



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Departamento de Ingeniería de Sistemas y  
Automática

## PROYECTO FIN DE CARRERA

Puesta en marcha y documentación del robot móvil  
para exteriores Andábata

Autora: **Olga Cordero Morales**

Directores: **Dr. Jorge Luis Martínez Rodríguez**

**Dr. Javier Serón Barba**

Titulación: **Ingeniero Industrial**

Málaga, junio de 2016



*Dedicado a mis padres, hermanos y abuelos, a Daniel «Yomo», Tita Toñi, Paka, Mari Carmen y todas aquellas personas que me han ayudado a cumplir este objetivo. Especialmente a Justo que es mi abuelo adoptivo y ahora es el único que está conmigo.*

*Todos ellos han creído en mí, en que podía hacerlo y toda esa fe me ha motivado muchas veces. No han dudado en decirme en cada momento lo que debía oír aunque no fuera lo deseado en ese momento y no me han dejado tirar la toalla. Es maravilloso ver que una persona confía en ti (casi) más que tu misma.*

*Infinitas gracias*



# Agradecimientos

A los Doctores Jorge Martínez y Javier Serón por su gran paciencia y su inestimable ayuda.

A José Polaino y Emilio Fernández por su ayuda, amabilidad y por todas las veces que han tenido que bajar a abrirme la puerta.

A Javier Valbuena, Manolo Zafra y Antonio Guerrero por ser tan buenos compañeros de Proyecto Fin de Carrera.



# Índice general

Índice general	I
Acrónimos	VII
Lista de figuras	IX
Lista de tablas	XIII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes . . . . .	1
1.2. El robot móvil Andábata . . . . .	1
1.3. Objetivos . . . . .	2
1.4. Plan de trabajo . . . . .	3
1.5. Estructura de la memoria . . . . .	3
<b>2. Sistema mecánico y motriz</b>	<b>7</b>
2.1. Introducción . . . . .	7
2.2. Estructura de soporte . . . . .	7
2.3. Sistema de locomoción . . . . .	9
2.3.1. Ruedas . . . . .	10
2.3.2. Motores . . . . .	11

2.3.3.	Codificadores ( <i>Encoders</i> ) . . . . .	13
2.3.4.	Reductora . . . . .	14
2.4.	Sistema de suspensión . . . . .	15
2.5.	Modelo cinemático aproximado . . . . .	17
2.5.1.	Coefficiente lineal $\mu$ . . . . .	19
2.5.2.	Coefficiente rotacional $x_{CIR}$ . . . . .	20
<b>3.</b>	<b>Sistema eléctrico y electrónico</b>	<b>23</b>
3.1.	Introducción . . . . .	23
3.2.	Sistema eléctrico . . . . .	23
3.2.1.	Batería . . . . .	23
3.2.2.	Fuente de alimentación . . . . .	26
3.2.3.	Interruptor general . . . . .	28
3.3.	Sistema electrónico . . . . .	28
3.3.1.	Sabertooth 2x32 . . . . .	31
3.3.2.	Kangaroo x2 . . . . .	35
3.4.	Sistema de control de motores . . . . .	38
3.4.1.	Comandos disponibles . . . . .	38
3.4.2.	Códigos de error . . . . .	40
3.4.3.	Velocidad máxima . . . . .	41
3.4.4.	Giro . . . . .	42
<b>4.</b>	<b>Sistema informático y sensorial</b>	<b>45</b>
4.1.	Introducción . . . . .	45
4.2.	PC de control . . . . .	45
4.2.1.	Placa base . . . . .	47

4.2.2. Microprocesador . . . . .	47
4.2.3. Memoria RAM . . . . .	48
4.2.4. Disco duro . . . . .	49
4.3. Router . . . . .	50
4.4. Telémetro láser 3D . . . . .	51
4.5. Teléfono inteligente . . . . .	54
4.6. Tableta . . . . .	55
<b>5. Software de Andábata</b>	<b>57</b>
5.1. Sistema operativo Ubuntu . . . . .	57
5.2. Entorno ROS . . . . .	58
5.2.1. Características . . . . .	58
5.2.2. Sistema de archivos . . . . .	59
5.2.3. Grafos de computación . . . . .	60
5.3. Modificación de nodos de Andábata . . . . .	61
5.4. Puesta en marcha . . . . .	62
5.5. Teleoperación . . . . .	64
<b>6. Conclusiones</b>	<b>67</b>
6.1. Control de bajo nivel original . . . . .	67
6.2. Recapitulación . . . . .	69
6.3. Trabajos futuros . . . . .	70
<b>A. Planos</b>	<b>71</b>

<b>B. Documentación técnica</b>	<b>91</b>
B.1. Especificaciones técnicas de producto	91
B.1.1. Motor Maxon RE 40	92
B.1.2. Encoder MR Tipo L 500ppv	94
B.1.3. Guías lineales Hiwin serie HG	96
B.1.4. Fuente de alimentación Sunpower SDX	98
B.1.5. Controladora de motor Sabertooth dual 32A	101
B.1.6. Controladora de movimiento Kangaroo x2	105
B.1.7. Cable USB-TTL serial	107
B.1.8. Placa base ASRock Extreme	111
B.1.9. Microprocesador Intel Core	115
B.1.10. Memoria RAM Kingston HyperX	120
B.1.11. Disco duro Samsung	123
B.1.12. Router TP-Link	128
B.1.13. Láser Hokuyo	131
B.1.14. Teléfono inteligente LG Nexus 4	135
B.1.15. Tableta Samsung	138
B.2. Guías y manuales	141
B.2.1. ASRock	141
B.2.2. Dimension Engineering	141
B.2.3. FTDI Chip	142
B.2.4. Hiwin	142
B.2.5. LG	143
B.2.6. Maxon Motor	143
B.2.7. Samsung	143
B.2.8. TP-Link	144

C. Esquemas de conexiones	145
D. Código de los programas modificados	157
E. Presupuesto	185
Referencias	189



# Acrónimos

2D	2 Dimensiones
3D	3 Dimensiones
3G	Tercera generación de transmisión de voz y datos mediante UMTS
ASCII	<i>American Standard Code for Information Interchange</i>
ATX	<i>Advanced Technology Extended</i>
Bit	<i>Binary digit</i>
BSD	<i>Berkeley Software Distribution</i>
CAD	<i>Computer-aided design</i>
CC	Corriente continua
CD	<i>Compact Disk</i>
CIR	Centro Instantáneo de Rotación
CPU	<i>Central processing unit</i>
DC	<i>Direct current</i>
DDNS	<i>Dynamic Domain Name System</i>
DDR	<i>Double Data Rate</i>
DIP	<i>Dual In-line Package</i>
GNOME	<i>GNU Network Object Model Environment</i>
GNU	<i>GNU is Not Unix</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
HD	<i>High Definition</i>
HDD	<i>Hard Disk Drive</i>
IMU	<i>Inertial Measurement Unit</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
IP	Índice de protección
LAN	<i>Local Area Network</i>
LED	<i>Light-emitting diode</i>
LTS	<i>Long Term Support</i>

MAC	<i>Media Access Control</i>
MP	<i>Megapixel</i>
NFC	<i>Near field communication</i>
PC	<i>Personal Computer</i>
PFC	Proyecto Fin de Carrera
PPPoE	<i>Point-to-Point Protocol over Ethernet</i>
ppv	Pulsos por vuelta
RAM	<i>Random Access Memory</i>
R/C	Radio/Control
ROS	<i>Robot Operating System</i>
RPC	<i>Remote Procedure Call</i>
rpm	Revoluciones por minuto
RX	Recepción
SSD	<i>Solid State Disk</i>
TTL	<i>Transistor-transistor logic</i>
TX	Transmisión
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>
UPnP	<i>Universal Plug and Play</i>
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>
USB	<i>Universal Serial Bus</i>
VPN	<i>Virtual Private Network</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>
WPA	<i>Wi-Fi Protected Access</i>
WiFi	<i>Wireless Fidelity</i>

# Índice de figuras

1.1. El robot móvil Andábata . . . . .	2
2.1. La estructura de soporte del robot móvil Andábata . . . . .	8
2.2. Vistas generales del robot móvil Andábata . . . . .	9
2.3. Fotografía de una rueda desmontada del robot Andábata . . . . .	11
2.4. Logotipo del robot móvil Andábata . . . . .	11
2.5. Motor RE40 de corriente continua con escobillas . . . . .	13
2.6. Encoder MR tipo L montado en el motor . . . . .	14
2.7. Vista explosionada de la reductora . . . . .	15
2.8. El sistema de suspensión del robot móvil acoplado a la rueda . . . . .	16
2.9. Guía lineal y patines . . . . .	17
2.10. Sistema de suspensión acoplado al chasis tubular del robot móvil . . . . .	17
2.11. Equivalencias entre <i>skid-steer</i> y la tracción diferencial . . . . .	18
3.1. Diagrama de bloques del sistema eléctrico . . . . .	24
3.2. Batería: (a) Vista exterior (b) Celdas . . . . .	25
3.3. Ubicación de la batería en el robot Andábata . . . . .	25
3.4. Cargador de la batería del robot móvil Andábata . . . . .	26
3.5. Fuente de alimentación Sunpower SDX-425-G24 . . . . .	27
3.6. Fuente de alimentación sobre el nivel intermedio del robot móvil . . . . .	28

3.7. Interruptor de puesta en marcha: (a) Sobre el robot (b) Detalle . . . . .	29
3.8. Diagrama de bloques de la electrónica de control de motores . . . . .	29
3.9. Ubicación de la caja para la electrónica en el robot móvil . . . . .	30
3.10. Fotografía del circuito electrónico del robot móvil . . . . .	30
3.11. Sabertooth 2x32 . . . . .	31
3.12. Conexiones de la placa Sabertooth 2x32 . . . . .	33
3.13. Interruptores DIP para el modo Serie en Sabertooth 2x32 . . . . .	34
3.14. Interruptor de parada de emergencia: (a) Sobre el robot (b) Detalle . . . . .	34
3.15. Kangaroo x2: (a) Separada de la Sabertooth (b) Conectada . . . . .	35
3.16. Diagrama de la placa Kangaroo x2 . . . . .	36
3.17. Opciones de operación mediante interruptores DIP . . . . .	37
3.18. Resultados del autoajuste del PID . . . . .	37
4.1. Esquema de conexiones de comunicación . . . . .	46
4.2. Situación de la caja del PC en el robot móvil . . . . .	46
4.3. Placa base ASRock Z87M Extreme 4 . . . . .	48
4.4. Procesador Intel Core i7-4771 . . . . .	48
4.5. Memoria Kingston HyperX Fury 16 GB DDR3 1600 MHz CL10 . . . . .	49
4.6. Samsung SSD 840 EVO . . . . .	50
4.7. <i>Router</i> Gigabit Inalámbrico G TL-WR1042ND . . . . .	51
4.8. Situación del telémetro Láser 3D en Andábata . . . . .	52
4.9. Elementos del telémetro láser 3D UNOmotion . . . . .	53
4.10. Zona ciega del sensor láser 3D UNOmotion . . . . .	54
4.11. Teléfono LG Nexus 4 E960 . . . . .	55
4.12. Tableta Samsung Galaxy Tab 3 . . . . .	56
5.1. Logotipo de la versión del entorno ROS instalada en el PC . . . . .	59

5.2. La aplicación <i>ROS Sensor Driver</i> en el móvil . . . . .	62
5.3. Detalle de colocación del teléfono móvil en el robot Andábata . . . . .	63
5.4. Las aplicaciones <i>ROS Sensor Driver</i> , <i>Juice</i> y Andábata en la tableta . . . . .	63
5.5. La aplicación Andábata en el móvil . . . . .	64
5.6. Captura de pantalla de la aplicación Andábata en funcionamiento. . . . .	65
5.7. Posición de reposo y ejes de giro para el control del robot Andábata mediante la IMU de la tableta . . . . .	66
6.1. Motor de conmutación electrónica sin escobillas de 100W . . . . .	68
6.2. Circuito electrónico: (a) Placa Double_ control con dos DEC Module 50/5 (b) Placa MultiProp . . . . .	69
6.3. Vista explosionada de la reductora epicicloidal fabricada por Inge- nería Uno . . . . .	69
C.1. Asignación de pin del codificador MR tipo L de 500ppv . . . . .	152
C.2. Asignación de terminales de la controladora de motor Sabertooth 2x32153	
C.3. Asignación de terminales de la controladora de movimiento Kangaroo x2 . . . . .	156



# Índice de tablas

2.1. Experimento sobre terreno natural para obtener $\mu$ . . . . .	19
2.2. Experimento sobre terreno artificial para obtener $\mu$ . . . . .	20
2.3. Experimento sobre terreno natural para obtener $x_{CIR}$ . . . . .	21
2.4. Experimento sobre terreno artificial para obtener $x_{CIR}$ . . . . .	21
3.1. Nomenclatura de los canales . . . . .	39
3.2. Comandos de inicio . . . . .	39
3.3. Comandos de movimiento . . . . .	40
3.4. Comandos de petición . . . . .	41
3.5. Códigos de error . . . . .	42



# Capítulo 1

## Introducción

### 1.1. Antecedentes

Documentar adecuadamente un robot móvil y, por ende, cualquier dispositivo artificial, es muy importante para futuras referencias y para poder realizar cambios o actualizaciones. Este trabajo es especialmente relevante si la construcción de la máquina la realiza, en buena parte, una empresa ajena a la universidad.

En este caso se ha encargado la construcción del vehículo a Ingeniería UNO [11]. Esta empresa está dedicada al diseño, fabricación e implantación de sistemas automatizados para la producción. A lo largo de los años, se ha especializado en la fabricación de máquinas de control numérico por computador.

### 1.2. El robot móvil Andábata

Andábata es un robot móvil 4x4 de pequeñas dimensiones (ver Figura 1.1) para la navegación autónoma en entornos naturales equipado con un telémetro láser 3D. La construcción de este robot está financiada con cargo a los fondos del Proyecto de Investigación de Excelencia de la Junta de Andalucía P10-TEP-6101-R [18].

Andábata consiste en un vehículo alimentado por baterías que se desplaza mediante tracción por deslizamiento (*skid-steering*) que le proporcionan sus cuatro ruedas de 20 cm de diámetro. Cada rueda posee su propio motor con codificador,

una reductora con relación de reducción 1:37, y un sistema de suspensión pasiva formado por dos muelles y una guía lineal de 6,5 cm de recorrido. El robot tiene tres niveles: el inferior en el que se sitúan las baterías, el intermedio para la electrónica y la computadora, y el superior para los sensores.

Andábata cuenta con un teléfono móvil para obtener datos de su GPS, inclinómetros, giróscopos y magnetómetros. El teléfono también envía imágenes de vídeo para la supervisión remota del robot mediante un enrutador WiFi situado a bordo del vehículo. Además, se ha diseñado un telémetro láser tridimensional a partir de un Hokuyo UTM-30LX-EW para proporcionar al robot información del entorno cercano.



Figura 1.1: El robot móvil Andábata

### 1.3. Objetivos

Los principales objetivos de este proyecto han sido los siguientes:

- Documentar adecuadamente todos los sistemas que componen el robot móvil.
- Realizar el control de bajo nivel del movimiento del vehículo.

- Conseguir la puesta en marcha de Andábata.

Durante los dos años de duración de este PFC, la alumna ha contribuido activamente a la consecución de estos objetivos y ha sido testigo de los distintos cambios realizados en ese periodo de tiempo.

## 1.4. Plan de trabajo

Las fases de trabajo para realizar este proyecto han sido:

1. Generar planos del sistema mecánico y de locomoción.
2. Montaje de baterías y fuentes de alimentación.
3. Documentar el sistema eléctrico y de alimentación.
4. Instalar y describir el sistema de control de motores.
5. Incorporar una computadora al robot con el sistema operativo Ubuntu [26] y el entorno para el desarrollo de software para robots ROS [21].
6. Integración del control de bajo nivel en el entorno ROS.
7. Puesta en marcha del robot.
8. Elaboración de la memoria del proyecto.
9. Preparar la presentación ante el tribunal examinador.

## 1.5. Estructura de la memoria

El presente documento se compone de seis capítulos y de cinco anexos. A continuación se expone una descripción de cada uno de los capítulos y anexos que componen esta memoria, exceptuando este primer capítulo introductorio y las referencias utilizadas que aparecen al final de la memoria.

