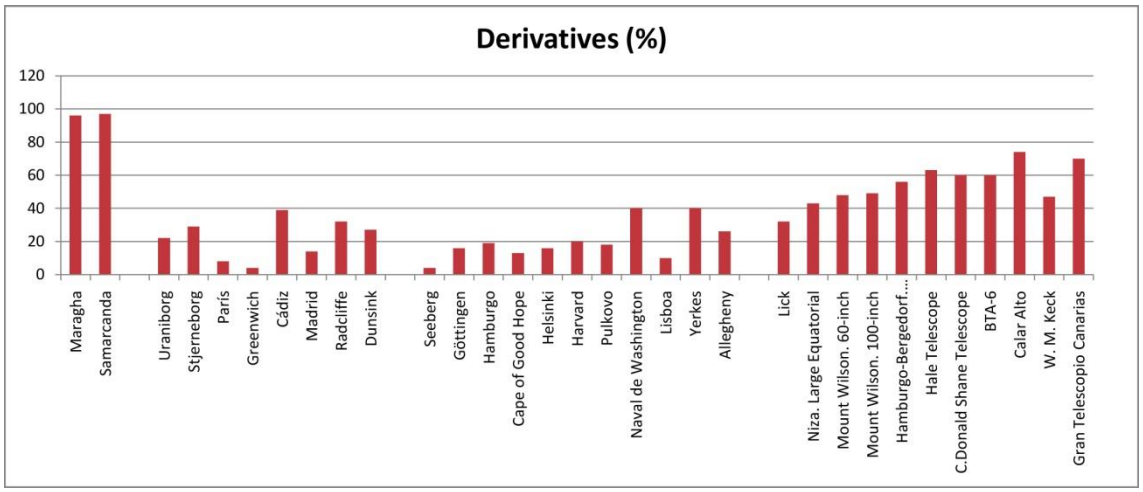
A partir de esta clasificación, se toma para el estudio una muestra representativa (Figura 9.113) de los centros que tuvieron mayor repercusión e influencia en otros observatorios de su tiempo y posteriores, por lo que fueron ampliamente imitados. Se agrupan conforme a los períodos descritos en los apartados anteriores y ordenados cronológicamente. En análisis de su distribución programática se resume en la Tabla 9.2.

Observatory	Area (m)	Observation (%)	Derivatives (%)	Accessories (%)
Maragha	1164	4	96	0
Samarcanda	3082	3	97	0
Uraniborg	1180	9	22	69
Stjerneborg	91	71	29	0
París	3152	48	8	44
Greenwich	501	25	4	71
Cádiz	1364	33	39	28
Madrid	618	27	14	59
Radcliffe	643	36	32	32
Dunsink	802	21	27	52
Seeberg	473	13	4	83
Göttingen	1092	16	16	68
Hamburgo	627	18	19	63
Cape of Good Hope	1355	26	13	61
Helsinki	1097	23	16	61
Harvard	744	29	20	51
Pulkovo	1429	44	18	38
Naval de Washington	367	26	40	34
Lisboa	893	40	10	50
Yerkes	2396	28	40	32
Allegheny	969	44	26	30
Lick	957	43	32	25
Niza. Large Equatorial	1040	43	43	14
Mount Wilson. 60-inch	975	52	48	0
Mount Wilson. 100-inch	2509	51	49	0
Hamburgo-Bergedorf. Large Refractor	562	32	56	12
Hale Telescope	1443	28	63	9
C.Donald Shane Telescope	2108	33	60	7
BTA-6	4480	33	60	7
Calar Alto	3709	18	74	8
W. M. Keck	3873	49	47	4
Gran Telescopio Canarias	3457	24	70	6

Tabla 9.2 – Desglose porcentual de las superficies de los edificios destinadas a los diferentes tipos de espacios en relación a su función. Elaborado a partir del análisis de las plantas de los diversos observatorios en correspondencia con su programa de usos.

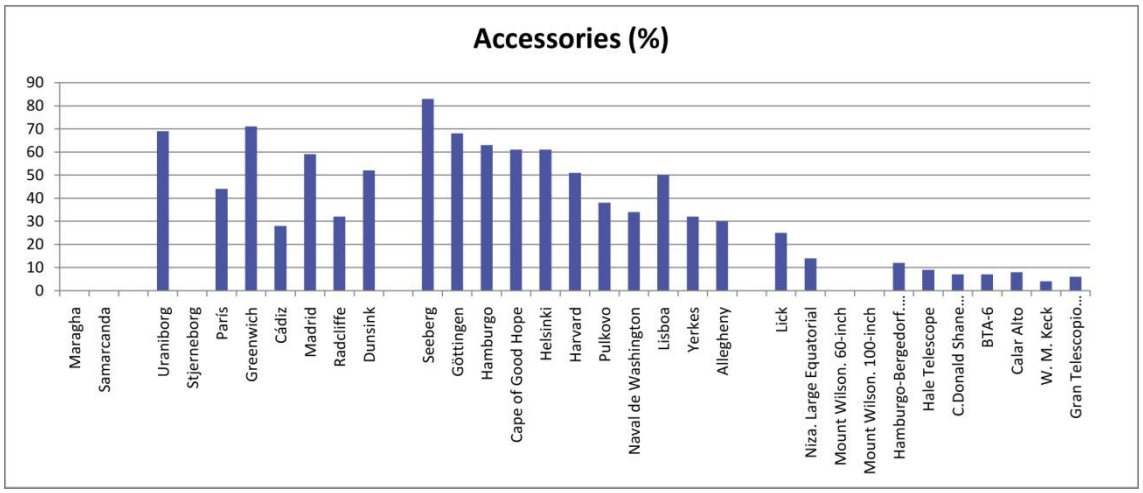
Esta lectura evidencia cómo los aspectos definidos en los diferentes períodos tienen su manifestación correspondiente en esta clasificación. Así, se comprueba la escasa correlación entre el observatorio islámico y el moderno. Además, durante los inicios del observatorio moderno (entre los casos de Uraniborg y Dunsink), hay una fase de gran variabilidad en cuanto la distribución de usos. Sin embargo, desde su consolidación (a

partir de Seeberg) se pone de manifiesto una tendencia en cuanto al desarrollo de su organización que se prolonga hasta el observatorio contemporáneo actual.



Gráfica 9.2 – Representación de los valores porcentuales de las superficies destinadas a espacios derivados de la observación en la muestra de estudio presentada.

Pese a no haber una progresión absolutamente constante, en la Gráfica 9.2, sí es evidente una tendencia de un aumento de lo que se ha denominado espacios derivados. Eso significa una proporción más alta de superficie en la que los astrónomos y tecnólogos pueden desarrollar su trabajo (oficinas, laboratorios, talleres…). Este hecho subraya la creciente importancia de estas funciones al servicio de la astronomía de cara a la consecución de resultados en la investigación.



Gráfica 9.3 – Representación de los valores porcentuales de las superficies destinadas a espacios accesorios en la muestra de estudio presentada.

Por otro lado, como se muestra en la Gráfica 9.3, también se produce una tendencia decreciente de los espacios accesorios. Esto se justifica como una mayor especialización

de estos edificios a medida que suprimen algunas funciones no estrictamente astronómicas (zonas de descanso, cafeterías, salas de exposiciones o visitantes…) o se relegan a construcciones secundarias. Sin embargo, esto también representa una merma en los servicios disponibles para los trabajadores que, en ocasiones, tienen jornadas de trabajo maratonianas sin poder acceder a zonas de descanso.

En los observatorios astronómicos, más allá de elementos externos e incontrolables como el clima, los resultados de la investigación dependen de manera sustancial de los recursos técnicos disponibles, entre los que se encuentran los instrumentos astronómicos, el equipo de laboratorio y los sistemas informáticos con los que procesar la información. Sin embargo, todo esto está condicionado a su vez por el factor humano, ya que son los investigadores los que examinan y trabajan con los resultados obtenidos para elaborar teorías y sacar conclusiones.

La evolución de los observatorios profesionales en las últimas décadas ha tendido a despreciar el lugar de sus usuarios.

En la medida en la que el observatorio moderno desarrolló sistemas y soluciones que facilitasen el desempeño del astrónomo y le proporcionasen confort (resguardo, climatización, silla de observación…), el observatorio contemporáneo ha relegado el bienestar en el espacio de trabajo a una cuestión casi irrelevante al reducir, o suprimir, los usos no estrictamente astronómicos. De un modo semejante, han disminuido o desaparecido las funciones secundarias destinadas a usuarios ajenos al observatorio, visitantes o aficionados, quedando ese programa cada vez más acotado a instituciones públicas o docentes.

Ante esa trayectoria, cabe recordar que un observatorio sin ocupantes deja de ser un observatorio, un edificio, para convertirse en una infraestructura o una instalación.

De la integración urbana a la ocupación de entornos no antropizados

Como queda patente en los anteriores capítulos, la ubicación de un observatorio astronómico es uno de los factores que más condiciona su construcción y limita el resultado de su investigación. Por un lado, las condiciones climático-atmosféricas determinan tanto la disponibilidad de cielos claros y despejados que marcan la

frecuencia de observación activa y la calidad de dichas observaciones, como la estabilidad del aire que minimiza la imprecisión provocada por las vibraciones del viento. Por otro lado, un apropiado contexto ambiental evita la presencia de masas de agua, fuentes de luz, de humo o cualquier otro ingrediente que pueda originar niebla, contaminación lumínica, polución o cualquier otro agente que perjudique a la observación.

Además la propia volumetría del escenario en el que se implanta el observatorio y la de su área circundante afectan directamente a la arquitectura del proyecto. O de forma recíproca, la arquitectura del observatorio condicionará la adecuación de la institución en un determinado medio. En este sentido, cuando la construcción se inserta en un contexto rodeado de obstáculos próximos, los espacios destinados a la observación deben ocupar una posición elevada para evitar trabas en su visión del cielo. Por el contrario, si el observatorio se sitúa en una zona abierta, llana o elevada, en la que ni la vegetación ni la orografía del terreno obstruyen sus vistas, el edificio podrá ser diseñado con menos condicionantes respecto a su altura.

Sin embargo, no todas las variables que interfieren en la ubicación del observatorio se desprenden de sus circunstancias de acceso al cielo ya que otros aspectos como su accesibilidad, su proximidad a los usuarios o su vínculo con otras entidades educativas, mercantiles o militares también condicionarán el destino de su posición. Y aunque no en su origen, con el tiempo, la viabilidad de su dotación de servicios como la electricidad o el agua también jugaría un importante papel en la elección de un lugar para situar el observatorio.

El observatorio islámico-medieval ya se irguió desplazado a una posición elevada en las afueras de la ciudad que asegurase el adecuado funcionamiento de su instrumento de arco graduado tanto como posibilitase el uso en sus inmediaciones de otros útiles astronómicos portátiles. No obstante, no renunció a su carácter urbano llegando a contar en su entorno próximo con otras construcciones cercanas, aunque cuidando de evitar interferencias en las vistas. Más allá de su función astronómica, por su apariencia, el edificio se diluye entre los que lo rodean.



Figura 9.114 – Representación pictórica del Observatorio de Samarcanda por A. Arapov (2004).

Evidentemente, los bancales o tribunas, por su propia naturaleza, necesitan ocupar posiciones que les ofrezcan buenas vistas del cielo y carecen de grandes rasgos distintivos que señalen su función. Sin embargo, las plataformas agregadas a estructuras existentes destacan precisamente por su carácter añadido tanto como por su elevada posición en busca de la mejor visual posible.

Desde su origen, el observatorio moderno se aleja del centro de la ciudad hacia posiciones perimetrales para conseguir un acceso favorable al cielo y evitar humos, y más tarde luces o vibraciones, propias de la población. Sin embargo, inicialmente no renuncia a su condición urbana, optando por una apariencia propia de su contexto y manteniendo la proximidad con sus usuarios de la urbe. De este modo, los académicos de París, los marinos de Cádiz o los docentes del Radcliffe, entre otros, podían acceder fácilmente al observatorio.

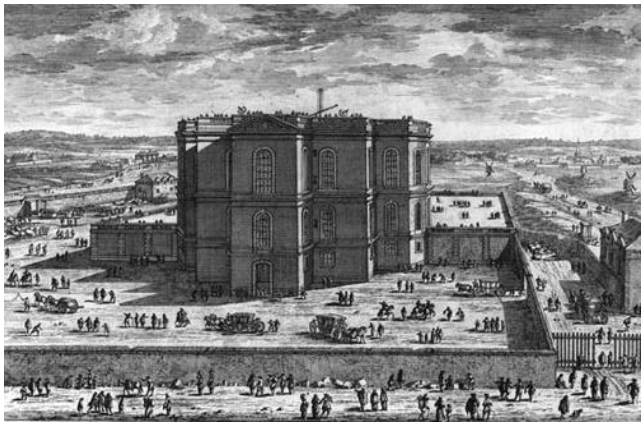


Figura 9.115 – Grabado del Observatorio de París.

El progresivo desarrollo de los instrumentos impulsará a los observatorios hacia posiciones más propicias para la función astronómica, por lo que paulatinamente se irá

produciendo un alejamiento de estas instituciones de las ciudades aunque sigan manteniendo un vínculo con poblaciones cercanas que les presten servicio.

La vocación simbólica del observatorio moderno se mantendrá aunque se aleje de la urbe, de manera que el cuidado por su diseño, los detalles y, en general, la estética de los proyectos permanecerá constante. Esto, unido a la búsqueda de posiciones elevadas y con buenas vistas redundará en la adquisición de un carácter representativo y hasta icónico del centro astronómico. Ese hecho se verá reforzado por la inversión de diferentes benefactores para financiar la construcción de importantes observatorios, ligando su nombre eternamente a esa institución.



Figura 9.116 – Observatorio Griffith (circa 1940).

El definitivo distanciamiento del observatorio contemporáneo de lo urbano en busca de las mejores condiciones astronómicas posibles, ocasionará el traslado de los principales proyectos a espacios remotos. Este alejamiento de la ciudad, de las fábricas, de las principales carreteras o vías de tren, y en general de toda contaminación humana, con predilección por posiciones en altura, empujó los observatorios hacia los entornos más aislados. Sin embargo, esa naturaleza no domesticada unida a esa pretendida lejanía implicaban determinadas dificultades tanto para la construcción de los edificios como para el funcionamiento y mantenimiento de los mismos y del personal del centro. Las posiciones que cumplían los requisitos de la nueva astronomía, además de situarse a grandes distancias de los orígenes de cualquier suministro carecían de un camino apropiado para grandes transportes, lo que comprometía la viabilidad la instalación. Además, la ausencia de redes de agua y electricidad generaban un problema más para subsanar.

Sin embargo, todos estos obstáculos y complicaciones no frenaron el impulso científico que subyacía tras esta corriente. El desplazamiento de los observatorios profesionales hacia entornos no antropizados no se detendría.

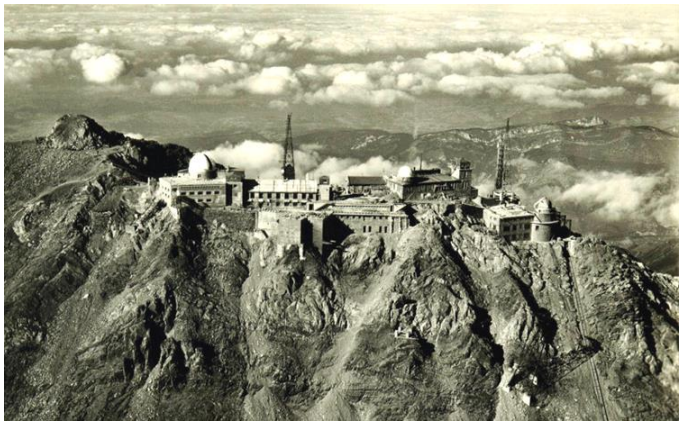


Figura 9.117 – Observatorio Pic du Midi hacia 1960.

Por una cuestión de practicidad, con el paso del tiempo, aunque los observatorios mantuvieron su predilección por espacios alejados de toda interferencia humana, la necesidad de un acceso a las redes de servicios dio lugar a una solución de compromiso. Los grandes parques naturales y espacios protegidos mantienen unos exigentes criterios de protección ambiental mientras que suelen contar con ciertos equipamientos turísticos, científicos o de control que tienen acceso a esos servicios (luz y agua). La implantación de nuevos observatorios en esos espacios protegidos satisface todas las necesidades técnicas y ambientales de dichos complejos.



Figura 9.118 – Observatorio Roque de los Muchachos.

A partir de la preferencia del observatorio contemporáneo por esos espacios naturales, surgen también los parques astronómicos como entornos alejados de la ciudad y con escaso rastro de actividad humana donde se instalan varios centros astronómicos cercanos para aprovechar una misma conducción de servicios.

La pérdida de interés del observatorio contemporáneo por el edificio en el que se monta el equipo astronómico contrasta con las altas exigencias y, sobre todo, el bajo impacto paisajístico demandado para otras posibles edificaciones a instalar en esos parques y espacios protegidos.

El vínculo de los observatorios astronómicos con el lugar en el que se implantan es tan determinante que no sólo ha marcado el éxito o declive científico de algunos centros, sino que ha condicionado la evolución de su tipología, de sus principales características arquitectónicas y de sus soluciones técnicas hasta el punto de que un observatorio puede dejar de responder a su función, y, por tanto, dejar de ser un observatorio si se descontextualiza. Es decir, su ubicación es, como el telescopio o la arquitectura que lo compone, parte intrínseca del observatorio.