## Capítulo 2 Sistema mecánico y motriz

Se describe la estructura de soporte físico y el sistema de locomoción del robot.

## Capítulo 3 Sistema eléctrico y electrónico

En este capítulo se detallan la alimentación, las conexiones eléctricas y el sistema electrónico de control de motores.

## Capítulo 4 Sistema informático y sensorial

Se describe el computador utilizado para el control del robot y los distintos sensores que permiten su interacción con el entorno.

## Capítulo 5 *Software* de Andábata

Se presenta el *software* instalado en el PC de control incluyendo su sistema operativo, las modificaciones realizadas en dicho *software*, los pasos necesarios para encender y apagar correctamente el robot móvil y una breve descripción del manejo del mismo.

## Capítulo 6 Conclusiones

En este capítulo se reseñan las conclusiones obtenidas y los trabajos futuros que podrían introducir mejoras en el robot.

## Anexo A Planos

Contiene los planos del robot móvil.

## Anexo B Documentación técnica

Este anexo contiene la especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes de los productos que incorpora Andábata y se aporta la URL de cada documento.

### **Anexo C Esquemas de conexiones**

En este anexo están descritas las conexiones del sistema eléctrico y electrónico.

### **Anexo D Código de los programas modificados**

Incluye los nodos que ha sido necesario modificar del *software* de control del robot móvil respecto del presentado en el proyecto «Construcción de mapas de exteriores mediante *octrees* para un robot móvil equipado con un telémetro láser 3D »[8].

### **Anexo E Presupuesto**

Al final del documento se detallan los costes asociados a la construcción del robot móvil desglosado en varias partidas.



# Capítulo 2

## Sistema mecánico y motriz

### 2.1. Introducción

Este capítulo contiene la descripción de la estructura física de soporte de Andábata, su sistema de locomoción, la suspensión del vehículo y un modelo cinemático aproximado.

### 2.2. Estructura de soporte

El robot móvil Andábata está formado por una estructura tubular de acero con tres niveles, tal y como se aprecia en la Figura 2.1. Sobre la base del nivel inferior está soldado el sistema de tubos que conforma la estructura del robot. El conjunto que forma la base inferior y el sistema de tubos es la estructura principal del robot móvil que sirve de soporte a los demás elementos como las bases intermedia y superior o las guías de suspensión.

Las bases, que están fabricadas en acero y tienen forma rectangular con bordes redondeados, delimitan los niveles del robot móvil Andábata:

**Nivel inferior.** En este nivel está colocada la batería que proporciona la alimentación al robot móvil (ver Apartado 3.2.1).

**Nivel intermedio.** En la base de este nivel se han fijado elementos por ambas caras:

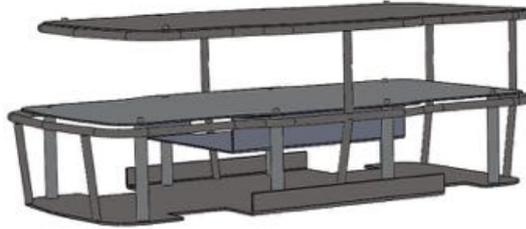


Figura 2.1: La estructura de soporte del robot móvil Andábata

1. En la cara que queda enfrentada a las baterías se ha atornillado una caja de aluminio con forma rectangular de  $26 \times 20 \times 4,5$  cm donde se aloja el circuito electrónico que permite el control de los cuatro motores de los que dispone Andábata.
2. Sobre la cara superior están colocados el botón general de puesta en marcha, la fuente de alimentación y la computadora. Todos estos elementos también están fijados mediante tornillos para evitar desplazamientos indeseados.

**Nivel superior.** En este nivel están instalados el botón de parada de emergencia, el *router*, el telémetro láser tridimensional y el teléfono móvil.

En la actualidad, la masa y las dimensiones generales del robot móvil Andábata son:

- Masa: 41 Kg.
- Longitud máxima: 0,67 m.
- Anchura máxima: 0,54 m.
- Altura máxima (con telémetro láser): 0,81 m.

En la Figura 2.2 se muestran unas vistas generales del robot obtenidas mediante el software de CAD en 3D SolidWorks [22].

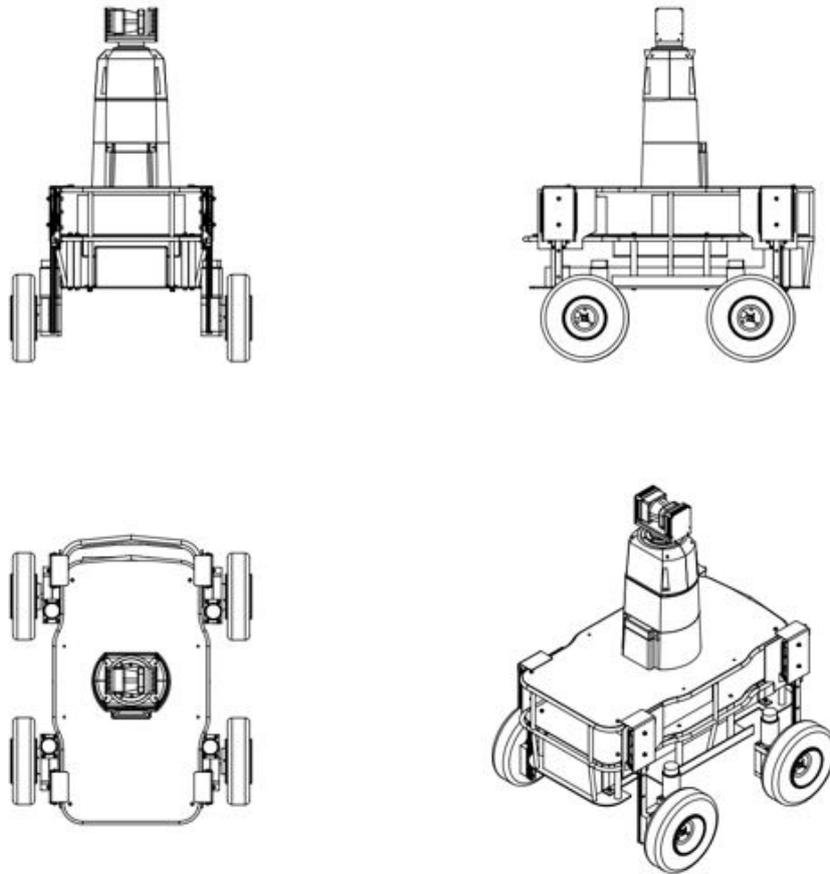


Figura 2.2: Vistas generales del robot móvil Andábata

### 2.3. Sistema de locomoción

Andábata se desplaza mediante tracción por deslizamiento (*skid-steering*) de cuatro ruedas, equipada cada una de ellas con un motor de corriente continua de alta eficiencia energética y su correspondiente codificador, una reductora de 1:37 y una suspensión pasiva con dos guías lineales de 6,5 cm de recorrido.

En la configuración *skid-steer*, el direccionamiento se basa en controlar las velocidades relativas de las ruedas situadas a ambos lados del robot, de forma similar a los vehículos con tracción diferencial. Como todas las ruedas están alineadas con el eje longitudinal del vehículo, el giro implica el deslizamiento de las ruedas sobre el suelo [14] [20]. Las ruedas del robot móvil son fijas, por lo que el cambio de dirección se produce por la diferencia de velocidad de las ruedas de cada lado, es decir, si las ruedas del lado derecho giran más rápido que las del lado izquierdo, entonces

el robot girará hacia la izquierda.

La configuración *skid-steer* presenta las siguientes ventajas sobre otras configuraciones alternativas con ruedas:

- En términos mecánicos es simple y robusta.
- No hay ruedas directrices por lo que no es necesario ningún mecanismo específico.
- Presenta una gran tracción en terrenos irregulares.
- Como las ruedas de cada lado giran a la vez en el mismo sentido y velocidad, solo requieren dos motores para dirigir el robot.
- A diferencia de la configuración diferencial, no requiere la existencia de ruedas castor o pivotantes, por lo que se eliminan los problemas que estas causan.
- Proporciona una mejor maniobrabilidad, incluyendo el giro de radio cero usando solo con los componentes necesarios para el movimiento en línea recta.

Algunos de los inconvenientes que presenta son:

- El deslizamiento incrementa el desgaste de las ruedas y el gasto energético.
- Presenta especial dificultad en cuanto a la odometría. El deslizamiento de las ruedas en los cambios de dirección implica que los sensores de posición no puedan medir con exactitud el giro del vehículo.

### 2.3.1. Ruedas

Las ruedas del robot Andábata tienen un diámetro de 20 cm y cuentan con cámara de aire y llanta de aluminio (ver Figura 2.3). La presión de inflado máxima para estas cámaras es de 30 psi (2,1 bar). Las cubiertas utilizadas están provistas de pequeños tacos que le proporcionan una mejor tracción en terrenos naturales.

Las llantas cuentan con el logotipo del robot, que es un casco sin apertura para los ojos (ver Figura 2.4).



Figura 2.3: Fotografía de una rueda desmontada del robot Andábata

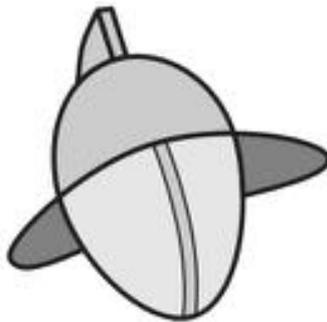


Figura 2.4: Logotipo del robot móvil Andábata

### 2.3.2. Motores

Los motores incorporados al vehículo deben ser capaces de desarrollar una potencia suficiente para hacer frente a las irregularidades del terreno y para realizar giros sobre sí mismo.

Andábata cuenta con tracción en las cuatro ruedas. Con esto se consigue una tracción independiente y mejor que la que se obtendría utilizando solo dos motores. En concreto cada una de las ruedas de Andábata cuenta con su propio motor y su codificador correspondiente.

Un motor de corriente continua convierte la energía eléctrica en energía mecánica debido a la acción de un campo magnético. Los motores de corriente continua más comunes son los motores con escobillas. Las ventajas de este tipo de motores son:

- Al tener solo dos cables el control es sencillo.

- Son motores muy extendidos, por lo que su coste es bajo.
- Si las escobillas son sustituibles, su vida útil es extensa.
- Como necesitan pocos componentes externos, se comporta de forma fiable en ambientes difíciles.

Los inconvenientes más relevantes son:

- Requiere un mantenimiento periódico. Las escobillas deben ser limpiadas o sustituidas para una operación continua.
- A altas velocidades la fricción de las escobillas se incrementa, lo que reduce el par útil.
- El arco eléctrico de las escobillas puede producir interferencias electromagnéticas.
- Baja capacidad de disipación del calor.

El tipo de motor que incorpora el robot Andábata es un motor de corriente continua en el que el inductor está formado por imanes permanentes. Estos motores se utilizan en maquinaria industrial, accionamientos, domótica, servomotores, etc. Los avances en tecnología de materiales han permitido la creación de imanes permanentes de alta intensidad, lo que ha posibilitado el desarrollo de motores compactos y de alta potencia. Las ventajas de estos motores frente a los motores de corriente continua tradicionales (con el estátor bobinado) son las siguientes:

- Mejor rendimiento.
- Menor tamaño y peso, es decir, la relación potencia-volumen es mejor.
- Mayor eficiencia y fiabilidad.

Los motores que permiten el desplazamiento del robot son cuatro motores RE40 de Maxon [16], de 40mm con escobillas de grafito y con potentes imanes permanentes. El motor seleccionado es ligero y compacto, cuenta con una potencia de 150 W y gracias a su baja inercia, goza de una elevada aceleración (ver Figura 2.5).

Las especificaciones técnicas más importantes de este motor se relacionan a continuación [17]:



Figura 2.5: Motor RE40 de corriente continua con escobillas

- Valores a tensión nominal
  - Tensión máxima: 48 V
  - Máxima corriente en continua: 1,4 A
  - Velocidad nominal: 2710 rpm (revoluciones por minuto)
  - Máximo par en continua: 189 mNm
  - Máximo rendimiento: 89%
- Momento de inercia del rotor: 121  $gcm^2$
- Relación velocidad-par motor: 3,29 rpm/mNm.

### 2.3.3. Codificadores (*Encoders*)

Cada uno de los motores del robot viene equipado con un sensor integrado directamente en dicho motor. El *encoder* transmite señales de onda cuadrada que se pueden utilizar para calcular la posición angular o la velocidad de giro.

El modelo seleccionado es el *encoder* MR tipo L [16] (ver Figura 2.6) que cuenta con dos canales y *line driver* (señales inversas). Es un sensor de principio magnetorresistivo que detecta las modificaciones en el flujo magnético y las transmite como señales A y B. Este tipo de sensor tiene la ventaja de ser muy compacto y resistente a la acción del polvo, los aceites y la suciedad.

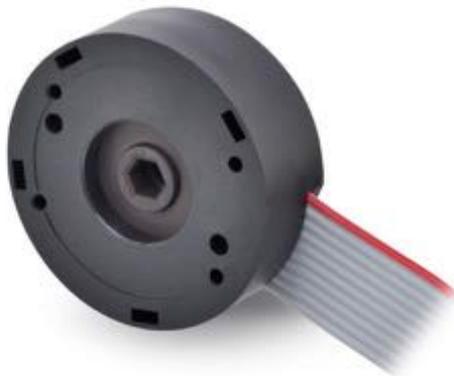


Figura 2.6: Encoder MR tipo L montado en el motor

A continuación se detallan algunas características de este sensor [17]:

- Señal de posición relativa apta para posicionamiento.
- Reconocimiento del sentido de giro.
- Información de la velocidad por la frecuencia de pulsos.
- Canales de onda cuadrada A, B e I (*index*).
- El *line driver* genera las señales complementarias de los canales que permiten eliminar las interferencias que se producen en cables largos y mejoran la calidad de la transmisión.
- Resolución: 500 ppv (pulsos por vuelta)
- Velocidad máxima admitida: 24000 rpm

#### 2.3.4. Reductora

Cada rueda del robot Andábata lleva incorporada una reductora con una relación de transmisión de 1:37 formada por un tornillo sin fin y un engranaje de ejes cruzados.

Esta reductora permite obtener una reducción de velocidad elevada ocupando poco espacio. Está construida en acero y tiene la ventaja de actuar en un solo

sentido (desde el motor hacia la rueda y no al revés), por lo tanto, funciona como un freno de la rueda en caso de que el motor no esté alimentado. Esta característica resulta muy útil con pendientes en caso de perder alimentación.

La reductora está formada principalmente por un tornillo sin fin acoplado al motor y una rueda dentada cuyo eje se acopla a la llanta del robot (ver Figura 2.7). Todo ello encerrado en una carcasa cerrada rellena de grasa.

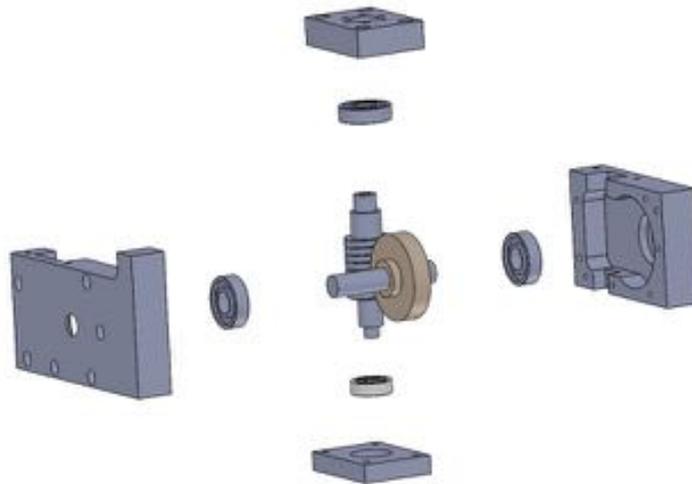


Figura 2.7: Vista explosionada de la reductora

## 2.4. Sistema de suspensión

La suspensión de un vehículo es el conjunto de elementos elásticos que se colocan entre las partes en contacto con el terreno y las partes que no lo están. Su función principal es absorber los impactos que se producen en las ruedas evitando que se transmitan, en la medida de lo posible, al resto de elementos del vehículo. También permiten asegurar el contacto de las ruedas con el suelo.