Una arquitectura incierta

En su evolución a lo largo de la historia, la arquitectura de los observatorios astronómicos ha estado sometida a un proceso de constantes cambios que, recurrentemente, aspiraba a alcanzar unos objetivos marcados por los particulares requisitos de la astronomía en cada momento, que han variado de forma importante a medida que se producían nuevos hallazgos en la materia y se conseguían avances en la ciencia, tanto como en la medida en la que el progreso técnico-tecnológico daba lugar a nuevos instrumentos o aplicaciones de trabajo.

Todo eso se tradujo en un desarrollo no lineal, vacilante e inconstante que estaba basado en pruebas, costosos errores y réplicas de soluciones, más o menos, exitosas.

Esta persistente lucha para conseguir un equilibrio entre arquitectura y astronomía que resulte en un edificio perfectamente amoldado a las necesidades operativas de la ciencia, se pervierte en el punto en que ciertas funciones precisas para el observatorio o

propias de sus usuarios entran en conflicto, o contravienen de algún modo, con la actividad científica.

En este sentido, todo el análisis presentado en este capítulo ha expuesto los principales aspectos que establecen la configuración del observatorio astronómico como arquitectura, como edificio, en su desarrollo temporal.

De esta forma, asumiendo la impredecibilidad de la evolución de la ciencia, en la que un nuevo descubrimiento puede modificar el paradigma astrofísico establecido, o de la tecnología, se posibilita que los futuros responsables de proyectos de centros astronómicos, de cualquier índole, dispongan de un trasfondo documental con el que afrontar la incertidumbre característica de los observatorios como punto de partida para su diseño.

Conclusiones

A través de un ejercicio de investigación, estudio y análisis crítico, esta tesis ha desarrollado un relato a través del que profundizar en los diferentes aspectos y variables que han participado de la evolución histórica de los observatorios astronómicos desde los más antiguos, elementales y rudimentarios precedentes hasta los proyectos más recientes, muy especializados y tecnológicamente desarrollados; pasando incluso por algunas variantes no consolidas, excepciones o casos singulares. Todo esto ha quedado expuesto a lo largo de los capítulos anteriores partiendo siempre desde el punto de vista de la Arquitectura. De este modo, a lo largo de las anteriores páginas se ha indagado y discutido hasta dar alcanzar los objetivos presentados al inicio del trabajo.

Más allá de las estructuras arqueoastronómicas, de los proto-observatorios y de los puestos de observación que aparecen en la parte inicial del trabajo, la tesis toma una muestra de cincuenta casos de estudio. Siendo casi todos ellos profesionales, representan aproximadamente un 5% del total de los observatorios profesionales que existen o alguna vez han existido. Dado que la selección no es arbitraria sino que por el contrario intencionadamente distingue varios de los centros astronómicos que han tenido mayor repercusión e influencia de su tiempo, se puede deducir su justificada representatividad.

La ordenación cronológica de los observatorios organizados en tres períodos (islámico-medieval, moderno y contemporáneo) pretende facilitar el entendimiento de su desarrollo temporal al agruparlos acorde a rasgos fundamentales y acotarlos según trascendentes puntos de inflexión. Sin embargo, las importantes diferencias en tamaño, forma, configuración espacial, instrumentos astronómicos, situación, etcétera, producen una amplia variedad de proyectos en los que es difícil encontrar una continuidad si los abstraemos de su contexto.

Parece pertinente plantearse entonces qué es o qué características presenta un observatorio astronómico a través del prisma de la arquitectura; es decir, cuál es su naturaleza.

En función de todo lo planteado en este trabajo se puede afirmar que, en esencia, un observatorio astronómico es un edificio espacial y constructivamente especializado para la investigación astronómica, que constituye su principal fin. A partir de esta premisa,

su nivel de especialización arquitectónica para dicha ciencia permitirá clasificaciones más específicas y concretas tanto como su grado de profesionalización o su configuración espacial.

Partiendo de la definición de Francis Ching de su *Diccionario Visual de Arquitectura*, se entiende por edificio una construcción permanente para ser habitada [NOTA: Ching, F. K. (1997): *Diccionario Visual de Arquitectura*, p. 94], es decir, para ser ocupada y usada por personas. Luego un observatorio desprovisto de su habitabilidad podrá ser una instalación o una infraestructura, pero no un edificio, por lo que dejará de ser un observatorio.

En lo relativo a la especialización, del mismo modo que la atención a un enfermo en casa no la convierte en un hospital, o que el juego con la pelota de un niño en su habitación no la transforma en un campo de fútbol, por mucho tiempo que un aficionado dedique a la astronomía o por el mero hecho de que instale un telescopio junto a la ventana de su salón, su vivienda no será un observatorio. Es decir, no todo espacio destinado a la astronomía deviene en observatorio. Siguiendo el precepto de Henry Wotton que sentencia que "en la arquitectura, el fin debe dirigir el funcionamiento" [NOTA: Wotton, H. (1624): *The elements of architecture*, p. A1], la configuración arquitectónica del observatorio debe sustentar y favorecer la astronomía. Si la definición espacial y la solución constructiva del edificio no están orientadas hacia la función astronómica, podrá ser un proto-observatorio o un puesto de observación, pero no se podrá reconocer como observatorio astronómico.

En cuanto a la investigación astronómica como finalidad, todo observatorio debe tener por objetivo, por función principal, la astronomía. De lo contrario, si dicha actividad desaparece o es reemplazada por otra, perderá su condición de observatorio. Sin observación astronómica no es posible un observatorio. No obstante, la actividad astronómica no se limita estrictamente a la observación con instrumentos, sino que abarca un campo de usos más amplio.

Así como, las Universidades cuentan con aulas para la docencia, o laboratorios y salas para la investigación, también necesitan de algunos espacios propios de programas secundarios de la función matriz como una biblioteca, salas de reuniones despachos, o un salón de actos; y otros espacios de usos accesorios que dan servicio a los usuarios permanentes u ocasionales del edificio y hacen posible el desempeño de su actividad en

unas condiciones favorables y confortables de utilización, como una copistería, un comedor o cafetería, aseos, cuartos de limpieza, aparcamientos, almacenes, etcétera. De forma análoga, el observatorio astronómico tiene en la observación su función medular, que es secundada necesariamente por salas de control, despachos, laboratorios u otros programas en función del período en que se sitúe; y que puede quedar complementada por salas de descanso, talleres, bibliotecas, salas de conferencias, etcétera.

Una construcción que no es habitable ni siquiera será un edificio, así que no constituirá un observatorio. Tampoco lo serán un edificio no especializado, uno improvisadamente adaptado o un espacio abierto aunque reciban una función astronómica. Además, el hecho de que un centro cese en su actividad astronómica hace que pierda su condición de observatorio. En definitiva, los atributos que definen un observatorio astronómico son:

- su condición de edificio, y como tal, habitable;
- que su función principal sea la astronómica; y
- que su arquitectura (espacio y construcción) estén caracterizadas para los distintos usos de la astronomía.

A partir de estas características, se han presentado diferentes criterios que justifican distintas clasificaciones. En base a su nivel de evolución se han dividido en los períodos de observatorio islámico-medieval, del observatorio moderno y del observatorio contemporáneo. Igualmente, por su vocación podrá distinguirse entre observatorio profesional, docente, público, privado y doméstico. Y si se consideran aspectos formales y funcionales, los observatorios se pueden agrupar en tipos arquitectónicos: *de arco*, *plataforma*, *palaciego*, *de sala de observación*, *de torre*, *de cúpula integrada*, *de cúpula sobredimensionada*, *disgregado*, *compacto en cúpula* y *de cúpula con anexo*.

En todo caso, cualquiera de las anteriores clasificaciones representa tan sólo un sistema para facilitar la comprensión de los procesos que determinan la evolución de los observatorios y para servir de ayuda, en la configuración y el diseño, a los responsables de proyectos futuros.

La relación entre arquitectura y astronomía ha sido cambiante a lo largo de los siglos. En sus orígenes la observación científica necesitaba de un edificio en el que

instalar sus equipos para mejorar su estabilidad y minimizar el perjuicio de las condiciones climáticas sobre el observador o su instrumento a la par que incorporaba espacios para dar cabida a otros usos relacionados con la observación. Sin embargo, esta dependencia fue evolucionando a medida que la astronomía se desarrollaba e iba requiriendo unas nuevas condiciones de operación a las que la arquitectura se adecuara. Así, la relación simbiótica, en la que la investigación salía reforzada por la comunión de astronomía y arquitectura, se terminó pasando, en muchos observatorios profesionales, a una relación de sometimiento, en la que todo el programa de usos y la configuración constructiva-espacial del observatorio quedan supeditados a las necesidades del instrumento principal.