Cada rueda del robot cuenta con una guía independiente de 6,5 cm de recorrido, tensada mediante dos muelles, para que se adapte mejor a las irregularidades del terreno. La Figura 2.8 muestra el sistema de suspensión del robot móvil acoplado a la rueda.

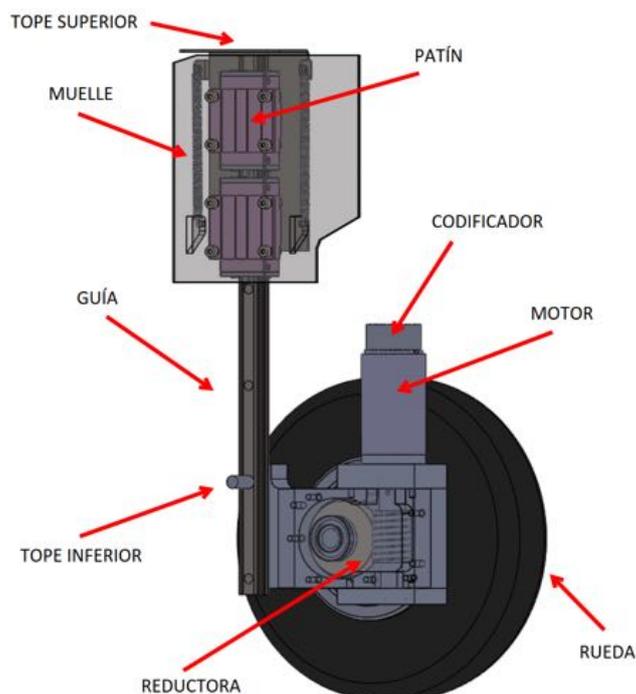


Figura 2.8: El sistema de suspensión del robot móvil acoplado a la rueda

Las guías seleccionadas son de la serie HGR15R de Hiwin [9] específica para cargas muy pesadas (ver Figura 2.9), ya que son el único elemento que une las ruedas con el chasis. Las guías se fijan mediante tornillos a un soporte que a su vez está soldado al chasis tubular del robot móvil (ver Figura 2.10). Las características más importantes de estas guías lineales son:

- Soportan cargas en las direcciones radial, radial inversa y lateral.
- Son autoalineantes y presentan un movimiento suave.
- Admiten precarga para dotarlas de mayor rigidez.

El modelo de patín seleccionado ha sido HWG15ccc precarga Z0 que ejerce una cierta fricción al movimiento. Los patines incorporados al robot móvil se fijan a un soporte de acero mediante tornillos y este soporte se encuentra a su vez unido al chasis mediante soldadura.

La suspensión cuenta además con dos límites mecánicos: uno en la parte superior y otro en la parte inferior. Según se estudió en el proyecto «Modelado e identificación



Figura 2.9: Guía lineal y patines

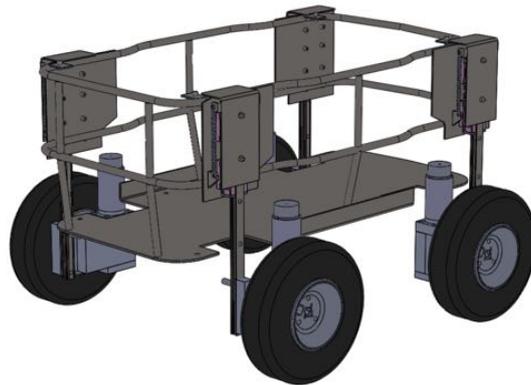


Figura 2.10: Sistema de suspensión acoplado al chasis tubular del robot móvil

del sistema de suspensión pasiva del robot móvil Andábata»[1], la constante de los muelles vale  $k = 3976,6 \text{ N/m}$  y el coeficiente de fricción es  $b = 75,7581 \text{ N} \cdot \text{s/m}$  aproximadamente.

## 2.5. Modelo cinemático aproximado

Dada la similitud en el direccionamiento de la configuración *skid-steer* con la tracción diferencial [14], se pueden establecer relaciones geométricas que permiten obtener un modelo cinemático aproximado de esta configuración.

Se asume que el sistema de referencia del robot tiene su origen en el centro del área definida por el contacto de las ruedas con el suelo. El eje  $Y$  está alineado con la dirección del movimiento, tal y como muestra la Figura 2.11.

Los vehículos con la configuración *skid-steer* se controlan mediante dos señales de entrada: la velocidad lineal de las ruedas del lado izquierdo y derecho respecto

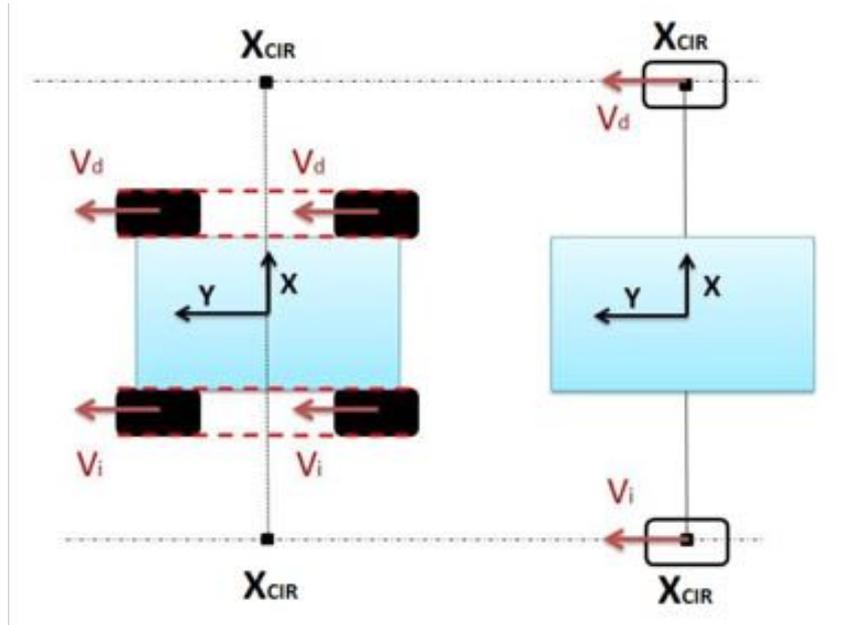


Figura 2.11: Equivalencias entre *skid-steer* y la tracción diferencial

al sistema de referencia del robot  $(V_d, V_i)$ . La cinemática directa sobre el plano se puede establecer de la siguiente forma:

$$\begin{pmatrix} v_x \\ v_y \\ \omega_z \end{pmatrix} = A \cdot \begin{pmatrix} V_i \\ V_d \end{pmatrix} \quad (2.1)$$

donde  $v = (v_x, v_y)$  es la velocidad de traslación del vehículo expresada en el sistema de referencia del robot,  $\omega_z$  es la velocidad angular respecto al eje  $Z$  (perpendicular al plano definido por los ejes  $X$  e  $Y$  y con sentido positivo hacia arriba) y  $A$  es una matriz que solo depende del Centro Instantáneo de Rotación (CIR) y de factores de corrección.

En el caso de un modelo cinemático ideal simétrico la matriz  $A$  toma la siguiente forma:

$$A = \frac{\mu}{2x_{CIR}} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ x_{CIR} & x_{CIR} \\ -1 & 1 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

donde para obtener los parámetros  $x_{CIR}$  y  $\mu$  se realizan dos experimentos.

La expresión 2.2 también representa la cinemática de un vehículo con tracción diferencial con las ruedas colocadas a una distancia  $x_{CIR}$  del centro (ver Figura 2.11).

### 2.5.1. Coeficiente lineal $\mu$

En este caso, el experimento consiste en dar la misma velocidad a todas las ruedas para que se mueva en línea recta, hacia delante y hacia atrás, durante 5 segundos. Se ha considerado el valor del coeficiente obtenido sobre terreno natural pero el experimento también se ha realizado sobre terreno artificial.

La ecuación aplicada es:

$$\mu \approx \frac{2 \cdot d}{\int V_d dt + \int V_i dt} \quad (2.3)$$

donde  $d$  es la distancia recorrida por el robot móvil.

En realidad no se han integrado velocidades sino que se ha obtenido la distancia recorrida por las ruedas mediante las controladoras de movimiento instaladas en el robot móvil (ver Apartado 3.4).

Los coeficientes obtenidos para cada velocidad y sentido de la marcha de la Tabla 2.1 se promedian para obtener el valor del coeficiente lineal:

$$\mu = 0,97728 \quad (2.4)$$

Velocidad (lineas/s)		Sentido marcha	Distancia (mm)	d (mm)	$\mu$ (m)
Izda.	Dcha.		$\frac{\int V_d dt + \int V_i dt}{2}$		
7025	7025	Delante	1174,10	1170	0,99651
-7025	-7025	Atrás	1175,29	1150	0,97849
14051	14051	Delante	2367,48	2300	0,97150
-14051	-14051	Atrás	2368,51	2280	0,96263

Promedio 0,97728

Tabla 2.1: Experimento sobre terreno natural para obtener  $\mu$

Los resultados del experimento en terreno artificial se muestran en la Tabla 2.2, siendo muy parecidos a los obtenidos en terreno natural.

Velocidad (lineas/s)		Sentido marcha	Distancia (mm) $\frac{\int V_d dt + \int V_i dt}{2}$	d (mm)	$\mu$ (m)
Izda.	Dcha.				
7025	7025	Delante	1178,27	1170	0,99298
-7025	-7025	Atrás	1180,19	1160	0,98289
14051	14051	Delante	2376,03	2290	0,96379
-14051	-14051	Atrás	2370,05	2270	0,95779
				Promedio	0,97436

Tabla 2.2: Experimento sobre terreno artificial para obtener  $\mu$

### 2.5.2. Coeficiente rotacional $x_{CIR}$

El experimento consiste en hacer girar el robot sobre sí mismo, dando a las ruedas izquierda y derecha la misma velocidad pero distinto sentido. La ecuación que se aplica es:

$$x_{CIR} \approx \frac{\int V_d dt - \int V_i dt}{2 \cdot \phi} \quad (2.5)$$

donde  $\phi$  es el ángulo girado.

Aunque el valor de este coeficiente se toma del experimento realizado sobre tierra aplanada y compacta, éste también se ha realizado en una zona pavimentada. En ambos casos se ha realizado de la misma forma: a dos velocidades diferentes y para ambos sentidos de giro, con una duración de 5 segundos en cada giro.

El valor final del coeficiente rotacional es el promedio de los coeficientes obtenidos para cada velocidad y sentido de giro en el experimento realizado en terreno natural (ver Tabla 2.3) siendo dicho valor:

$$x_{CIR} = 0,38638 \text{ m} \quad (2.6)$$

Velocidad (lineas/s)		Giro	Distancia (mm)	$\phi$ (rad)	$x_{CIR}$ (m)
Izda.	Dcha.				
			$\frac{\int V_d dt - \int V_i dt}{2}$		
7025	-7025	Dextrógiro	1170,7278	3,0737	0,38088
-7025	7025	Levógiro	1166,2045	2,9590	0,39412
14051	-14051	Dextrógiro	2358,7001	6,1712	0,38221
-14051	14051	Levógiro	2357,4102	6,0710	0,38830
Promedio					0,38638

Tabla 2.3: Experimento sobre terreno natural para obtener  $x_{CIR}$ 

Los datos del experimento en terreno artificial que se muestran de la Tabla 2.4 son muy parecidos a los datos obtenidos en terreno natural.

Velocidad (lineas/s)		Giro	Distancia (mm)	$\phi$ (rad)	$x_{CIR}$ (m)
Izda.	Dcha.				
			$\frac{\int V_d dt - \int V_i dt}{2}$		
7025	-7025	Dextrógiro	1174,9201	3,0369	0,38688
-7025	7025	Levógiro	1172,7645	2,87979	0,40724
14051	-14051	Dextrógiro	2362,0777	6,0912	0,38779
-14051	14051	Levógiro	2361,2291	5,9167	0,38908
Promedio					0,39525

Tabla 2.4: Experimento sobre terreno artificial para obtener  $x_{CIR}$



# Capítulo 3

## Sistema eléctrico y electrónico

### 3.1. Introducción

En este capítulo se describen los sistemas que proporcionan la energía (sistema eléctrico) y el control del movimiento de bajo nivel (sistema electrónico) a Andábata.

### 3.2. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico del robot móvil Andábata es relativamente sencillo. Está formado por una batería y una fuente de alimentación para la computadora, el *router* y el sensor láser. También se dispone de un interruptor general de puesta en marcha y de un cargador de baterías externo. La Figura 3.1 muestra un diagrama de bloques del sistema eléctrico.

#### 3.2.1. Batería

Una batería es un conjunto de celdas electroquímicas que convierte la energía química en energía eléctrica mediante una reacción química reversible. El cierre del circuito externo inicia el proceso de descarga induciéndose una corriente eléctrica aprovechable para producir trabajo. Durante el proceso de carga, un aporte de energía eléctrica externa permite revertir las reacciones químicas ocurridas durante el proceso de descarga.

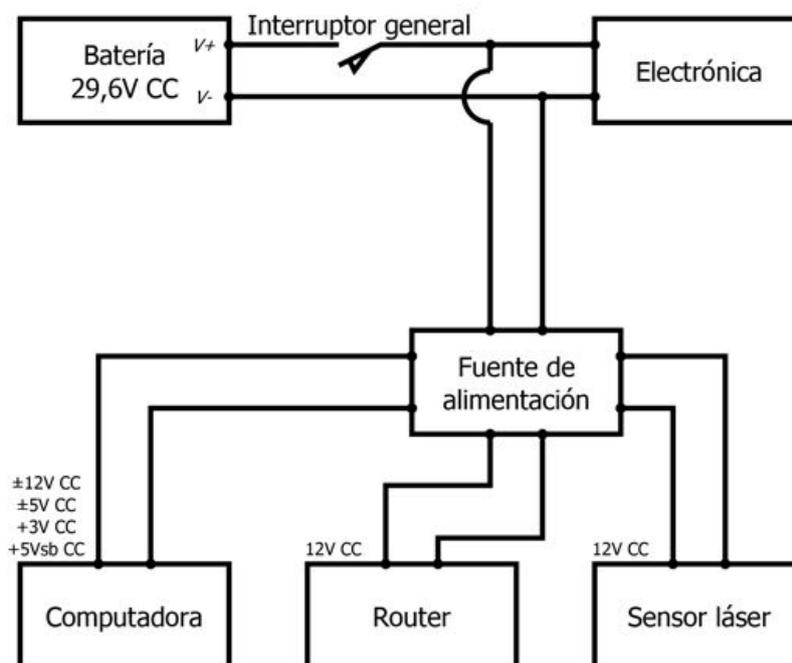


Figura 3.1: Diagrama de bloques del sistema eléctrico

A la hora de escoger una batería hay que analizar y comparar los tipos disponibles y ver cuál es el que se adapta mejor a las necesidades y requerimientos. Habrá que tener en cuenta parámetros como la tensión, la capacidad, la potencia, la durabilidad o los costes.

Los tipos de baterías más usados actualmente son las de plomo-ácido, de níquel-metal y de ión-litio. La batería de plomo-ácido fue la primera batería recargable utilizada para uso comercial y es la más usada actualmente. Entre sus ventajas está el bajo coste de fabricación, la robustez y una buena potencia específica (W/Kg). Los inconvenientes principales son una baja energía específica (cantidad de energía por kilogramo que puede almacenar una batería), carga lenta y un ciclo de vida limitado.

Las baterías de níquel-metal tienen una energía específica mejor que las anteriores pero adolecen del “efecto memoria”, que implica que la capacidad se vea reducida si no se realizan ciclos completos de carga y descarga. Respecto a las de plomo-ácido tienen una mayor tasa de autodescarga cuando no se usan, una carga más rápida, un ciclo de vida alto y son más respetuosas con el medio ambiente.

Las baterías de ión de litio son actualmente las que mejores características ofrecen

y, por ello, se usan tanto en la electrónica de consumo (portátiles, móviles, etc.) como en vehículos eléctricos. Dan una energía específica muy alta, casi el doble que las de níquel-metal, los ciclos de vida son elevados y el tiempo de carga es bueno. Además tienen un índice de descarga mucho menor que las anteriores, no requiere mantenimiento y no presentan el “efecto memoria” de las baterías de níquel-metal. El inconveniente principal es que requiere un circuito de protección que limite la tensión y la intensidad que entregan.