Sin embargo, a lo largo de la tesis se han presentado numerosos casos de estudio que evidencian que los mayores y más importantes avances en cuanto al diseño de observatorios se han producido a raíz de la colaboración entre el arquitecto responsable del proyecto edificatorio y el astrónomo al frente del programa investigador. Es decir, cuando el observatorio se ha entendido como el resultado de una relación equilibrada entre astronomía y arquitectura.

Desde su génesis, el observatorio ha reflejado una constante adaptación arquitectónica del edificio a las necesidades de la astronomía. Así, se han atendido a aspectos como la estabilidad estructural, la estabilidad térmica, la orientación de la construcción, la configuración específica de huecos, la adecuación a los diferentes instrumentos astronómicos, la generación de espacios de servicio y confort para los usuarios del observatorio, la incorporación de nuevas funciones derivadas de los avances de la ciencia, el cambio de escala acorde al crecimiento de los instrumentos, la adaptación a entornos geográficos no urbanos o la conciliación con las nuevas tecnologías.

Evidentemente, los observatorios actuales, de principios del siglo XXI, han variado mucho respecto de sus antecesores modernos o islámico-medievales, pero tampoco son iguales a los contemporáneos de principios o mediados del siglo pasado puesto que los avances de la ciencia y la técnica producen un desarrollo que se refleja continuamente en los nuevos proyectos. De cualquier modo, esta evolución no se está produciendo de una manera intencionada o planificada sino que los cambios se suceden de una forma orgánica y casi improvisada. Esto, que no es un problema en sí mismo, sí que denota

una falta de entendimiento profundo en lo relativo a los observatorios, donde la investigación astronómica y la actividad humana coexisten y se relacionan a través de la arquitectura. Sin embargo, con cierta ausencia de crítica y reflexión, cuando alguna de los diferentes usos del observatorio, en especial en los profesionales, entra en conflicto con la función principal, la solución habitual suele consistir en la supresión o expulsión de la actividad que interfiere con la observación.

En este punto, resulta complicado responder de forma clara e inequívoca hacia dónde evolucionan los observatorios, ya que no parece existir una hoja de ruta que, sometida a unos avances tecnológicos difícilmente previsibles, apunte hacia una dirección clara.

De cualquier modo, de lo aclarado en esta investigación es posible anticipar dos potenciales evoluciones antitéticas para el observatorio profesional: o bien se continúa con la disociación de instrumentos astronómicos en relación al resto de usos asociados a la investigación, o bien se retoma la integración de un programa de usos heterogéneos en una misma edificación donde las necesidades de sus usuarios puedan compatibilizarse con la actividad astronómica.

La primera de estas posibilidades pasaría por una escisión de lo que hoy se conoce como observatorio. Así, por un lado prevalecería un edificio en el que se situasen todos los espacios y dependencias necesarias para que el personal desarrollase su investigación (laboratorios, oficinas…) e incluso todo el programa que pudiese redundar en unas mejores condiciones de confort para los trabajadores (cafetería-comedor, áreas de descanso…). Además, este inmueble también debería albergar todo tipo de estancias técnicas (salas de control, talleres…) o accesorias (instalaciones, almacenes…) que diesen servicio a la función astronómica. Por otro lado, se establecería una segunda construcción, separada e independiente, que abandonase su condición de edificio habitable para convertirse en una infraestructura o instalación de gran magnitud completamente desvinculada de la interacción humana (como podría ser un aerogenerador o una torre eléctrica).

La segunda posibilidad implicaría unificar en un mismo edificio las funciones estrictamente intrínsecas a la investigación astronómica con el resto de usos y servicios asociados a los trabajadores del centro o incluso a cualquier otro visitante contemplado. Para ello, se requeriría considerar minuciosamente y subsanar las posibles interferencias

e incompatibilidades entre los diferentes usos. De este modo, resultaría una única construcción con un encaje programático más complejo.

Cuando la hipótesis de partida contemplase un nuevo proyecto para un observatorio en una zona donde se concentrasen otros centros de investigación sería razonable optar por una estructura para el nuevo telescopio que quedase separada de una sede para trabajadores y otros usuarios que incluso podría compartirse con otras instalaciones vecinas. Sin embargo, decantarse por un edificio unitario sería adecuado si el nuevo observatorio considera aspectos más allá de la pura investigación (como docencia, divulgación…) o si el proyecto fuese a implantarse en un lugar remoto y aislado, por el ahorro de recursos y la optimización de los suministros en contraste con dos intervenciones separadas.

Por todo ello, parece razonable que esas dos posibles evoluciones antagónicas pudiesen coexistir en un futuro próximo donde podrían representar las soluciones más apropiadas frente a diferentes escenarios de nuevos observatorios profesionales.

El papel que históricamente ha recaído sobre los observatorios profesionales como pioneros en el diseño arquitectónico y las innovaciones técnicas, ha marcado, en líneas generales, la tendencia para proyectos menos profesionalizados. Sin embargo, aunque no es descartable, parece poco probable que la división del observatorio en un edificio técnico más una infraestructura del telescopio se consolide para observatorios no profesionales, en los que la importancia del resto de funciones apunta hacia la unidad de la edificación.

Después de lo visto a lo largo de este trabajo, parece evidente que todo observatorio que se precie debe conceder la prioridad de su diseño a la actividad astronómica. Sin embargo, el problema surge cuando la astronomía pasa de ser lo primero a ser lo único, marginando absolutamente otras funciones necesarias como las áreas de trabajo, o incluso los servicios asociados a éstas, como las zonas de estar, el almacenaje o los cuartos de aseo; todo esto sin olvidar otros usos secundarios, en este caso sí prescindibles, como bibliotecas, salas de recepción o conferencias, aulas, etcétera.

Es decir, que independientemente de si la finalidad principal del observatorio está enfocada hacia la investigación, la formación o la divulgación, no se debe despreciar el papel que ocupan sus usuarios, ya sean estos trabajadores o estudiantes habituales,

astrónomos o técnicos en una estancia ocasional, aficionados o visitantes que acuden de manera puntual.

Más allá de las leyes que rigen el orden del Universo, la astronomía sólo existe en la medida en que la humanidad toma conciencia de su existencia. De igual modo, el observatorio mejor equipado no puede desarrollar su investigación astronómica sin un personal que la lleve a cabo. Por consiguiente, tan importante son los usuarios de un observatorio como los instrumentos que forman parte de él.

Entendiendo que la raíz primigenia y más sustancial del observatorio, se remonta hasta las primeras construcciones llevadas a cabo por los hombres en relación al estudio de los cielos y sus astros, no se puede hablar de observatorios de pleno derecho hasta que se alude a una edificación vinculada a la función astronómica. Esto implica que, más allá de construcciones elementales que son más asimilables a proto-observatorios y de supuestos centros de los que no quede ninguna evidencia constatable, los observatorios más antiguos son los islámico-medievales. En este caso, edificio e instrumento astronómico constituyen una unidad indisoluble, siendo un todo que carecería de sentido por separado.

Esta codependencia se mantiene en los orígenes del observatorio moderno cuando se entendía que la astronomía era una ciencia costosa puesto que además de necesitar de unos determinados instrumentos requería de un edificio (o al menos de algún tipo de estructura) para dar servicio a la función astronómica y a sus astrónomos.

No obstante, en la actualidad el edificio en sí tiene un coste infinitamente inferior al del telescopio que cobija. Esta transposición del valor económico, justifica una inversión de jerarquías lógica por la que el reflector es más importante que el propio edificio que lo alberga. Pero, siendo esto comprensible, la tendencia se ha extremado tanto que la construcción que precisa el telescopio ha quedado relegada a un papel residual, casi a un mal necesario. De esta forma, se arguye la nula importancia que se le presta a la arquitectura de los observatorios y, con ello, a sus usuarios y entorno.

El desarrollo acontecido hasta el presente no ha mejorado, en general, esta tendencia de indolencia arquitectónica, sino que se ha acentuado. La respuesta proyectual ante los observatorios se ha simplificado hasta la más elemental resolución de problemas (cuánta superficie, qué compartimentación o cuánto aislamiento) como si

se tratase de ejercicios matemáticos básicos, olvidando que la arquitectura, en su más amplia y profunda concepción, es difícilmente cuantificable, por lo que además de contestar a qué o a cuánto, tiene que dar respuesta a cómo, a dónde y a para qué; y, sobre todo, preguntarse por qué.

En las últimas décadas, la astronomía está acaparando todos los esfuerzos que subyacen tras el proyecto de un observatorio con un monólogo que está quebrando el espacio de coexistencia, entre la observación (como núcleo de la investigación astronómica) y otros usos, que está presente en el germen del observatorio astronómico.

El observatorio surge del equilibrio entre astronomía y arquitectura, sin embargo, su evolución lo ha aproximado hacia la ciencia obviando que la investigación astronómica tiene lugar en un producto de la arquitectura: el edificio. Es pertinente recordar en este punto los principios arquitectónicos de Vitruvio: "*firmitas*, *utilitas*, *venustas*" [NOTA: Vitruvio, M. (1787): Los diez libros de la arquitectura. Madrid. p.14]. Estabilidad, utilidad, belleza. *Ergo* la arquitectura no debe ser únicamente una respuesta a la funcionalidad exigida por la astronomía.

De tanto buscar en el cielo, el observatorio astronómico ha perdido de vista el entorno que lo rodea, el edificio que lo conforma y los usuarios que le dan vida o lo hacen funcionar.

Es momento de recuperar el diálogo entre Astronomía y Arquitectura.

Bibliografía

- AA. VV. (1859): *Anuario del Real Observatorio de Madrid*. Imprenta Nacional. Madrid.
- AA. VV. (2005): *Grundsätze über die Anlage neuer Sternwarten unter Beziehung auf die Sternwarte der Universität Göttingen*. Universitätsverlag Göttingen.
- AA. VV. (2009): *Astronomical Observatories. From Classical to Modern Astrophysics*. ICOMOS-IAU. Berlín.
- AA. VV. (2010): *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. Thematic Study n.1. ICOMOS-IAU. París.
- AA. VV. (2013): *Oxford figures, Eight Centuries of the Mathematical Sciences*. Oxford University Press. Oxford.
- AA. VV. (2014): *Allegheny Observatory. Historic Structure Report*. University of Pittsburgh.
- AA. VV. (2017): *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. Thematic Study n.2. ICOMOS-IAU. París.
- Abalakin, V. K., Karpeev, E. P., Polozhentsev, D. D. "Основание и деятельность Главной астрономической обсерватории России". Extraído de http://www.gaoran.ru/russian/history/2_obs.html
- Adams, W. S. (1954): "The Founding of The Mount Wilson Observatory", *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. vol.66. n.393. pp.267-303.
- Aguilar Piñal, F. (1980): "Los Reales Seminarios de Nobles en la Política Ilustrada española". *Cuadernos Hispanoamericanos.* n.355. pp.329-349.
- Airy, W. (1874): "The Orwell Park Observatory", *Engineering.* 10-02. pp.257-259.
- Anderson, S. R.; Engels, D. (2004): "A short history of Hamburg Observatory". *Journal of the British Astronomical Association.* vol.114. no. 2. pp.78-87.
- Anon. (1872): "The Allegheny Observatory". *Scientific American*. January. pp.35-36.
- Anon. (1899): "The Allegheny Observatory". *Scientific American*. September. p.147.
- Anon. (1912): "The New Allegheny Observatory". *Science, New Series.* vol.36. n.924. p.341.
- Anon. (1920): "The Allegheny Observatory". *Science, New Series.* vol.51, n.1323. pp.458-459.
- Anon. (1938): "Die Wetterwarte auf der Sphinx am Jungfraujoch". *Schweizerische Bauzeitung*. vol.111-112. pp.287-291.
- Anon. (1951): "The Story of Mount Wilson". *Frontiers in Space*. California Institute of Technology. California. pp.13-14.

- Anon. (2009): "A telescope made in Spain". *Press Dossier Inauguration Gran Telescopio Canarias*. Instituto de Astrofísica de Canarias.
- Ansari, R. (2004): "Astronomical Archives in India". *Journal of Astronomical Data.* vol.10/7. pp.3-12.
- Argan, G. C (1973): *El concepto del espacio arquitectónico desde el Barroco a nuestros días*. Nueva visión. Buenos Aires.
- Aveni, Anthony F. (1982): *Archaeoastronomy in the New World*. Cambridge University Press.
- Bailey, S. I. (1931): *The history and work of Harvard observatory, 1839 to 1927; an outline of the origin, development, and researches of the Astronomical observatory of Harvard College together with brief biographies of its leading members*. McGraw-Hill. Nueva York.
- Ball, R.S. (1985): *Great Astronomers*. Londres.
- Balsiger, H.; Flückiger, E. (2016): "The High Altitude Research Station Jungfraujoch - the early years". F*rom weather observations to atmospheric and climate sciences in Switzerland*. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. pp. 351-360.
- Barcons, X (2007): "Astronomy in Spain". *The Messenger*. n.127. Germany. pp.4-10.
- Barrado, D. et al. (2010): "The Calar Alto Observatory: current status and future instrumentation". *Highlights of Spanish Astrophysics VI, Proceedings of the IX Scientific Meeting of the Spanish Astronomical Society*. Madrid, España. pp.637-646.
- Baustian, W. W. (1950): "The Present Status of the 120-Inch Reflector for the Lick Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. vol.62. n.365. pp.87-90.
- Baustian, W. W. (1952): "Completion of Dome for Lick 120-Inch Reflector". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. vol.67. n.378. pp.122-127.
- Baustian, W. W. (1961): "The Lick Observatory 120-Inch Telescope". *Telescopes, Stars and Stellar Systems*. University of Chicago Press. Chicago. pp.16-24.
- Bhathal, R. (2011): "Some scientific aspects of Parramatta Observatory". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*. vol.145. pp.111-127.
- Barter, J. (2005): *Telescopes*. Thompson Gale. Detroit.
- Beardsley, W. (1981): "The Allegheny Observatory during the era of the Telescope Association. 1859-1867". *The Western Pennsylvania Historical Magazine.* vol.64. n.3. pp.213-236.
- Bigg, C.; Vanhoutte, K. (2017): "Spectacular astronomy". *Early Popular Visual Culture*. n.15:2. pp.115-124.
- Boland, W.; Habing H. (2013): "Astronomy in the Netherlands". *Organization, People and Strategies in Astronomy 2*. Vengeist. pp.145-174.
- Boloix Carlos-Roca, R. C. (2002): "El Real Instituto y Observatorio de la Armada". *Arbor*. n.CLXXIII. Madrid.

- Boloix Carlos-Roca, R. C. (2004): "250 del Real Instituto y Observatorio de la Armada". *Anuario Astronómico del Observatorio de Madrid.* Ministerio de Defensa. Madrid.
- Bourgeois, N. (2017): "Category of Astronomical Heritage: tangible immovable. Pic du Midi de Bigorre Observatory, France". *Portal to Heritage of Astronomy* de la página web official de la UNESCO: https://www3.astronomicalheritage.net/index.php
- Brahe, Tycho (1602): *Astronomiae Instauratae Mechanica*
- Bunting, B. (1998): *Harvard: An Architectural History*. Harvard University Press. Massachusetts, Estados Unidos.
- Butowsky, H. (1989): *Astronomy and Astrophysics. A national historic landmark theme study.* National Park Service. Washington
- Caramuel de Lobkowitz, J. (1678): *Architectura civil recta y obliqua*. Vigevano.
- Castro-Tirado, A. J. (2010): "Robotic Autonomous Observatories: A Historical Perspective". *Advances in Astronomy*. vol.2010. article ID 570489. pp.1-8.
- Chadburn, A. (2010): "Stonehenge World Heritage Site, United Kingdom". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*, p. 36
- Chappell, J.F.; Baustian, W.W. (1955): *120-Inch Album*. Sky Publishing Corporation. Massachusetts
- Chapman, A. (2013): "The first professors", *Oxford figures, Eight Centuries of the Mathematical Sciences*. Oxford University Press. Oxford. pp.93-115.
- Chapman, A. (2013): "Thomas Hornsby and the Radcliffe Observatory", *Oxford figures, Eight Centuries of the Mathematical Sciences*. Oxford University Press. Oxford. pp.202-220.
- Chapman, S. (1914): "The history and description of the Cape Observatory". *The Observatory*. vol.37. pp. 92-98.
- Charlier, B.; Bourgeois, N. (2013): *Pic du Midi. International Dark-Sky Reserve.*
- Ching, F. K. (1997): *Diccionario visual de arquitectura*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona.
- Chinnici, I. (2018): "Practicing Science and Faith: A Short History of the Vatican Observatory". The Vatican Observatory, Castel Gandolfo: 80th Anniversary Celebration. Springer. Suiza.
- Colbert, Jean Baptiste. (1870): *Lettres, instructions et mémories*. París.
- Collison, F. M.; Poe, K. (2013): "Astronomical Tourism: The Astronomy and Dark Sky Program at Bryce Canyon National Park". *Tourism Management Perspectives*. n.7, pp.1-15.
- Courtright, N. (2013): *The Papacy and the art of reform in sixteenth century. Rome. Gregory XIII's Tower of the Winds in The Vatican*. Cambridge University Press. Cambridge.