La batería instalada en el robot móvil Andábata procede de un monopatín eléctrico (ver Figura 3.2). La batería es de ión de litio de 8 celdas cuya capacidad total es de  $7,2 \text{ Ah}$ , con una tensión máxima de  $29,6 \text{ V}$ . Cada celda contiene dos baterías montadas en paralelo, con unos valores nominales por celda de  $3,7 \text{ V}$  y  $0,9 \text{ Ah}$ . El peso de la batería es de  $7 \text{ Kg}$  y sus medidas son  $59 \times 16 \times 9 \text{ cm}$  habiendo colocado una celda por encima de las demás para reducir su longitud. Como se aprecia en la Figura 3.3, la batería está ubicada en el nivel inferior del chasis de Andábata.

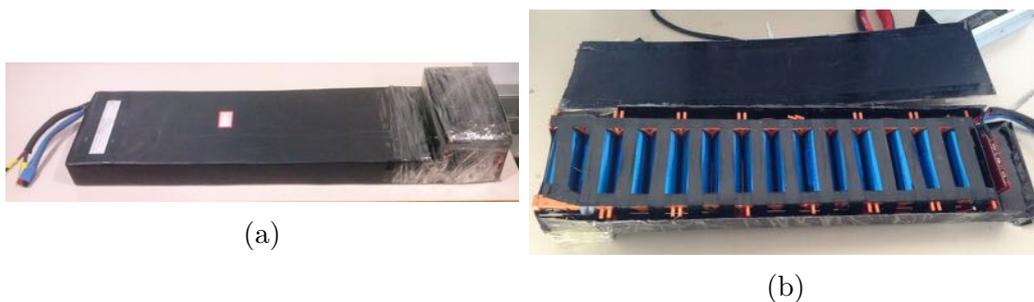


Figura 3.2: Batería: (a) Vista exterior (b) Celdas

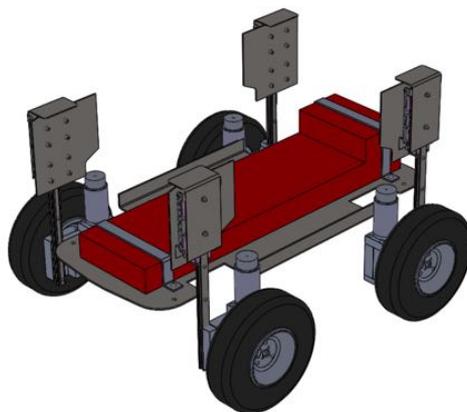


Figura 3.3: Ubicación de la batería en el robot Andábata

El robot móvil también cuenta con una batería de repuesto (no alojada en el vehículo) de las mismas características y un cargador externo para dichas baterías. El cargador realiza la conversión desde  $220\text{ V CA}$  a  $29,2\text{ V CC}$  (Ver Figura 3.4). Presenta dos pilotos led de estado: uno de ellos siempre está en color rojo si está conectado a la red eléctrica y el otro permanece en color rojo mientras se realiza la carga y cambia a verde cuando se ha completado la misma.



Figura 3.4: Cargador de la batería del robot móvil Andábata

La batería dispone de dos conectores: uno con cubierta azul para el cargador externo y el otro con cubierta negra para alimentar al robot (ver Figura 3.2a). Cada conector consta, a su vez, de dos terminales identificados por colores, el terminal de color rojo corresponde a la tensión positiva y el terminal de color negro a la tensión negativa.

### 3.2.2. Fuente de alimentación

Una fuente de alimentación es un dispositivo capaz de transformar la corriente eléctrica en otra adecuada a los dispositivos que se desea alimentar.

Andábata dispone de una fuente de alimentación para el PC que también alimenta al *router* y al telémetro láser 3D. El aspecto principal a la hora de elegir una fuente de alimentación es que tenga la capacidad suficiente para alimentar todos los dispositivos que van a ser conectados a ella, pero también deben tenerse en cuenta características como la estabilidad de las tensiones de salida o las corrientes que suministra para cada tensión.

La fuente de alimentación incorporada al robot móvil es del modelo SDX-425-G24 fabricado por Sunpower [23] (ver Figura 3.5) que se alimenta directamente desde

la batería del robot móvil (ver Figura 3.1). Es una fuente de alimentación CC-CC para sistemas ATX de 425W de potencia que presenta las siguientes características:

- La tensión de alimentación debe estar en un rango de 19V a 36V.
- La eficiencia es del 72 %.
- Dispone de seis salidas, correspondientes a  $+3,3 V$ ,  $\pm 5 V$ ,  $\pm 12 V$  y  $+5 V_{sb}$ , siendo la última la tensión de *stand by*, de forma que la fuente permanece a la espera del encendido del PC para sacar el resto de las salidas.
- Función de arranque suave para reducir los picos de corriente al inicio.
- Protección contra sobretensión, sobrecarga y cortocircuito.
- Aislamiento en la entrada y la salida de potencia.



Figura 3.5: Fuente de alimentación Sunpower SDX-425-G24

La fuente de alimentación debe tener siempre el interruptor de encendido en la posición *ON* (situado en la parte trasera de la fuente). Sin embargo, solo se pone en funcionamiento con el pulsador de encendido del PC. La Figura 3.6 muestra la situación de la fuente en el robot Andábata, la cual está ubicada sobre el nivel intermedio, en la parte delantera del robot móvil.

La computadora utiliza las seis salidas de tensión para alimentar sus componentes. El *router* y el sensor láser 3D se alimentan a una tensión de 12 *VCC*. El teléfono inteligente utiliza los recursos de esta fuente aunque no esté conectado directamente, ya que se carga a través del puerto USB del PC.

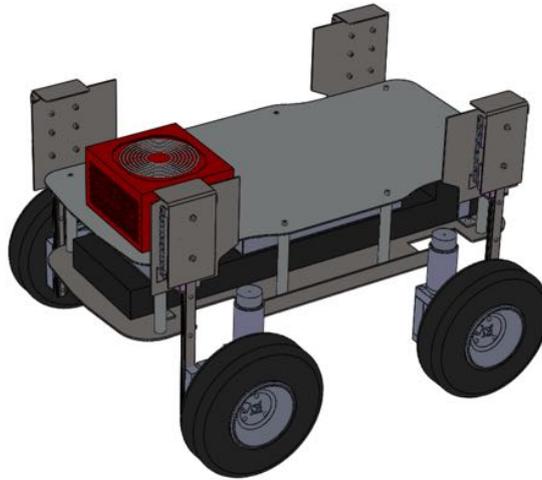


Figura 3.6: Fuente de alimentación sobre el nivel intermedio del robot móvil

### 3.2.3. Interruptor general

Se ha incorporado un interruptor de corte para facilitar el encendido y apagado de todo el robot (ver Figura 3.1).

El interruptor de puesta en marcha está instalado entre la batería y los elementos conectados a ella. Se encuentra situado en el frontal del robot móvil, en el nivel intermedio, junto a la fuente de alimentación del PC (ver Figura 3.7). Es un interruptor industrial de Siemens capaz de hacer conmutaciones de corrientes de alta intensidad.

## 3.3. Sistema electrónico

El sistema electrónico del robot móvil (ver Figura 3.8) se compone dos amplificadores de potencia digitales y dos placas de control que se encargan de manejar los cuatro motores presentados en la Sección 2.3.2. Los amplificadores de potencia corresponden al modelo Sabertooth 2x32 de la empresa Dimension Engineering [5] y los módulos de control corresponden al modelo Kangaroo x2 de esta misma empresa.

Como se aprecia en la Figura 3.8, los motores delanteros se conectan a una Sabertooth y los traseros a la otra. Cada Sabertooth está conectada a una Kangaroo y éstas a su vez, a un puerto USB del PC.

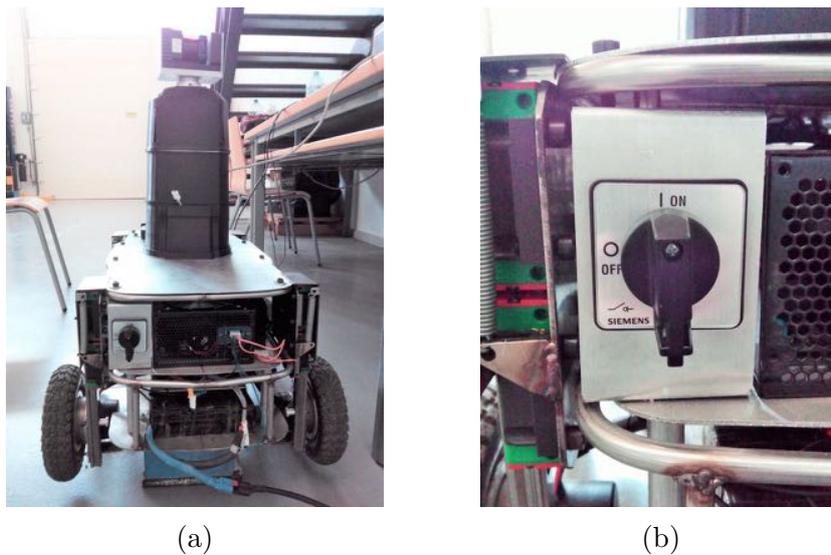


Figura 3.7: Interruptor de puesta en marcha: (a) Sobre el robot (b) Detalle

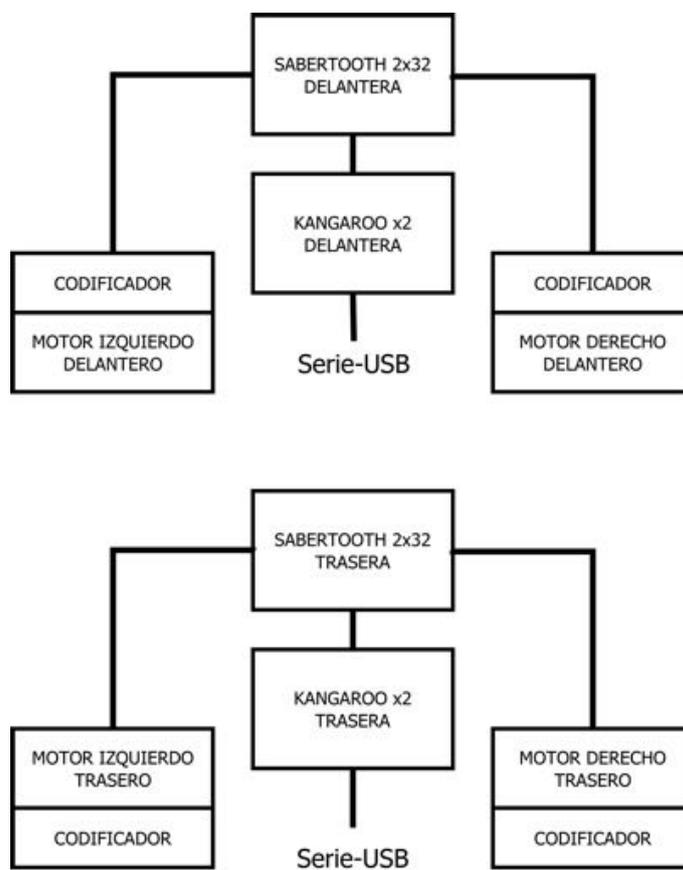


Figura 3.8: Diagrama de bloques de la electrónica de control de motores

Este circuito electrónico se encuentra alojado en una caja realizada en aluminio situada entre las baterías y la chapa del nivel intermedio, estando atornillada a esta última (ver Figura 3.9).

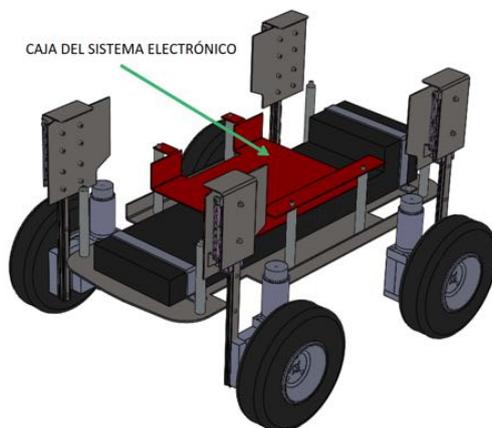


Figura 3.9: Ubicación de la caja para la electrónica en el robot móvil

Las Sabertooth se alimentan directamente de la batería (ver Figura 3.1), mientras que las Kangaroo lo hacen desde los  $5\text{ V CC}$  que les proporciona la Sabertooth.

En la Figura 3.10 se muestra una fotografía del circuito electrónico instalado en el robot móvil. Los motores delanteros están conectados al conjunto amplificador-controladora situado en el extremo de la caja que aloja al circuito, mientras que los traseros están conectados al conjunto situado en el centro de dicha caja.

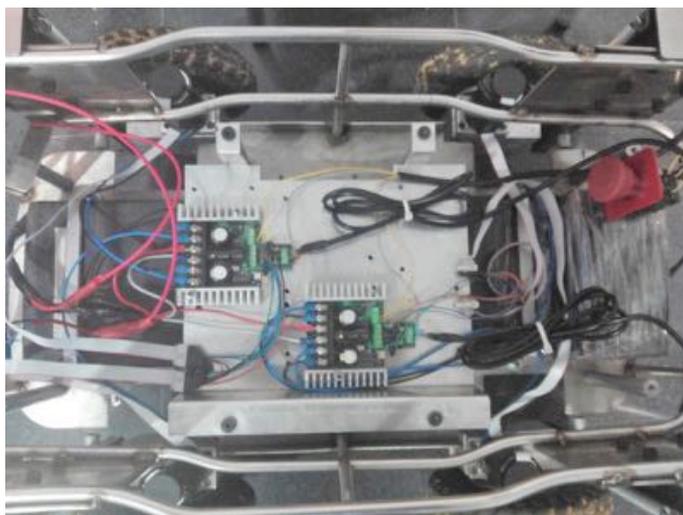


Figura 3.10: Fotografía del circuito electrónico del robot móvil

### 3.3.1. Sabertooth 2x32

La controladora de motor Sabertooth 2x32 de Dimension Engineering [5] mostrada en la Figura 3.11 es un pequeño amplificador de dos canales capaz de suministrar 32 amperios a dos motores con picos de hasta 64 amperios por motor. Puede ser operado mediante radio control, señales analógicas, protocolo TTL *serial* y USB.

Las características más importantes de este amplificador son:

- Admite un rango de tensiones de alimentación de 6V a 30V. La tensión máxima es 33,6V.
- Frecuencia de conmutación de 30KHz.
- Protección térmica y contra sobrecargas.
- Posee un modo de protección de baterías.
- Permite el control y la monitorización mediante USB.
- El límite de corriente es configurable.
- Tiene cuatro modos de operación, además de un modo de usuario personalizable.



Figura 3.11: Sabertooth 2x32

En la Figura 3.12 se muestra un diagrama de la controladora de motor Sabertooth. Las conexiones son las siguientes:

- **M1A y M1B:** se conectan al motor 1.
- **M2A y M2B:** se conectan al motor 2.
- **B+:** se conecta al terminal positivo de la batería.
- **B-:** se conecta al terminal negativo de la batería. Está conectado internamente con el terminal 0V.
- **DIP Switches:** se usan para configurar la Sabertooth.
- **USB port:** se utiliza para configurar o controlar.
- **0V:** está internamente conectado a B-. Proporciona la tierra (GND) para el circuito de control.
- **5V:** es una tensión de salida regulada que genera la Sabertooth 2x32. La intensidad máxima es de 1A.
- **S1 y S2:** son señales de entrada.
- **A1 y A2:** son señales de entrada auxiliares.
- **P1 y P2:** son salidas de potencia. Se usan para limitar tensiones, accionar frenos de motor o como salidas de potencia adicionales. La intensidad máxima es de 8A.
- **LED de estado y LED de error:** indican diferentes situaciones de funcionamiento.

Los modos de operación de la Sabertooth se seleccionan mediante seis interruptores DIP. Las diferentes combinaciones de posición de los interruptores 1 y 2 seleccionan el modo de control y los interruptores 4, 5 y 6 establecen diferentes opciones en cada modo de control. La función del interruptor 3 se limita a la configuración de la alimentación del sistema. Los modos de operación disponibles son:

- **Analógico:** en este modo se utilizan tensiones analógicas para controlar el amplificador. Es el control más sencillo, siendo el rango de tensiones de 0V a 5V.

- Radio Control: usa pulsos R/C para enviar comandos a la controladora de motor. Estas señales son generadas por transmisores y receptores de radio control o por microcontroladores.
- Serie: este modo se usa para controlar la Sabertooth mediante un microcontrolador o un PC.
- USB: con este modo, el amplificador recibirá las órdenes mediante su puerto USB.
- Modo Usuario: es un modo personalizado que puede crearse mediante la aplicación “DEscribe PC” proporcionada por la empresa Dimension Engineering [5].

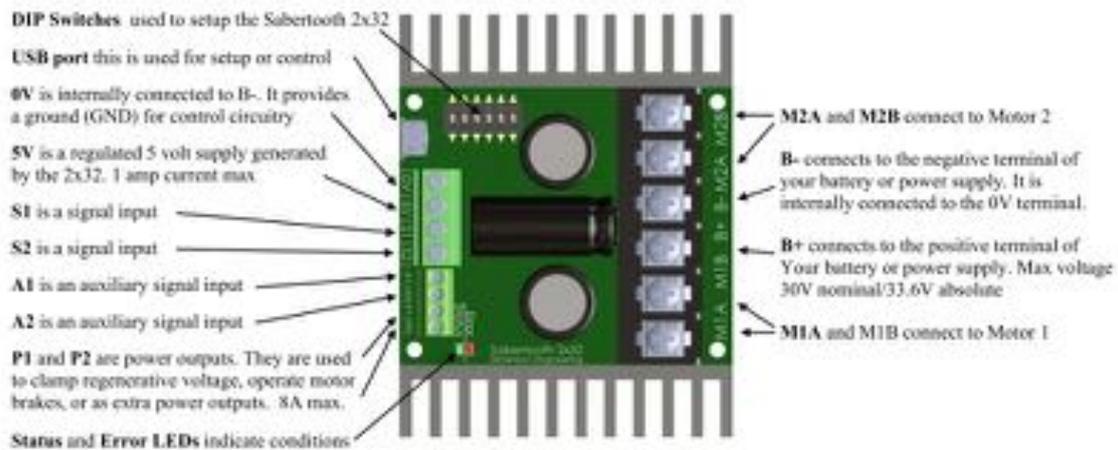


Figura 3.12: Conexiones de la placa Sabertooth 2x32

Para su uso en el robot Andábata se ha seleccionado el modo Serie, así que la configuración de los interruptores DIP 1 y 2 debe establecerse en la posición OFF tal y como se muestra en la Figura 3.13.

Además, el interruptor 6 se ha posicionado en OFF para habilitar la parada de emergencia, de forma que, para que funcione la salida de motor M1, el terminal A1 debe estar conectado a la señal de 5V y para permitir la salida de motor M2, el terminal A2 debe estar conectado también a la señal de 5V. Si estas conexiones se interrumpen, los motores se detendrán inmediatamente.

El botón de emergencia está conectado a los terminales auxiliares A1 y A2 del amplificador de potencia Sabertooth 2x32 y al terminal de 5V de la controladora

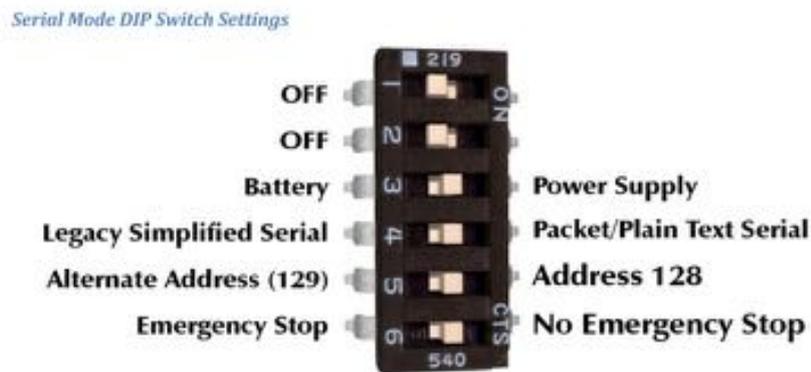


Figura 3.13: Interruptores DIP para el modo Serie en Sabertooth 2x32

Kangaroo x2; si este botón se pulsa, se interrumpe la conexión entre los terminales auxiliares y el terminal 5V, lo cual implica la detención inmediata de los cuatro motores.

El botón de emergencia se encuentra en la parte trasera del robot, sobre el nivel superior (ver Figura 3.14). Este mecanismo de emergencia es un interruptor que se abre al presionarlo provocando que se deshabiliten las controladoras de los motores “Sabertooth 2x32”. Cuando se acciona el interruptor se queda en la posición activa, es decir, no retrocede después de pulsarlo y las controladoras permanecen deshabilitadas. Para desactivarlo, hay que girar el pulsador en sentido contrario a las agujas del reloj.



(a)



(b)

Figura 3.14: Interruptor de parada de emergencia: (a) Sobre el robot (b) Detalle

### 3.3.2. Kangaroo x2

La controladora de movimiento Kangaroo x2 de Dimension Engineering [5], de la que se cuenta con dos unidades, se utiliza para realizar el control en bucle cerrado de la velocidad de las ruedas. Cada uno de los módulos de control se conecta a los amplificadores de potencia Sabertooth tal y como se muestra en la Figura 3.15.

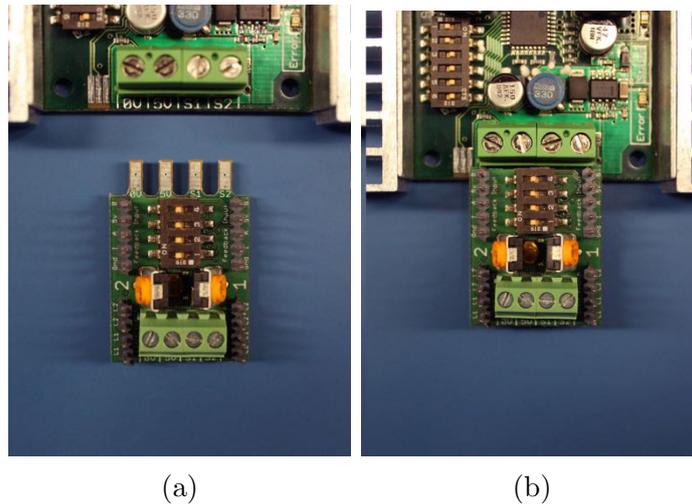


Figura 3.15: Kangaroo x2: (a) Separada de la Sabertooth (b) Conectada

Kangaroo es un controlador de movimiento que posee la capacidad de autoajustar el control PID. Las órdenes pueden venir dadas mediante radio control, señales analógicas, microcontroladores o computadoras. En el caso del robot Andábata, las órdenes de velocidad se enviarán a través del puerto USB de la computadora, mediante un cable USB-TTL *serial* [7]. El módulo Kangaroo se encargará de interpretar esta información junto con la que recibe de los *encoders* y enviará las órdenes a la controladora de motor Sabertooth mediante conexión serie.

Algunas especificaciones de este módulo son:

- Controlador PID autoajustable de dos canales.
- El control puede realizarse sobre posición o velocidad.
- Acepta realimentación mediante *encoders* o potenciómetros.
- Soporta configuraciones con interruptores límite y paradas mecánicas.
- Las entradas pueden ser analógicas, de radio control o serie.

En la Figura 3.16 se muestran las entradas y conexiones disponibles de la controladora de movimiento. Las conexiones para los codificadores de los motores están dispuestas en los laterales de la Kangaroo (Gnd, I, A, B, 5V), así como las de los posibles interruptores límite (L1, L2). En el centro se encuentran los interruptores DIP, los potenciómetros de cada canal y el botón de autoajuste (*Autotune*). Por último, las conexiones para la comunicación con el sistema de control están en los extremos delantero y trasero (0V, 5V, S1, S2).

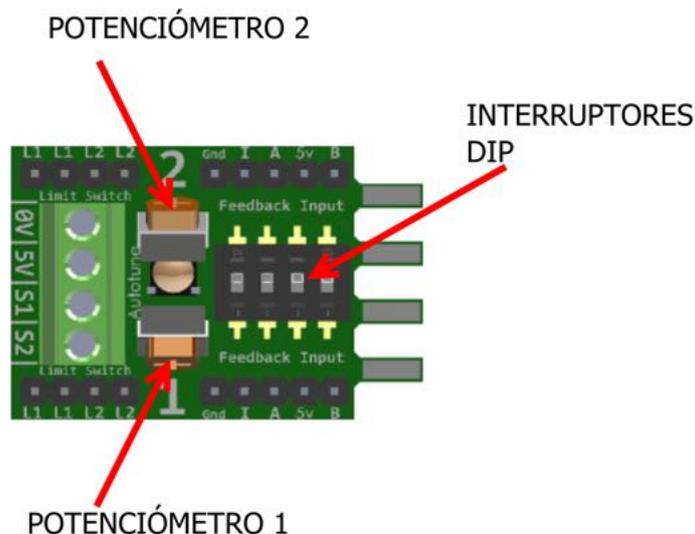


Figura 3.16: Diagrama de la placa Kangaroo x2

El modo de operación de Kangaroo x2 se selecciona mediante cuatro interruptores DIP (ver Figura 3.17), aunque también es posible realizar la configuración mediante el *software* “DEscribe PC” proporcionado por Dimension Engineering [5]. La configuración seleccionada para el control del robot móvil es la siguiente:

- Señales de entrada digitales (DIP 1 - ON). Para control mediante comandos serie se conectará el puerto TX del cable USB-TTL *serial* al terminal S1 de la Kangaroo y el puerto RX cable USB-TTL *serial* al terminal S2 de la Kangaroo.
- Realimentación mediante codificador (DIP 2 - ON).
- Control de velocidad (DIP 3 - OFF): hará que el motor se mueva a una velocidad determinada, si éste encuentra alguna resistencia, la controladora aplicará más potencia.
- Modo independiente (DIP 4 - ON): las señales de salida de los motores son independientes.

## Operating mode DIP switch settings

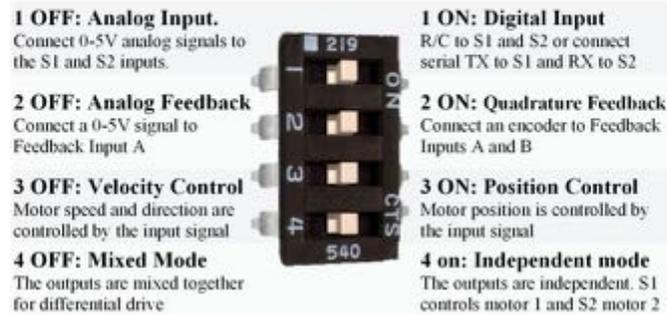


Figura 3.17: Opciones de operación mediante interruptores DIP

Al instalar las controladoras por primera vez es necesario realizar el autoajuste del PID. En el manual proporcionado por el fabricante se explica el proceso a seguir para realizar este ajuste (ver Figura 3.18). Si la Kangaroo está configurada para el control de la velocidad, durante el ajuste, ésta determina la velocidad máxima del sistema. Ésta velocidad máxima puede limitarse mediante un potenciómetro incorporado en dicha controladora. Por defecto, las Kangaroos están limitadas al 75 % de la velocidad máxima del sistema con el objetivo de proporcionar un cierto margen de potencia para mantener la velocidad deseada cuando se superan obstáculos o pendientes.



(a)

Figura 3.18: Resultados del autoajuste del PID

## 3.4. Sistema de control de motores

Para enviar las órdenes a las controladoras de movimiento se utiliza la comunicación serie, lo que permite al computador obtener un nivel de control más preciso en comparación con los otros modos de control que acepta la controladora Kangaroo. La controladora viene configurada por defecto con los parámetros de comunicación relacionados a continuación:

- Velocidad de transmisión: 9600 baudios.
- Bits de transmisión: 8 bits.
- Paridad: sin paridad.
- Bit de parada: 1 bit.
- Control de flujo: sin control de flujo.

Para que esta comunicación sea efectiva el puerto de comunicaciones del computador debe configurarse de la misma forma. Estos parámetros de comunicación pueden modificarse en la controladora Kangaroo x2 mediante la aplicación DEScribe PC.

### 3.4.1. Comandos disponibles

Todos los comandos o telegramas son enviados y recibidos en código ASCII. El formato de las órdenes es siempre el mismo y está formado por el número de canal, una coma, la orden y nueva línea. La orden puede estar compuesta por caracteres de texto únicamente o por una combinación de caracteres de texto y numéricos. Los espacios son ignorados y pueden añadirse para facilitar la lectura:

*«n<sup>o</sup> de canal», «orden»«\n»*

#### Número de canal

Indica qué motor es el que recibirá la orden (ver Tabla 3.1).

Número de canal	Modo de operación	Resultado
1	Independiente	Motor 1
2	Independiente	Motor 2
D	Mixto	Canal de tracción de ambos motores.
T	Mixto	Canal de giro de ambos motores.

Tabla 3.1: Nomenclatura de los canales

### Comandos de inicio

Se usan para definir e inicializar el entorno de movimiento. Deben enviarse cada vez que se active la alimentación de la controladora Kangaroo y no devuelven ninguna respuesta (ver Tabla 3.2).

Comando	Resultado	Ejemplo
start	Inicia el canal. Debe ser enviado antes que cualquier otro comando. Los comandos enviados antes de <i>start</i> serán ignorados o devolverán error.	2,start
units	Se usa para cambiar la entrada desde las unidades de la máquina (milivoltios o líneas de <i>encoder</i> ) a un sistema de unidades definido por el usuario. Estos comandos solo aceptan enteros por lo que deben usarse las unidades apropiadas para evitar grandes errores. Después del comando, el primer valor es la unidad definida por el usuario, después se escribe el signo igual seguido del valor de la unidad de la máquina y nueva línea. El sistema solo atiende los números, así que detrás de los valores numéricos se pueden escribir cadenas de texto para dotar a la orden de una mayor claridad.	1,units 628 mm = 18500 lines
home	Se usa en el inicio para mover el sistema a su posición de partida (si el modo lo requiere). Cuando se usa un <i>encoder</i> con un interruptor límite o un límite de choque ajustado, solo se aceptarán comandos de tipo incremental hasta que el canal esté posicionado. No tiene ningún significado en modo mixto.	1,home

Tabla 3.2: Comandos de inicio

### Comandos de movimiento

Se usan para dirigir el movimiento. La orden está compuesta, en todos los casos excepto en el apagado, por uno de los comandos descritos en la Tabla 3.3 a los que acompaña una cantidad que puede ser positiva o negativa. No devuelven ninguna respuesta.

Comando	Resultado	Ejemplo
p	<b>Posición.</b> El dispositivo irá a la posición especificada en unidades.	1,p100
s	<b>Velocidad.</b> El dispositivo se moverá a la velocidad especificada en unidades por segundo.	2,s-400
pi	<b>Posición incremental.</b> El dispositivo variará su posición, desde la actual, la cantidad especificada en unidades.	1,pi-100
si	<b>Velocidad incremental.</b> El dispositivo variará su velocidad, respecto de la actual, la cantidad especificada por el comando incremental.	2,si2
powerdown	<b>Apagado.</b> Este comando apagará los motores y el sistema de control pero permite medir la posición y velocidad en el caso de que el sistema pueda desplazarse libremente al apagar los motores.	1,powerdown

Tabla 3.3: Comandos de movimiento

### Comandos de petición

Se usan para leer la posición, velocidad y estado del dispositivo. La respuesta se transmite mediante el terminal S2 en texto plano. Es decir, las cantidades que aparecen en los mensajes de respuesta son de tipo texto, no de tipo numérico (ver Tabla 3.4).

#### 3.4.2. Códigos de error

Si la controladora es incapaz de responder apropiadamente a un comando de petición, responderá con un código de error. Es decir, devolverá el número de canal seguido de una coma pero, a continuación, no habrá ningún carácter de posición o velocidad sino alguno de los códigos de error de la Tabla 3.5. Los códigos de error pueden comenzar tanto con el carácter “E” como “e”.