- Cunningham, C. (2017): *Bode's law and the Discovery of Juno. Historical Studies in Asteroid Research*. Springer International Publishing. Suiza.
- Cullen, C. (1996): *Astronomy and Mathematics in Ancient China: the Zhou bi suan jing*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Dahmke, S. (2016): "On the history of the Hamburg Observatory". Conference published at the *Proceedings of Magellan Workshop: Connecting Neutrino Physics and Astronomy*. Hamburgo. pp.193-202.
- Davoust, E. (1998): "A Hundred Years of Science at the PIC du Midi Observatory". *Astrophysics From Antarctica; ASP Conference Series*; vol.141. pp.39-53.
- Delambre, J. B. J. (1817): *Histoire de l'Astronomie Ancienne*. 2 vols. París.
- Delambre, J. B. J. (1821): *Histoire de l'Astronomie Moderne*. 2 vols. París.
- Denker et al. (2016): "Solar Physics at the Einstein Tower". *Astronomische Nachrichten*. 337(10). pp.1105-1113.
- Dick, S. J. (1990): "Pulkovo Observatory and the national observatory movement: an historical overview". *Inertial Coordinate System on the Sky.* IAU. Netherland. pp.29-38.
- Dixon, F. E. (1950): "Dunsink Observatory and its astronomers". *Dublin Historical Record*. vol.XI. n.2. Old Dublin Society.
- Dixon Hardy, P. (1835): "Observatory, Dunsink". *The Dublin Penny Journal*. vol.4. n.163. Dublin.
- Donnelly, M. C. (1973): *A short history of observatories*. University of Oregon.
- Dreyer, J. L. E. (1953): *A History of Astronomy, from Thales to Kepler*. Dover. Cambridge University Press.
- Dreyer, J. L. E. (1890) *Tycho Brahe*. Adam and Charles Black. Edimburgo. 1890.
- Eelsalu, H. (1999): "The rise and fall of small astronomical observatories: a case study Dorpat/Tartu Observatory". *Journal of Astronomical History and Heritage.* vol.2. n.2. pp.111-123.
- Etienne, C. et al. (2014): *L'Observatoire de la Côte d'Azur et sa mission de diffusion de la culture scientifique et technique.*
- Fayos-Solá, E. et al. (2014): "Astrotourism: No Requiem for Meaningful Travel". *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*. 12,4. pp.663-671.
- Fengxian, X. (2010): "Dengfeng Observatory". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. ICOMOS, IAU-UAI. pp.90-93.
- Ferguson, K. (2004): *Tycho and Kepler: The Unlikely Partnership That Forever Changed Our Understanding of the Heavens*. Walker Publishing Co. New York.

- Fernández Alba, A. (1979): *El Observatorio Astronómico de Madrid*. Xarait. Madrid.
- Finn, R. (1985): "The W. M. Keck Observatory". *Engineering and Science*. 48(3). pp.5-10.
- Forbes, E. (1974): "The foundation of the first Göttingen Observatory: a study in politics and personalities". *Journal for the History of Astronomy*. vol.5. pp.22-29.
- Forbes, E. (1975): "The Greenwich Observatory origins and early development". *Nature*. vol.255. pp.587-592.
- Forbes, E. (1976): "The origins of the Royal Observatory at Greenwich". *Vistas in Astronomy*. vol.20. pp.39-50. Pergamon Press. Londres.
- Frost, E.B. (1897): "The Yerkes Observatory". *Science, New Series.* vol.6. n.150. pp.721-724.
- Gargatagli, M. (1999): "La escuela de traductores de Toledo". *Quaderns. Revista de treducció*. n.4. pp.9-13.
- Garnier, C. (1892): *Monographie de l'Observatoire de Nice*. París
- Gaulke, K (2009):""The first European observatory of the sixteenth century, as founded by Landgrave Wilhelm IV of Hesse-Kassel": a serious historiographic category or a misleading marketing device?". *European Collection of Scientific Instruments, 1550-1750*. Boston
- Gil de Zárate, A. (1859): "Introducción", *Anuario del Real Observatorio de Madrid*. Madrid.
- Glass, I. (2010): "Case Study 12.2: The Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. ICOMOS-IAU. París. pp.199-203
- Glass, I. (2017): "22. The Royal Observatory, Cape of Good Hope, a Valuable Cultural Property". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. ICOMOS-IAU. París. pp.210-215.
- Glass, I. (2017): "Royal Observatory, Cape of Good Hope, Republic of South Africa" *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. Ocarina Books. Sussex. pp.117-139.
- González González, F. J. (1992): "Una institución ilustrada para las ciudades de la Bahía: Cádiz, la Isla de León y el Observatorio de la Marina". *Cuadernos de Ilustración y Romanticismo: Revista del Grupo de Estudios del Siglo XVIII.* n.3. Universidad de Cádiz. pp.89-108.
- González González, F. J. (2005): *El Real Observatorio de la Armada*. Ministerio de Defensa. Madrid.
- González González, F J. (2007): "Un edificio neoclásico para la astronomía de la ilustración: el Real Observatorio de la Armada". *Revista General de la Marina*. vol.253. Ministerio de Defensa. Madrid. pp.231-249.
- González González, F. J. (2013): "Jorge Juan y la Astronomía: El Real Observatorio de Cádiz". *Revista General de la Marina*. vol. 265. Ministerio de Defensa. Madrid. pp.349-361.

- Grice, K. (2005): *History of Weather Observing at the Naval Observatory, Washington, D.C. 1838-1913*. Report prepared for the Midwestern Regional Climate Center.
- Gunther, R. T. (1932): *Early Science in Oxford*. Dawsons of Pall Mall. Londres.
- Guridi García, R. (2011). "Un lugar entre la tierra y las estrellas. Luces y sombras en la Torre Einstein". *Cuadernos de Proyectos arquitectónicos*. Departamento de Proyectos Arquitectónicos. ETSA de la UPM. n.02/201. pp.12-17.
- Hale, G. H. (1892): "The Yerkes Observatory of the University of Chicago". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific.* vol.4 n.26. California. pp.250-252.
- Hall, A. R. (1983): *The Revolution in Science, 1500-1700*. Longmans. Londres.
- Hamel, J.; Rothenberg, E.; von Mackensen, L. (1998): "Astronomical research in Kassel under Wilhelm IV". *Acta Historica Astronomiae*. vol.2. p.1-173.
- Hannah, R. (2009): *Time in Antiquity*. New York: Routledge.
- Hannaway, O. (1986): "Laboratory Designs and the Aim of Science: Andreas Libavius versus Tycho Brahe". *Isis*. vol.77. n.4. University of Chicago Press. pp. 584-610.
- Heidarzadeh, T. (2010): "Islamic Astronomy", *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. Thematic Study n.1. ICOMOS-IAU. París. pp.155-168
- Hentschel, K. (1994): "Physik, Astronomie und Architektur - Der Einsteinturm als Resultat des Zusammenwirkens von Einstein, Freundlich und Mendelsohn". *Der Einstein-Turm in Potsdam: Architektur und Astrophysik*. Ars Nicolai. Berlín. pp.34-52.
- Herman, J. K. (1985): "The Establishment of the U.S. Naval Observatory". *Vistas in Astronomy.* vol.28. Reino Unido. pp.391-399.
- Herrmann, D. B. (1970): "Das Astronomentreffen im Jahre 1798 auf dem Seeberg bei Gotha". *Archive for History of Exact Sciences.* vol.6. n.4. pp.326-344.
- Hevel, J. (1679): *Machinae Coelestis.* Gedani (Gdansk).
- Hoffmann, W. W. (1925): *Zur Baugeschichte der Mannheimer Sternwarte*. Mannheimer Geschichtsblätter.
- Holden, E. S. (1880): "The United States Naval Observatory, Washington". *Science*. pp.1-3.
- Horrebow, P. (1735): *Basis astronomiae*. Havniae (Copenhague).
- Howard-Duff, I. (1984): "París Observatory in 1784", *Journal of British Astronomical Association*. vol.95. n.1. pp.26-28.
- Hünsch, M.; Seemann, A.; Wolfschmidt, G. (2012): "The Hamburg Observatory. Justification of Outstanding Universal Value".