Comando	Resultado	Ejemplo
getp	<b>Obtener posición.</b> Devuelve el número de canal seguido de una coma, el carácter “P” si el movimiento se ha completado o “p” si aún está realizándose, la posición en unidades, retorno de carro y nueva línea.	1,getp
gets	<b>Obtener velocidad.</b> Devuelve el número de canal seguido de una coma, el carácter “S” si el dispositivo ha alcanzado la velocidad o “s” si aún está acelerando, la velocidad en unidades por segundo, retorno de carro y nueva línea.	2,gets
getpi	<b>Obtener posición incremental.</b> Devuelve el número de canal seguido de una coma, el carácter “P” o “p”, la posición en unidades relativa a la posición del dispositivo cuando recibió la última orden, retorno de carro y nueva línea.	2,getpi
getsi	<b>Obtener velocidad incremental.</b> Devuelve el número de canal seguido de una coma, el carácter “S” o “s”, la velocidad en unidades por segundo relativa a la velocidad del dispositivo cuando recibió la última orden, retorno de carro y nueva línea.	1,getsi

Tabla 3.4: Comandos de petición

### 3.4.3. Velocidad máxima

Durante el autoajuste de la Kangaroo, se determina la velocidad máxima a la que los motores pueden girar. Esta velocidad puede consultarse mediante el *software* DEDescribe PC y viene dada en líneas de *encoder* por segundo. Con este valor se puede obtener la velocidad máxima en  $m/s$  a la que irá el vehículo en línea recta de la siguiente forma:

$$v_{max} = v_{max,motor} \frac{2\pi R}{p\rho} \quad (3.1)$$

donde:

- $v_{max,motor} = 20198$  es el 75% de la velocidad máxima del motor en líneas de *encoder* por segundo.
- $p = 500$  es la precisión del *encoder* en pulsos por vuelta (ppv).

- $\rho = 37$  es la relación de transmisión de la reductora.
- $R = 0,1 \text{ m}$  es el radio de la rueda del vehículo.

Por lo tanto, la velocidad máxima del vehículo queda establecida en:

$$v_{max} = 0,685 \text{ m/s} \quad (3.2)$$

Comando	Descripción
E1	<b>No iniciado.</b> El canal no ha sido iniciado o la controladora se ha quedado sin alimentación durante la operación.
E2	<b>No posicionado.</b> El canal ha sido iniciado correctamente pero no ha sido posicionado en un modo que lo requiere, por ello, los comandos absolutos no tienen ningún significado.
e2	<b>Posicionamiento en progreso.</b> Se ha ordenado el posicionamiento pero aún no se ha completado la orden.
E3	<b>Error de control, canal deshabilitado.</b> Debe comprobarse que las fuentes de realimentación están funcionando y que el sistema encuentra las que estaban activas durante el ajuste.
E4	<b>El sistema está en el modo incorrecto.</b> El ajuste debe realizarse de nuevo para utilizar el modo de control activo.
E5	<b>No se reconoce el comando de petición.</b> La controladora es incapaz de entender el comando enviado.
E6	<b>Señal perdida.</b> La controladora ha perdido la comunicación con el PC.

Tabla 3.5: Códigos de error

#### 3.4.4. Giro

Durante los giros, se ha optado por dar prioridad al direccionamiento del vehículo sobre la velocidad con el objetivo de mantener la curvatura ( $\gamma$ ). Para ello se comprueba si supera la velocidad máxima establecida:

$$\text{Si } |v_y| + x_{CIR}|\omega_z| > v_{max} \Rightarrow e = \frac{|v_y| + x_{CIR}|\omega_z|}{v_{max}} \quad (3.3)$$

Cuando se da la condición de la Ecuación 3.3 se limita la velocidad lineal y de rotación de la siguiente forma:

$$\omega_e = \frac{\omega_z}{e} \quad v_e = \frac{v_y}{e} \quad (3.4)$$

Con lo cual, la curvatura se mantiene:

$$\gamma = \frac{w}{v} = \frac{w_e}{v_e} \quad (3.5)$$



# Capítulo 4

## Sistema informático y sensorial

### 4.1. Introducción

Este capítulo describe los diferentes elementos que componen el sistema informático y sensorial de Andábata.

El sistema informático se compone de un potente PC y de un *router* inalámbrico, además cuenta con una tableta que actúa como estación de teleoperación. El *router* es el encargado de establecer comunicación entre todos los dispositivos con los que cuenta el robot. El PC realizará el control y el procesado de datos de los sensores.

El sistema sensorial está formado por un telémetro láser 3D y un teléfono inteligente. El esquema de la Figura 4.1 presenta cómo están conectados todos los elementos de estos dos sistemas.

### 4.2. PC de control

El computador seleccionado tiene que ser capaz de gestionar toda la información que recibe a través de todos los dispositivos conectados a él y realizar la función de control eficazmente.

El PC está situado sobre el nivel intermedio del robot móvil y se aloja en una caja realizada exprofeso debido a la restricción en cuanto a dimensiones (ver Figura

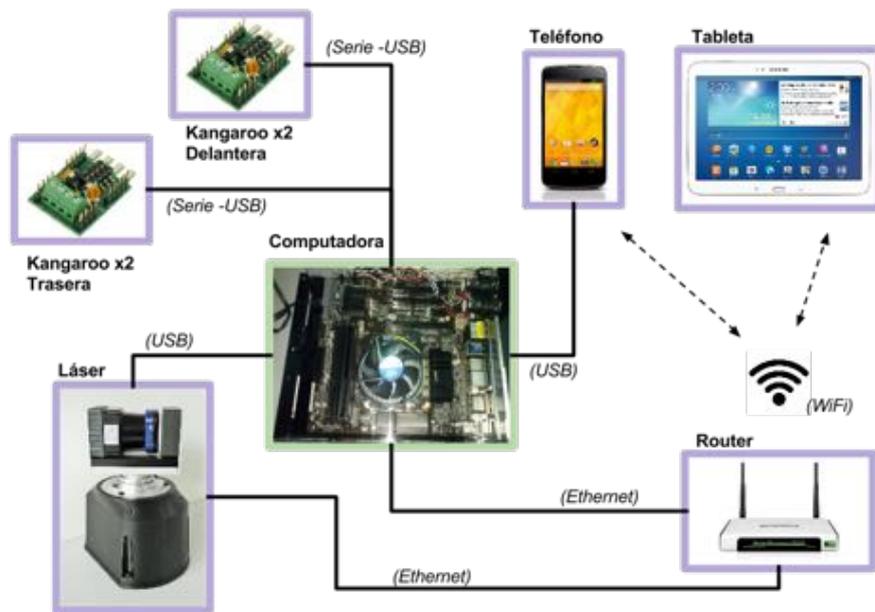


Figura 4.1: Esquema de conexiones de comunicación

4.2). El material de la caja es metacrilato transparente con unos orificios para la ventilación de los componentes del ordenador.

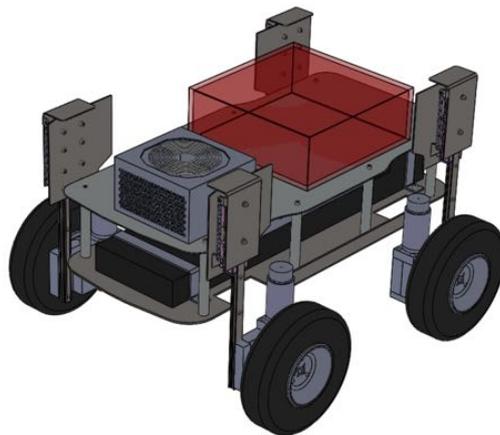


Figura 4.2: Situación de la caja del PC en el robot móvil

El equipo instalado presenta las siguientes características:

- Placa base ASRock Z87M Extreme 4.
- Microprocesador Intel Core i7-4771 de 4 núcleos y 3,5 GHz.

- 16 GB de memoria RAM DDR3 de 1600 MHz de la marca Kingston.
- Disco duro de estado sólido Samsung Evo Basic SSD SATA de 250 GB de capacidad.

### 4.2.1. Placa base

La placa base es uno de los elementos más importantes de un PC, ya que los demás componentes que se instalen estarán condicionados por el modelo elegido. Es importante también que la placa base permita realizar futuras ampliaciones en el equipo.

La placa base del sistema es el modelo Z87M Extreme 4 de la marca ASRock [3] (ver Figura 4.3) y presenta las siguientes características:

- Soporta procesadores de cuarta generación Intel Core i7/i5/i3 (Socket 1150).
- Tecnología de memoria Dual Channel DDR3/DDR3L.
- Máxima capacidad de memoria de 32 GB.
- Formato micro ATX.
- Tarjeta gráfica integrada. Tamaño máximo de memoria 1792 MB.
- Fabricada con una fibra de vidrio de alta densidad que reduce la posibilidad de cortocircuitos eléctricos provocados por la humedad.
- Dispone de la tecnología Fast Boot diseñada por ASRock para un arranque más rápido.

### 4.2.2. Microprocesador

El procesador es otro de los elementos básicos en un PC y debe elegirse cuidadosamente. Es importante observar la compatibilidad con la placa base seleccionada en la Sección 4.2.1.

El microprocesador que se incorpora al PC de control es un Intel Core i7-4771 [12] (ver Figura 4.4) cuyas características más importantes son [2]:



Figura 4.3: Placa base ASRock Z87M Extreme 4

- 4 núcleos que permiten procesar hasta 8 subprocesos simultáneamente.
- Frecuencia base de 3,5 GHz y máxima de 3,90 GHz.
- Tamaño máximo de memoria de 32 GB tipo DDR3 1333/1600.
- Arquitectura de 64 bits.
- Memoria de caché de CPU de 8 MB.



Figura 4.4: Procesador Intel Core i7-4771

### 4.2.3. Memoria RAM

La memoria RAM es una memoria de trabajo de lectura y escritura rápida donde se cargan los datos e instrucciones del procesador. Por tanto, es un elemento que

debe elegirse teniendo en cuenta las prestaciones del microprocesador para obtener el máximo rendimiento.

El robot móvil Andábata incorpora dos módulos de memoria de 8 GB de capacidad cada uno, siendo la capacidad total de 16 GB. El producto instalado es del tipo DDR3 con una frecuencia de 1600 MHz de la marca Kingston [10] (ver Figura 4.5).



Figura 4.5: Memoria Kingston HyperX Fury 16 GB DDR3 1600 MHz CL10

#### 4.2.4. Disco duro

Al ser el disco duro un dispositivo de almacenamiento de datos, la capacidad será una de las características principales a la hora de valorar un dispositivo. Otra de las funciones del disco duro es servir como extensión de la memoria RAM mediante la memoria virtual.

Actualmente en el mercado existen dos tipos de discos duros: rígidos y sólidos. Los discos duros rígidos son los que más tiempo llevan en el mercado y los más comunes actualmente. Se componen de uno o varios discos y un cabezal de lectura/escritura. En cambio, los discos duros sólidos no tienen partes móviles porque utilizan una memoria similar a la de las memorias *flash*.

Los discos duros sólidos o SSD (*Solid State Disk*) son más resistentes ante golpes y vibraciones que los discos duros rígidos (*Hard Disk Drive*, HDD). Otras ventajas de los SSD es que el acceso a los datos es más rápido en comparación con los HDD y son muy silenciosos. El inconveniente principal de los discos duros sólidos es el precio, aunque los costes han ido disminuyendo a medida que se ha ido popularizando su uso.

Como Andábata es un robot móvil para el uso en terrenos naturales, la mejor opción para este computador es utilizar un disco SSD y el producto elegido es un Samsung SSD 840 EVO de 250 GB de capacidad (ver Figura 4.6). El disco duro está colocado dentro de la caja de metacrilato en la parte superior.



Figura 4.6: Samsung SSD 840 EVO

### 4.3. *Router*

El *router* o enrutador se encarga de establecer la red para conectar diversos dispositivos del robot móvil que proporcionan información al PC de control y para comunicar el robot con la tableta. De esta forma, no es necesario que el robot se encuentre en una zona con conexión WiFi, como va a ocurrir en campo abierto. Andábata no depende de ninguna conexión externa al robot.

El modelo seleccionado es el *Router* Gigabit Inalámbrico G de 300Mbps de la Figura 4.7, fabricado por TP-Link y sus características principales son [25]:

- Puertos completos WAN/LAN gigabit y velocidades inalámbricas de 300 Mbps.
- El botón inalámbrico WiFi de Encendido/apagado (On/Off) permite que los usuarios enciendan / apaguen fácilmente la radio inalámbrica.
- Soporte para IPv6, preparado para nueva generación de Internet.
- Soporta varios tipos de conexión: IP dinámico, IP estático y PPPoE.
- Soporta UPnP, DDNS, enrutado estático, puerto de transferencia VPN, y envío de datos.

- Cuenta con las características de *firewall* (cortafuegos) integrado, IP, MAC, y filtración URL para asegurar una conexión segura a la red.
- Soporta encriptaciones WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK y 64/128/152-bit WEP.
- El control de banda ancha basado en IP permite que los administradores determinen cuánta banda ancha debe estar asignada a cada PC.



Figura 4.7: Router Gigabit Inalámbrico G TL-WR1042ND

Para que la comunicación Ethernet sea posible, el *router*, la computadora y el telémetro láser deben estar en la misma red local, es decir, que sus IP solo pueden variar en el último número. Las direcciones IP preasignadas en Andábata son las siguientes:

- Enrutador - 192.168.0.1
- Computadora - 192.168.0.2
- Telémetro láser - 192.168.0.10

## 4.4. Telémetro láser 3D

El telémetro láser que incorpora el robot móvil Andábata es el escáner láser UNOmotion que está colocado en el centro del nivel superior del robot sobre una base de 20 cm de alto (ver Figura 4.8). El telémetro láser 3D está basado en hacer girar un telémetro láser 2D Hokuyo UTM-30LX-EW alrededor de su centro óptico [15]. Las características más importantes del láser de Hokuyo son:

- Tensión de alimentación: 12 V de corriente continua.
- Intensidad nominal: 0,7 A.
- Rango de medida: de 0,1 m a 30 m (15m con luz solar directa).
- Campo de visión: 270°
- Velocidad de toma de barridos 2D: 25 ms.
- Interfaz mediante Ethernet.
- Función multieco.
- El grado de protección de la cubierta es IP67.

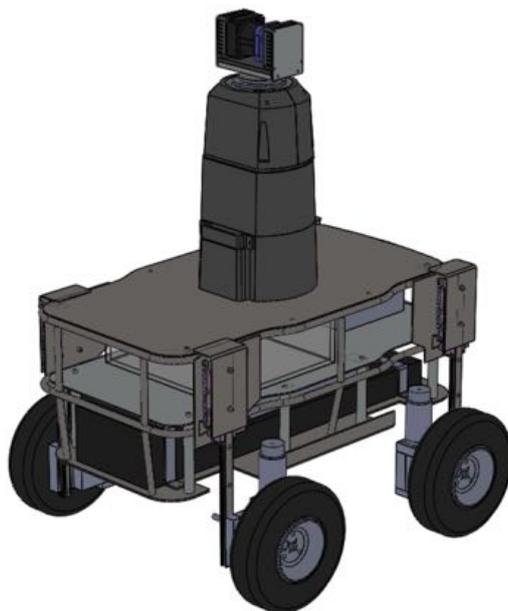


Figura 4.8: Situación del telémetro Láser 3D en Andábata

El telémetro láser UNOmotion (ver Figura 4.9) ha sido fabricado por la empresa Ingeniería UNO [11], pesa 1.9 kg y sus dimensiones son  $125 \times 170 \times 122$  mm. Las principales partes de este sensor láser son la cabeza giratoria, donde se ubica el telémetro láser 2D y la base que proporciona el giro adicional. Las características más relevantes del sensor son:

- El eje de giro está alineado con el centro óptico del sensor 2D, así el sensor 3D hereda las características de rango de medidas del telémetro 2D y se evita introducir desplazamientos a la hora de calcular coordenadas.
- El sensor 2D tiene una zona ciega de  $90^\circ$  que se sitúa debajo para evitar interferencias con la base del sensor UNOmotion. La zona ciega del telémetro láser 3D es un cono en el que el radio de la base es igual a la altura del centro óptico del láser (ver Figura 4.10).
- La frecuencia de barrido es el doble que la de giro porque con media vuelta se obtiene un barrido 3D completo.
- La rotación de la base se consigue mediante un servomotor dirigido por una controladora cuyo objetivo es mantener constante la velocidad de giro y sincronizar la rotación con la adquisición de datos 2D. La controladora se comunica con el computador mediante el puerto USB (ver Figura 4.1).
- La resolución horizontal puede modificarse actuando sobre la velocidad de giro.
- Un sensor óptico se utiliza para señalar el ángulo cero del telémetro láser.
- La transmisión de energía y señales entre la base y la cabeza giratoria se realiza mediante un anillo rozante.



Figura 4.9: Elementos del telémetro láser 3D UNOmotion

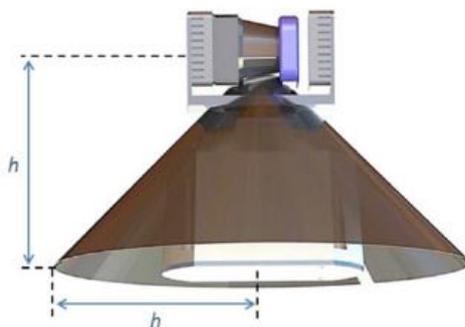


Figura 4.10: Zona ciega del sensor láser 3D UNOmotion

## 4.5. Teléfono inteligente

La gran evolución de la telefonía móvil ha hecho que los teléfonos inteligentes tengan cada vez más prestaciones. El sistema operativo de código abierto Android permite que pueda utilizarse la información obtenida por los sensores que suelen incorporar, como el GPS o el acelerómetro.

El teléfono inteligente incorporado al robot Andábata es un LG Nexus 4 E960 (ver Figura 4.11) que presenta las siguientes características [13]:

- Sistema operativo *Android Jelly Bean* 4.2 instalado en fábrica. Actualmente actualizado a *Android Lollipop* 5.1.1.
- Procesador *Qualcomm Snapdragon* (TM) PRO S4 de cuatro núcleos a 1.5 GHz de velocidad y 2 GB de memoria RAM.
- Memoria interna de 16 GB de capacidad.
- La cámara principal cuenta con 8 MP de resolución y la frontal con 1,3 MP.
- Graba vídeo en HD 1080p con enfoque continuo y zoom en tiempo real.
- Dispone de acelerómetros, barómetro, magnetómetro, giroscopio, sensor de luminosidad y sensor de proximidad.
- Localización por GPS.
- Conectividad 3G, Bluetooth, WiFi y NFC.

- Sus dimensiones son  $133,9 \times 68,7 \times 9,1$  mm y su masa 139 g incluida la batería.



Figura 4.11: Teléfono LG Nexus 4 E960

El robot móvil utilizará los datos de los sensores proporcionados por el teléfono inteligente. Estos datos, junto con las imágenes de vídeo de la cámara, se envían a la tableta mediante la red WiFi establecida por el *router* para supervisar de forma remota el desplazamiento del robot. Además, se conecta vía USB a la computadora como interfaz de la aplicación Andábata con la tableta.

## 4.6. Tableta

Se ha incorporado una tableta que funciona como estación de teleoperación del robot móvil. Como ya se vió en la Figura 4.1, ésta se comunica con los demás dispositivos del robot móvil Andábata mediante la red WiFi creada por el enrutador incorporado al vehículo.

La tableta instalada es del modelo Samsung Galaxy Tab 3 GT-P5200 (ver Figura 4.12), cuyas características más relevantes son:

- Sistema operativo *Android Jelly Bean 4.2* instalado en fábrica y actualmente actualizado a *Android KitKat 4.4.2*
- Procesador Dual Core (doble núcleo) de 1,6 GHz y 1 GB de memoria RAM.
- Memoria interna de 16 GB de capacidad.
- Posee conectividad mediante 3G, Wi-Fi y Bluetooth.
- La masa es 510 g y las dimensiones son  $243,1 \times 176,1 \times 8$  mm.



Figura 4.12: Tableta Samsung Galaxy Tab 3

# Capítulo 5

## *Software* de Andábata

A continuación se describe el *software* instalado en el PC de control a bordo del robot. Se ha optado por instalar la versión 14.04 del sistema operativo Ubuntu de distribución libre y código abierto. La plataforma de software para robots elegida ha sido ROS que, al igual que el sistema operativo, es de distribución libre y se ajusta a los términos de licencia BSD (*Berkeley Software Distribution*), siendo la versión instalada una versión LTS (*Long Term Support*) llamada ROS *Indigo Igloo* dirigida a la versión de Ubuntu instalada.

### 5.1. Sistema operativo Ubuntu

Ubuntu [26] es un sistema operativo basado en GNU/Linux que se distribuye como *software* libre. Está enfocado a proporcionar facilidad de uso y a mejorar la experiencia del usuario. El primer lanzamiento del sistema operativo Ubuntu, denominado *Warty Warthog* (Jabalí Verrugoso), fue el 20 de octubre de 2004. La versión más reciente se denomina 16.04 *Xenial Xerus*.

Una de las razones por las que se popularizó su uso frente a otras distribuciones Linux fue el *Live CD*, que ofrecía a los usuarios la posibilidad de probar el sistema sin necesidad de instalarlo. Actualmente, Ubuntu es la distribución con mayor presencia entre las distribuciones Linux.

Cada seis meses se publica una versión nueva de Ubuntu que recibe soporte durante nueve meses. Existen también versiones LTS (*Long Term Support*) que

ofrecen soporte técnico durante 5 años desde la fecha de lanzamiento. Desde el año 2011 incluye su propia interfaz de usuario para el entorno de escritorio GNOME denominada *Unity*.

La versión que se ha instalado en el PC de Andábata es la última versión con soporte técnico extendido disponible en el momento de la puesta en marcha, 14.04 LTS *Trusty Tahr*. La principal razón para instalar Ubuntu como sistema operativo es que es el sistema soportado por el entorno ROS. Otra de las razones que hacen que Ubuntu sea un sistema operativo interesante es que es de código abierto y cuenta con una comunidad de desarrolladores que mejoran continuamente este sistema.

## 5.2. Entorno ROS

El entorno ROS [28] [19] (*Robot Operating System*) es un conjunto de librerías y herramientas que permiten crear aplicaciones para robots. ROS no es un sistema operativo en sí pero provee de los servicios estándar de éste tales como abstracción de *hardware*, control de dispositivos de bajo nivel, implementación de funcionalidades usadas habitualmente, paso de mensajes entre procesos y mantenimiento de paquetes. También ofrece herramientas y librerías para escribir y ejecutar código mediante múltiples computadoras.

ROS engloba una red *peer-to-peer* (entre iguales) de nodos, que pueden estar distribuidos entre varias computadoras y que se comunican libremente usando la infraestructura de comunicaciones de ROS. La comunicación puede realizarse de diferentes formas, incluyendo comunicación síncrona tipo RPC (petición/respuesta) cuando se utilizan servicios, transmisión asíncrona de datos en los *Topics* (temas) y almacenar datos en un servidor de parámetros (utilizado por los Nodos para guardar y recuperar datos en tiempo de ejecución).

La versión de ROS instalada actualmente en el PC del robot móvil se denomina *Jade Turtle* (ver Figura 5.1).

### 5.2.1. Características

El objetivo principal de ROS es apoyar la reutilización de código utilizado en la investigación y desarrollo de robots. Es un sistema distribuido de procesos lla-



Figura 5.1: Logotipo de la versión del entorno ROS instalada en el PC

mados Nodos que pueden ejecutarse, diseñarse individualmente y emparejarse en tiempo real. Estos procesos se pueden agrupar en Paquetes y Pilas para ser distribuidos. ROS también cuenta con un sistema de repositorios para facilitar la tarea de distribución.

Otras características que hacen que ROS sea una plataforma interesante son:

- **Simplicidad.** Está diseñado para ser lo más sencillo posible, por eso el código escrito por ROS puede usarse en otros entornos de *software* para robots.
- **Independencia del lenguaje.** Está implementado en *Phyton*, C++ o Lisp y existen librerías experimentales en Java y Lua.
- **Fácil de probar** gracias al entorno de pruebas “*rostest*”.

### 5.2.2. Sistema de archivos

Los componentes del sistema de archivos que abarcan la mayoría de los recursos de ROS son los siguientes:

- **Paquetes:** es la unidad de organización de *software* del código ROS. Cada paquete puede contener librerías, *scripts*, ejecutables y otras herramientas.
- **Metapaquetes:** son paquetes especiales que sirven para representar a un grupo de paquetes relacionados.

- **Manifiesto de paquete:** es la descripción de un paquete. Su propósito es definir las dependencias entre paquetes y guardar información sobre el paquete tal como versión, licencia, mantenedor, etc.
- **Repositorios:** es una colección de paquetes que comparten un sistema común de control de versiones y pueden actualizarse mediante una herramienta que proporciona el entorno ROS.
- **Tipos de mensaje:** son descripciones de mensaje y definen la estructura de datos para los mensajes enviados en ROS.
- **Tipos de servicio:** son descripciones de servicio y definen la estructura de datos para las peticiones y respuestas de los servicios en ROS.

### 5.2.3. Grafos de computación

Un grafo de computación es una red entre iguales de procesos ROS que computan datos conjuntamente. Los componentes básicos de esta red proporcionan datos a los grafos de diferente forma:

- **Nodo (*Node*):** es un ejecutable que usa ROS para comunicarse con otros Nodos. ROS está diseñado para ser modular por lo que un sistema de control robótico tendrá normalmente varios nodos.
- **Maestro (*Master*):** asigna nombres a todos los elementos que componen el sistema de control del robot. Sin él, los Nodos no podrían “encontrarse”, intercambiar mensajes o llamar a un Servicio.
- **Servidor de parámetros (*Parameter Server*):** permite guardar y recuperar datos en una única ubicación.
- **Mensaje (*Message*):** es la forma de comunicación entre Nodos. Es una estructura de datos que contiene tipos de campo determinados (entero, lógico, coma flotante,...).
- **Tema (*Topic*):** los mensajes entre Nodos se realizan mediante una semántica de publicación/suscripción. Un Nodo envía un mensaje publicando en un Tema determinado, siendo el Tema un nombre que se utiliza para identificar

el contenido del mensaje. Puede haber múltiples publicadores y suscriptores asociados a un Tema y un Nodo puede publicar y/o suscribirse a varios Temas.

- **Servicio (*Service*):** se utiliza para interacciones de petición/respuesta. Un Nodo ofrece un Servicio bajo un nombre y otro Nodo (cliente) puede utilizar el Servicio enviando una petición y esperando la respuesta.
- **Bolsa (*Bag*):** es un formato para guardar y reproducir datos de mensaje de ROS. Es un mecanismo muy importante para registrar los datos de un sensor. De utilidad para el desarrollo y las pruebas de algoritmos.

### 5.3. Modificación de nodos de Andábata

Andábata cuenta con un *software* de control realizado mediante ROS[8]. La incorporación de nuevas placas de control de motores (ver Apartado 6.1), implica la actualización del nodo que traduce las órdenes dadas mediante la tableta y el PC a la forma precisada por la controladora de movimiento instalada y del nodo que representa el modelo cinemático del robot móvil.

Los nodos que se han modificado se describen a continuación brevemente:

- **control\_wheels:** es el encargado del control de bajo nivel de los motores. El nodo recibe las órdenes de velocidad y las comunica a la controladora de movimiento que realiza el control necesario para que las ruedas vayan a la velocidad especificada. También lee la velocidad de los motores, que elabora la Kangaroo a partir de los *encoders*, a una frecuencia de 30 Hz y publica las velocidades para que estén disponibles para otros nodos. La velocidad que se publica se basa en el valor medio de las lecturas de las velocidades del mismo lado.
- **andabata\_model:** contiene el modelo cinemático del robot y transforma velocidades lineales y angulares en velocidades de lado izquierdo y derecho y al revés (ver Apartado 2.5). En este nodo están los parámetros del modelo cinemático aproximado y la limitación de la velocidad máxima en los giros.
- **joystick\_imu y joystick\_slider:** estos nodos se encargan de enviar órdenes de velocidad en función del modo de operación de la tableta. En ambos casos.

El único parámetro que se ha modificado es la velocidad máxima del robot móvil.

## 5.4. Puesta en marcha

Para comenzar a utilizar el robot, y que todo funcione correctamente, hay que seguir una serie de pasos que se describen a continuación:

1. Desactivar el botón de emergencia.
2. Poner el interruptor general en la posición “ON” (ver Figura 3.7).
3. Conectar el móvil a la computadora mediante el conector micro USB.
4. Encender la computadora del robot, el móvil y la tableta.
5. Comprobar que todos los dispositivos están conectados a la red *wifi\_andabata*.
6. Iniciar ROS. Para ello hay que lanzar un terminal nuevo y escribir la orden **roscore** (mediante un terminal remoto a la computadora, por ejemplo). La computadora de Andábata está preparada para arrancar sin pantalla ni teclado [8].
7. En el móvil, iniciar la *app ROS Sensor Driver* y pulsar el botón *Connect* (ver Figura 5.2).



Figura 5.2: La aplicación *ROS Sensor Driver* en el móvil

8. Una vez lanzada la aplicación, colocar el teléfono tal y como se muestra en la Figura 5.3. Con la cámara apuntando hacia delante y la pantalla contra el soporte del sensor 3D.



Figura 5.3: Detalle de colocación del teléfono móvil en el robot Andábata

9. En la tableta, iniciar la *app ROS Sensor Driver* y pulsar el botón *Connect* (ver Figura 5.4).



Figura 5.4: Las aplicaciones *ROS Sensor Driver*, *Juice* y *Andábata* en la tableta

10. Comprobar que móvil y tableta están enviando datos para ello hay que lanzar un nuevo terminal remoto en la computadora del robot y escribir la orden:

```
rostopic echo /androidPhone/imu
```

11. Si va a usarse el GPS, hay que esperar a que se fije un número suficiente de satélites en el teléfono.
12. Lanzar el archivo de extensión *.launch* que corresponda:

- a) Teleoperación y seguimiento de trayectorias. La orden a escribir en un terminal nuevo es:

```
roslaunch andabata_ teleoperation movement.launch
```

b) Solo movimiento. Escribir en un terminal nuevo:

```
roslaunch andabata_ move move.launch
```

13. Comprobar que se lanza la *app* Andábata en el móvil (ver Figura 5.5).



Figura 5.5: La aplicación Andábata en el móvil

14. Lanzar la *app* Andábata en la tableta, pulsar el botón menú de la tableta y seleccionar la opción *Connect* (ver Figura 5.4).
15. En la ventana emergente llamada *Connect to Server* pulsar el botón *Connect*.
16. Comprobar que se actualiza el horizonte artificial y las imágenes de la cámara en la tableta.
17. La primera vez que se pulsa un botón de la *app* Andábata de la tableta se inician los publicadores correspondientes y el botón no realiza ninguna acción.

Para apagar el robot móvil Andábata, primero hay que apagar el computador pulsando el botón de encendido del mismo, que está configurado para que apague el sistema de forma segura, y después hay que poner el interruptor general en la posición “OFF”. Después, el teléfono móvil y la tableta se pueden apagar de forma normal.

## 5.5. Teleoperación

Andábata puede teleoperarse de dos formas: una es mediante las barras deslizantes de la aplicación Andábata y la otra es mediante el movimiento de la propia

tableta.

La aplicación Andábata cuenta con dos barras deslizantes para el control del robot móvil, una para el lado izquierdo y otra para el lado derecho, situadas en los laterales de la ventana de dicha aplicación (ver Figura 5.6). Para cambiar de mando de control sólo hay que pulsar el botón “*Joystick*” en la tableta. La parte central de la ventana, entre las dos barras deslizantes, se encuentra dividida en dos zonas: en el lado derecho se muestra el vídeo transmitido por el teléfono móvil de Andábata y en el lado izquierdo está el horizonte artificial, botones de control e información diversa sobre el estado del robot móvil.

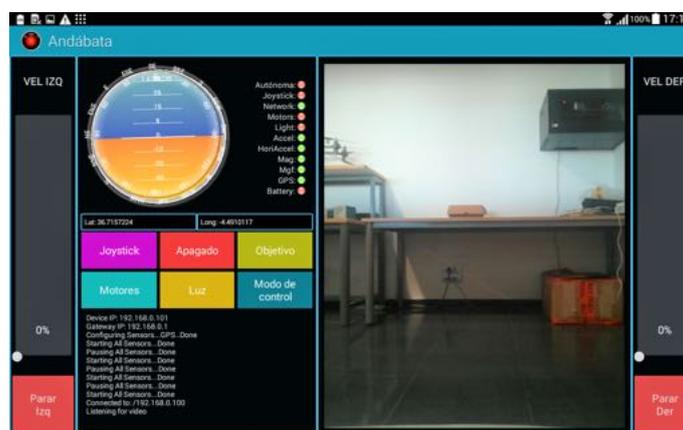


Figura 5.6: Captura de pantalla de la aplicación Andábata en funcionamiento.