- Hussey, W. J. (1897): "The Yerkes Observatory". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific.* vol.IX. n.59. California. pp.209-222.
- Hutchins, R. (2008): *British University Observatories 1772-1939*. Aldershot.
- Iglesias, J. (2006): "Historia de una fotografía". *Revista IAA. Especial 25 Aniversario del Observatorio de Sierra Nevada*. Instituto de Astrofísica de Andalucía. Granada, España. pp.3-5.
- James, K. (1994): "Expressionism, Relativity, and the Einstein Tower". *Journal of the Society of Architectural Historians*. vol.53. n.4. University of California Press. pp.392-413.
- Kerr, J. (1986): "The Architecture of Scientific Sydney". *Journal and Proceedings of The Royal Society of New South Wales*. vol.118. pp.181-193.
- Kochhar, R.; Orchiston, W. (2017): "The Development of Modern Astronomy and Emergence of Astrophysics in India" *The Emergence of Astrophysics in Asia. Opening a New Window on the Universe*. Springer. Suiza. pp.705-770.
- Knox-Shaw, H. (1955): "The Radcliffe Observatory". *Vistas in Astronomy*. Pergamon Press. Oxford. pp.144-149.
- Krisciunas, K. (1978): "A Short History of Pulkovo Observatory". *Vistas in Astronomy.* vol.22. Reino Unido. pp.27-37.
- Krisciunas, K. (1992): "Ulugh Beg's Zij". *Central Asian Monuments.* Estambul.
- Krisciunas, K. (1999): *Observatories*. arXiv:astro-ph/9902030v2. Cornell University Library.
- Krupp, E. C. (2011): "Going Public". *Proceedings of The Inspiration of Astronomical Phenomena VI. Venezia, Italy*. San Francisco. pp.461-469.
- Kurian, P. (2008): *History of Astronomical Science in Kerala*. PhD thesis. University of Kerala.
- Kwan, A. M. (2012): *Architectures of astronomical observation: from Sternwarte Kassel (circa 1560) to Radcliffe Observatory (1772)*. UMI Disertation Publishing.
- Laca Menéndez de Luarca, L. R. (1999): "El 'Plan de las Inmediaciones' del Observatorio Astronómico: un proyecto desaparecido de Juan de Villanueva". *Archivo español de arte*. Tomo LXXII. n.287. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. pp.329-338.
- Lafuente, A.; Sellés, M. (1988): *El Observatorio de Cádiz (1753-1831)*. Ministerio de Defensa. Madrid.
- Leonard, F. (1934): "Popularizing Astronomy". *Publications of the Astronomical Society of the Pacific.* vol.46. n.272. pp.191-193.
- Leverington, D. (2017): *Observatories and Telescopes of Modern Times*. Cambridge Universit Press. Reino Unido.
- Lichtenberg, H. H. de (1985): "Johan Gregor van der Schardt, sculptor—and architect". *Hafnia.* vol.10 . pp. 147-164.

- Londoño, J.; Morales, A. (2007): *Observatorio Astronómico de Bogotá*. Universidad de lo Andes. Colombia.

- López Aparicio, C. (1999):. *Origen y desarrollo de un eje periférico de la capital, Paseo de Agustinos Recoletos, Paseo del Prado Viejo de San Jerónimo y Paseo de Atocha*. Tesis de la Universidad Complutense de Madrid.

- Macvicar Anderson, J (1875):"The Orwell Park Observatory". *Transactions of the Royal Institution of British Architects*. pp. 15-26.

- Maffeo, S. (2002): *The Vatican Observatory: In the Service of Nine Popes*. Vatican Observatory Publications. El Vaticano.

- Magli, G. (2009): *Mysteries and Discoveries of Archaeoastronomy*. Springer-Verlag. Nueva York.

- Margarit, S. (1980): "Centro astronómico de Calar-Alto". *Informes de la Construcción*. n.322. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid, España. pp.33-38.

- Markkanen, T. (2013): "The Development of the Classical Observatory: From a Functional Shelter for the Telescope to the Temple of Science". *Acta Baltica Historiae et Philosophiae Scientiarum.* vol.1. n.2. pp. 38-52.

- Marques, P. (2006): "The Lisbon Astronomic Observatory. Elements for the history of its architecture". *Proceedings, XV National Meeting of Astronomy and Astrophisics, Lisbon*. WorldScientific Inc. pp.101-108.

- Martín Hernandez, M. J. (1984) *La tipología en arquitectura*. Tesis doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Departamento de Arte, Ciudad y Territorio.

- Mattila, K., Tornikoski, M., Tuominen, I., Valtaoja, E. (2004): "Astronomy in Finland". *The Messenger*. pp. 3-11.

- Maunder, E. W. (1900): *The Royal Observatory. Greenwich*. The Religious Tract Society. Londres.

- Maure, L. (2009): "La superación del concepto de 'tipo' en la arquitectura contemporánea". *Cuaderno de Notas.* n.12. pp.1-8.

- Maury, M. F. (1845): *Astronomical Observations at the U.S. Naval Observatory*. Gideon Printers. Washington.

- Meares, H. (2014): "The creation of LA's most recognizable and beloved building" en https://www.curbed.com/2014/12/17/10011006/the-creation-of-las-most-recognizable-and-beloved-building.

- Mikhailov, A. (1955): "The Pulkovo Observatory". *The Observatory.* vol.75. pp.28-32.

- Moleón Gavilanes, P. (1988): *La arquitectura de Juan de Villanueva*. Colegio Oficial de Arquitectos, Servicio de Publicaciones. Madrid.

- Moneo, R. (1978): “On Typology”. *Oppositions*. n.13. pp.188-211.
- Moore, Patrick. (1997): *Eyes on the universe: the story of the telescope*. Springer-Verlag Londres.
- Morton-Gledhill, R. (1988): “The architecture of astronomy in the British Isles: a general study”. *Astronomy*. vol.32. Reino Unido. pp.235-283.
- Mozaffari, S. M.; Zotti, G. (2013): “The observational instruments at the Maragha Observatory after AD 1300”. *Suhayl. International Journal for the History of the Exact and Natural Sciences in Islamic Civilisation*. vol.12.
- Mujani, W. K. et al (2012): “Observatories in Islamic history”. *Advances in Natural and Applied Sciences*. vol.6(8). pp.1370-1373.
- Murdin, L.; Willmoth, F. (1995): *The correspondence of John Flamsteed, the first Astronomer Royal*. Institute of Physics Publishing. Londres.
- Müller, P. (1975): *Architektur und Geschichte der Astronomischen Observatorien*, Europäische Hochschulschriften. Band XXXII. Frankfurt.
- Müller, P. (1992): *Sternwarten in Bildern: Architektur und Geschichte der Sternwarten von den Anfängen bis ca. 1950*. Springer-Verlag. Berlín.
- Müller, P. (2009): "Die Architektur der Hamburg-Bergedorfer Sternwarte 1906-1912 im Vergleich mit anderen Observatorien". *Astronomical Observatories. From Classical Astronomy to Modern Astrophysics*. ICOMOS-IAU. Berlín. pp.86-97.
- Müürsepp, P.; Forbes, E. (1968): “The Astronomical Museum at the Old Tartu Observatory”. *Journal of the British Astronomical Association.* vol.78. pp. 462-466.
- Narayanan, A. (2013): “Centre for stargazers”. *The Hindu*. Thiruvananthapuram.
- Nelson, J. E.; Mast, T. S. (1988): “Construction of the Keck Observatory”. *Very Large Telescopes and their Instrumentation, European Southern Observatory Conference and Workshop Proceedings*. Garching. pp. 7-15.
- Newcomb, S. (1881): “Astronomical Observatories”. *Science*. vol.2 n.59. pp.377-380.
- Nithtingale, H. C. (1958) “Centenary of Sydney observatory May 1958”. *Australian Surveyor*. vol.17:2. pp. 95-101.
- Orchiston., W. (1988): “From research to recreation: the rise and fall of Sydney Observatory”. *Vistas in Astronomy*. vol.32. Reino Unido. pp. 49-63.
- Pannekoek, A. (1961): *A history of astronomy*. Dover.New York.
- Pantin, I. (1999): “New philosophy and old prejudices: aspects of the reception of Copernicanism in a divided Europe”. *Studies in history and philosophy of science*. vol.30. pp.237-262.

- Papoulia, E. (2015): *Unveiling Gregorian Rome: The urban and ecclesiastical patronage of Pope Gregory XIII, 1572-1585*. Tesis doctoral. Courtlaud Institute of Art. University of London. Londres.

- Park, J. E. (2010): "Cheomseongdae Observatory". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. ICOMOS, IAU-UAI. pp.96-98

- Park, S. (2000): "History of astronomy in Korea". *Astronomy across Cultures*. Kluwer. Dordrecht, Holanda. pp.409-421.

- Parr, W. A. (1903): "The Vatican Observatory". *Popular Astronomy.* vol.11. pp.497-501.

- Pedersen, O. (1976): "Some early european observatories". *Vistas in Astronomy*. vol.20. Pergamon Press. Londres.pp.17-28.

- Pena Bujan, C. (2007): *La Architectura civil recta y obliqua de Juan Caramuel de Lobkowitz en el contexto de la Teoría de la Arquitectura del siglo XVI*. Santiago de Compostela, España.

- Perrault, Charles. (1909): *Memories de ma vie*. Bonefon. París.

- Petzet, M. (2009): "Opening lecture: The Observatory of the King Sun and Classical Astronomy". *Astronomical Observatories. From Classical to Modern Astrophysics*. ICOMOS-IAU. pp.25-32

- Pickering, E. C. (1912): "The Allegheny Observatory in its relation to Astronomy". *Science, New Series.* vol.36. n.927. pp.417-421.

- Quatremère de Quincy, A. C. (1832): *Dictionnaire historique de l´architecture*. París.

- Rappenglück, M. (2010): "Early Prehistory". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. ICOMOS, IAU-UAI. pp. 13-15.

- Raposo, P. (2013): "Observatories, instruments and practices in motion: an astronomical journey in the nineteenth-century". *Journal of History of Science and Technology*. vol.8. pp.69-104.

- Reade, V. (1972): "The Radcliffe Observatory, Oxford, 1772-1929". *Historical Section*. vol.82. pp. 377-378

- Renshaw, S.; Saori I. (1999): "Archaeoastronomy and astronomy in culture in Japan: paving the way to interdisciplinary study". *Archaeoastronomy.* vol.14(1). pp.59-88.

- Renshaw, S.; Saori I. (2000). "A cultural history of astronomy in Japan". *Astronomy across Cultures*. Kluwer. Dordrecht, Holanda. pp.385-407.

- Ruggles, Clive (1999): *Astronomy in Prehistoric Britain and Ireland*. Yale University Press. New Haven y Londres.

- Rucki, I. (1999): “Bauen unter Extrembedingungen : die Hochalpine Forschungsstation und das SpinxObservatorium auf dem Jungfraujoch”. *Kunst + Architektur in der Schweiz*. vol.50. pp.30-37.

- Saliba, G. (1987). “The role of Maragha Observatory in the development of Islamic astronomy: a scientific revolution before the Renaissance”. *Revue de Synthèse*. n.108. pp.361-373.

- Saliba, G. (1994): “Solar Observations at Maragha observatory”. *Journal for the History of Astronomy*. vol.16. pp. 113-122.

- Sánchez, F. (2008): “Gran Telescopio Canarias: A key asset for spanish astronomy”. *Lecture Notes and Essays in Astrophysics*. vol.3. pp.103-112.

- Sayili, A. (1960): *The Observatory in Islam and its place in the general history of astronomy*. Ankara.

- Sayili, A. (1980): “Observatories in Islam”. *The International symposium on the Observatories in Islam 19-23 September 1977*. Ed. Dizer. Estambul. pp.21-32.

- Scherrer, D (2018): *Ancient Observatories - Timeless Knowledge*. Stanford Solar Center.

- Schleier, M. (2011): “The Griffith Observatory in Ray's Rebel Without a Cause (1955): mystical temple and scientific monument”. *The Journal of Architecture.* vol.16:3. pp.365-385.

- Shackelford, J. (1993): “Tycho Brahe, Laboratory Design, and the Aim of Science: Reading Plans in Context”. *Isis*. vol.84. n.2. University of Chicago Press. pp:221-230.

- Sigismondi, C. (2014): “La meridiana di Egnazio Danti nella Torre dei Venti in Vaticano: un'icona della riforma Gregoriana del calendario”. *Gerbertus*. vol.7. pp. 81-106.

- Simonia, I.; Jijelava, B. (2015): “Astronmy in the Ancient Caucasus”. *Handbook of Archaeoastronomy and Ethnoastronomy*. Springer. Nueva York. pp.1148-1149.

- Simmons, M. (s.f.): “Bringing astronomy to an isolated mountain top”. de la *página oficial del Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu

- Simmons, M. (s.f.): “Building the 60-inch Telescope”. de la *página oficial del Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu

- Simmons, M. (s.f.): “Building the 100-inch Telescope”. de la *página oficial del Observatorio Mount Wilson*: https://www.mtwilson.edu

- Skinner, A. N. (1899): “The United States Naval Observatory”. *Science. vol.IX. n.210*. pp.1-16.

- Socha, M. (1935): “Address at the formal opening of the Griffith Observatory and Planetarium“. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*. pp.157-159.

- Spennemann, D. (2008): “Orbital, Lunar and Interplanetary Tourism: Opportunities for Different Perspectives in Star Tourism”. *Starlight: A Common Heritage*. UNESCO-Mab. IAC. La Palma, España. pp. 161-173.

- Stokley, J (1937): “Planetarium Operation”. *The Scientific Monthly.* vol.45. n.4. pp.307-316.

- Struve, O (1947): "The Yerkes Observatory: Past, Present, and Future". *Science, New Series. vol.106. n.2749*. pp.217-220.
- Taton. R. (1976): "Les origenes et les débuts de l'Observatorie de París". *Vistas in Astronomy*. vol.20. Pergamon Press. Londres. pp.65-71.
- Thackeray, A. D. (1964): "The Work of the Radcliffe Observatory". *Royal Astronomical Society of Canada Journal*. vol.58. n.2. pp.55-57.
- Thoren, V. E. (1991): *The Lord of Uraniborg: A Biography of Tycho Brahe*. Cambridge University Press. Cambridge.
- Thurston, H. (1994): *Early Astronomy*. Springer Verlag. New York.
- Todd, D. (1922): *Astronomy: the science of the heavenly bodies*. Harper and Brothers. Londres.
- U.S. General Services Administration (2015): *Potomac Hill Campus. Draft Final Historic Landscape Assessment.*
- Udías, A. (2003): *Searching the Heavens and the Earth: The History of Jesuit Observatories*. Kluwer Academic Publishers.
- Ussher, H. (1787): "Account of the Observatory Belonging to Trinity College, Dublin". *The Transactions of the Royal Irish Academy*. vol.1. Royal Irish Academy. Dublin. pp.3-21.
- Van Dalen, B. (2007): "Ulugh Beg: Muḥammad Ṭaraghāy ibn Shāhrukh ibn Tīmūr". *The Biographical Encyclopedia of Astronomers*. Springer. New York. pp.1157-1159.
- Van Helden, A.; Dupre, S.; van Gent, R.; Zuidervaart, H. (2010): *The origins of telescope*. Kwan Press. Amsterdam.
- Vasilevskis, S.; Osterbrock, D.E. (1989): "Charles Donald Shane. 1895-1983". *Biographical Memoir*. National Academy of Science. Washington D.C. pp.487-511.
- Vitrubio(1997): *Los diez libros de la Arquitectura (De Architectura)*. Alianza. Madrid.
- Waumans, A. A. (2013) *The Typology of Astronomical Observatories*. Tesis doctoral. Delft University of Technology.
- Wayman, P. (1986): "The Andrews' Professors of Astronomy and Dunsink Observatory, 1785-1985". *The Irish Astronomical Journal*. vol.17. n.3.
- Wayman, P. (1987): *Dunsink Observatory, 1785-1985: A Bicentennial History*. Royal Dublin Society.
- Wen, J. (2017): *Astronomy tourism: exploring an emergin market: group culture, individual experience and industrie future*. PhD thesis. James Cook University.
- Wilber, D. N. (1955): *The Architecture of Islamic Iran*. Princeton.
- Winter, S. (2017): *South African Astronomical Observatory*. Heritage Impact Assessment Report. SAAO National Research Foundation.

- Wolf, Charles. (1902): *Histoire de l'Observatoire de París*. París.
- Wolfschmidt, G. (1992): "Gotha - an International Center of Astronomy at the Time of Goethe". *Astronomische Gesellschaft Abstract Series.* n. 7. Hamburgo. p.202
- Wolfschmidt, G.; Seemann, A.; Kühl, D. (2001): *Hamburger Sternwarte - Geschichte und Erhaltung*. Förderverein Hamburger Sternwarte. Hamburgo.
- Wolfschmidt, G.; Cotte, M. (2010): "The Einstein Tower, Potsdam, Germany". *Heritage Sites of Astronomy and Archaeoastronomy in the context of the UNESCO World Heritage Convention*. ICOMOS, IAU-UAI. pp. 209-213.
- Wolfschmidt, G. (2015): "Learning by Doing: Science Education at the Hamburg Observatory". *Interchange: A Quarterly Review of Education*. v.46. n.1. pp.57-71.
- Wotton, H. (1624): *The elements of architecture*. Londres.
- Zaimeche, S. (2005): *Samarkand*. Foundation for Science, Technology and Civilisation. Manchester.
- Zinner, E., (1938): *Leben und Wirken des Johannes Müller von Königsberg Gennant Regiomontanus*. Schirftenreihe zur Bayerischen Landesgeschichte. vol. 1.
- Zinner, E. (1943): *Entstehung und Ausbreitung der Coppernikanischen Lehre*. Erlangen, Alemania.
- Zinner, E. (1956): *Astronomische Instrumente des 11. Bis 18. Jahrhunderts*. Munich.