El manejo mediante la IMU (*Inertial Measurement Unit*) de la tableta es muy intuitivo, como se observa en la Figura 5.7. Se definen dos ejes de giro: uno para controlar el avance del robot y otro para el direccionamiento. La posición de reposo forma  $45^\circ$  respecto a la horizontal en el eje de avance y  $0^\circ$  en el de giro.

Para que el robot se mueva hacia delante, la tableta debe girarse en sentido negativo del eje “*avance*”, y en sentido positivo del eje para que se mueva hacia atrás.

Los cambios de dirección se realizan girando la tableta alrededor del eje *giro*. Para realizar un giro a la izquierda se debe de girar la tableta en el sentido positivo del eje “*giro*”, es decir, en sentido contrario a las agujas del reloj y lo opuesto para los giros a la derecha (ver Figura 5.7).

La aplicación Andábata tiene una zona muerta alrededor de los valores de reposo para evitar el movimiento del robot móvil si se producen pequeños giros de la tableta.

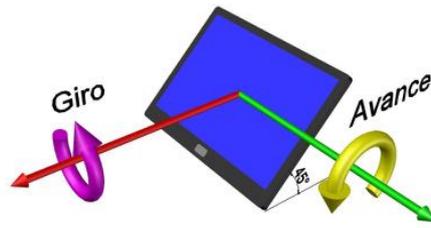


Figura 5.7: Posición de reposo y ejes de giro para el control del robot Andábata mediante la IMU de la tableta

# Capítulo 6

## Conclusiones

### 6.1. Control de bajo nivel original

Inicialmente la electrónica del robot móvil estaba colocada sobre la base del nivel inferior y las baterías se encontraban suspendidas sobre el circuito electrónico sujetas, a la base del nivel intermedio.

Considerando el pequeño tamaño del robot, el espacio disponible debe aprovecharse al máximo, por lo que la separación entre elementos es bastante reducida. En la disposición inicial, al extraer la batería podría ocurrir que ésta golpeará accidentalmente el circuito electrónico provocando desperfectos o un mal funcionamiento del robot móvil. Se decidió cambiar la disposición por la actual debido a las siguientes razones:

- El centro de gravedad está ahora más cercano al nivel del suelo debido al peso de las baterías. Esto hace que el robot móvil tenga una estabilidad mayor frente a posibles inclinaciones del terreno.
- En futuras operaciones de mantenimiento del robot Andábata, resulta más fácil extraer la batería y se elimina la posibilidad de dañar la electrónica de control de los motores del robot móvil al extraer la batería.

Merece la pena destacar que, al principio, Andábata tenía instalados motores, reductoras y controladoras diferentes a las descritas en esta memoria, pero los motores se estropeaban fácilmente por lo que hubo que descartarlos y sustituirlos.

El motor instalado en una primera configuración era un motor Maxon EC 60 flat  $\varnothing 60mm$  de conmutación electrónica sin escobillas de 100W y dimensiones reducidas (ver Figura 6.1).



Figura 6.1: Motor de conmutación electrónica sin escobillas de 100W

Este motor contaba con tres sensores Hall que se utilizaban para la odometría del robot lo cual hacía que no fuera todo lo precisa que requerían las condiciones del proyecto de investigación.

El control de los motores se realizaba mediante los amplificadores DEC Module 50/5 de Maxon. Estos módulos se colocaban sobre dos placas, denominadas *Double\_control* y realizadas por Ingeniería Uno, de forma que una de las placas controlaba los motores de la parte delantera y la otra los motores de la parte trasera (ver Figura 6.2a). Las placas *Double\_control* estaban conectadas, a su vez, a la placa de circuito impreso MultiProp realizada también por Ingeniería Uno, que interpretaba toda la información que llegaba a través de los motores, controladoras y comandos enviados desde el PC (ver Figura 6.2b). La comunicación con el PC se realizaba mediante un chip FTDI incorporado al circuito impreso que permitía la comunicación serie mediante un puerto USB

Por último, la reductora de la configuración anterior era una reductora epicicloidial o planetaria con una relación de reducción de 1:36 distribuida en dos etapas de relación 1:6 cada una. La reductora estaba formada por un eje acoplado al motor con un radio de giro excéntrico y tres ruedas dentadas, una de ellas doble, que presentaban una forma lobulada (ver Figura 6.3).

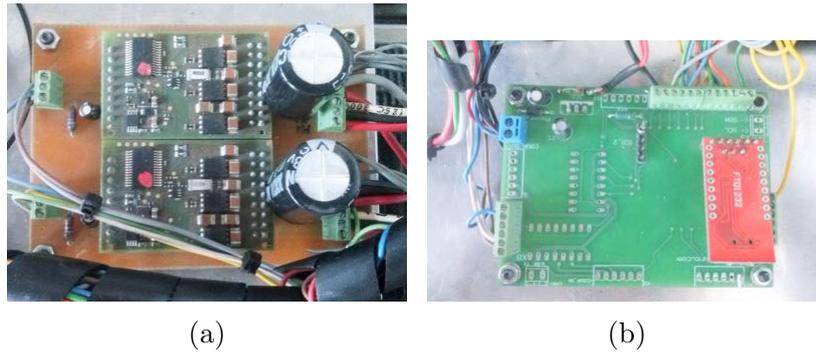


Figura 6.2: Circuito electrónico: (a) Placa Double control con dos DEC Module 50/5 (b) Placa MultiProp



Figura 6.3: Vista explosionada de la reductora epicicloidial fabricada por Ingeniería Uno

## 6.2. Recapitulación

Se han cumplido satisfactoriamente los dos objetivos principales del proyecto: se ha colaborado para la puesta en marcha del robot móvil y se han documentado todos los sistemas de Andábata. Más concretamente se han alcanzado los siguientes objetivos específicos.

- Se han generado planos del robot móvil y cada una de las piezas que lo componen a partir del modelado 3D por computadora.
- Se han instalado las placas amplificadoras de potencia y de control y se ha realizado el conexionado correspondiente.
- Se han comprobado y revisado todas las conexiones del sistema eléctrico y electrónico. Se ha realizado un esquema detallado de las conexiones anteriores.
- Se ha incorporado un interruptor de encendido y un botón de parada de emergencia como elementos de seguridad.

- Se ha mejorado la disposición de los elementos para que sea más estable y su desmontaje sea más sencillo.
- Se ha probado la interfaz con los motores y contribuido en su puesta en funcionamiento.

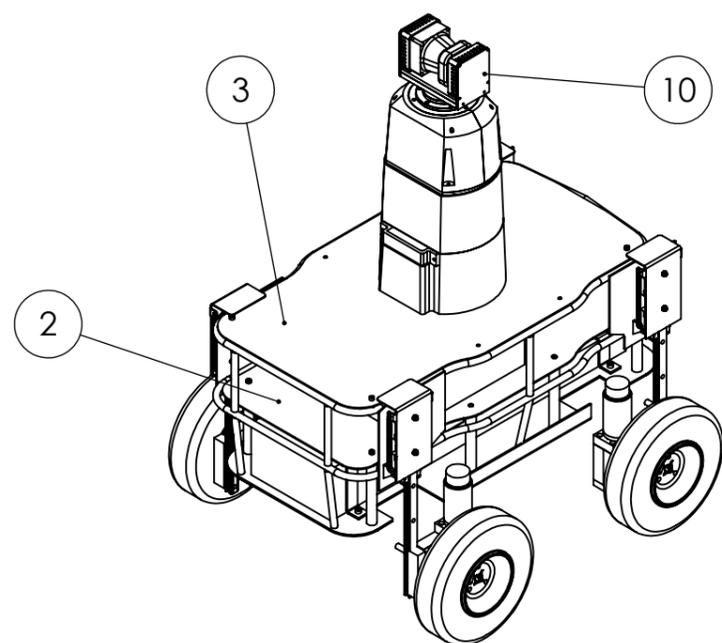
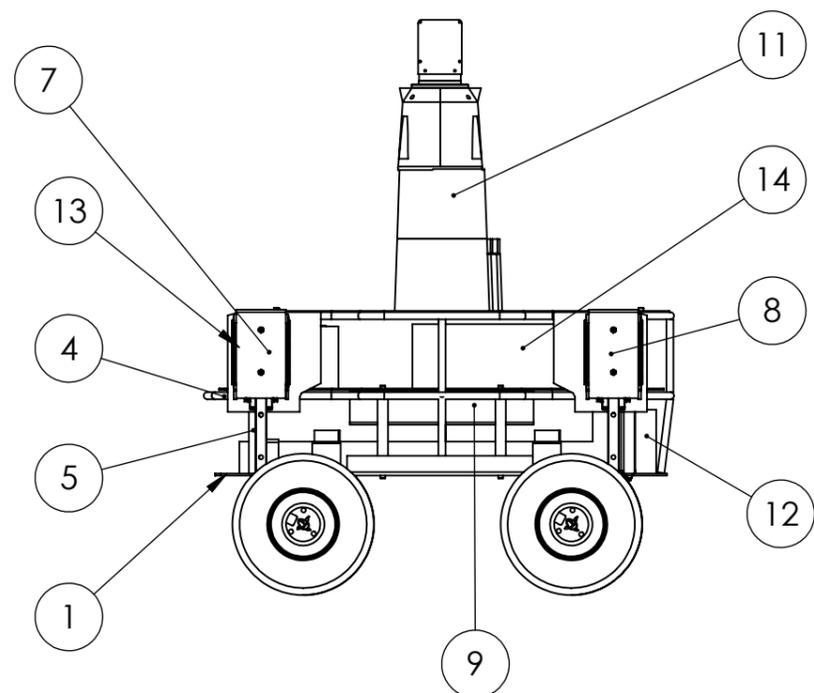
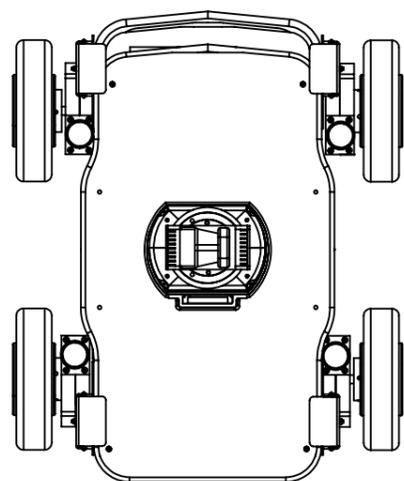
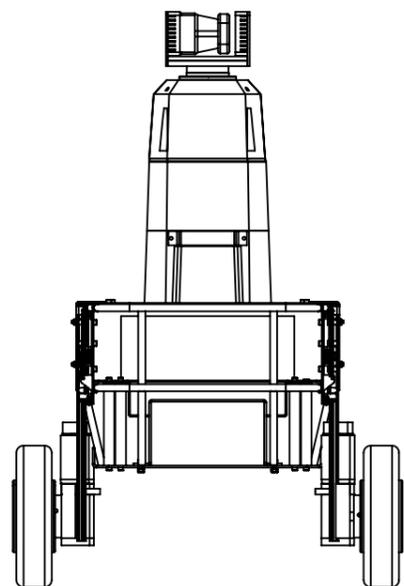
### 6.3. Trabajos futuros

Algunas de los trabajos de mejora para Andábata que se proponen son:

- Buscar soluciones para que la tarea de desmontar el robot sea menos laboriosa.
- Incorporar una carcasa exterior para aislar el robot del entorno.
- Implementar en ROS el control de errores de la placa de control Kangaroo x2.
- Implementar el control de bajo nivel utilizando el protocolo *Packet Serial* en vez del protocolo *Simplified Serial*. El protocolo *Packet Serial* está diseñado para una alta fiabilidad, incluso en señales con ruido. Permite asegurar la recepción de cada comando y emparejarlo con una respuesta. Por otro lado, es más difícil de implementar correctamente que el protocolo *Simplified Serial*.
- Mejorar la función de *joystick* de forma que el estado de reposo del robot coincida con la tableta en posición horizontal.
- Mejorar la aplicación en Android de teleoperación Andábata para optimizar los flujos de información.

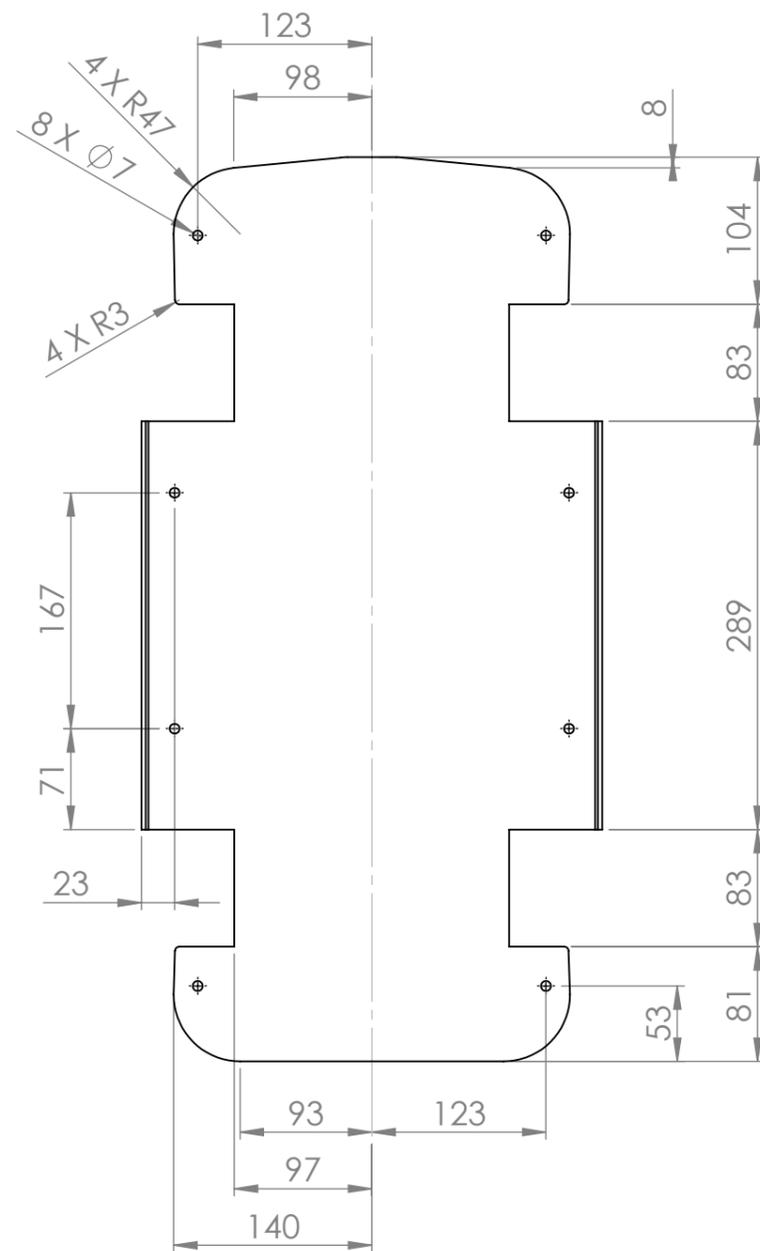
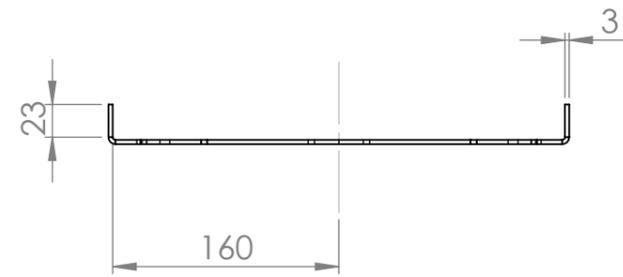
**Anexo A**

**Planos**

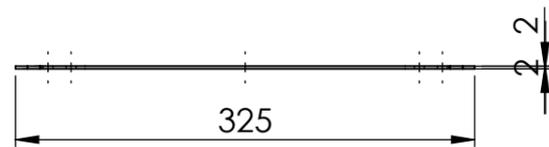
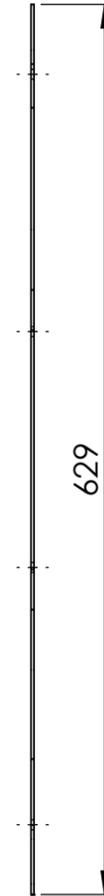
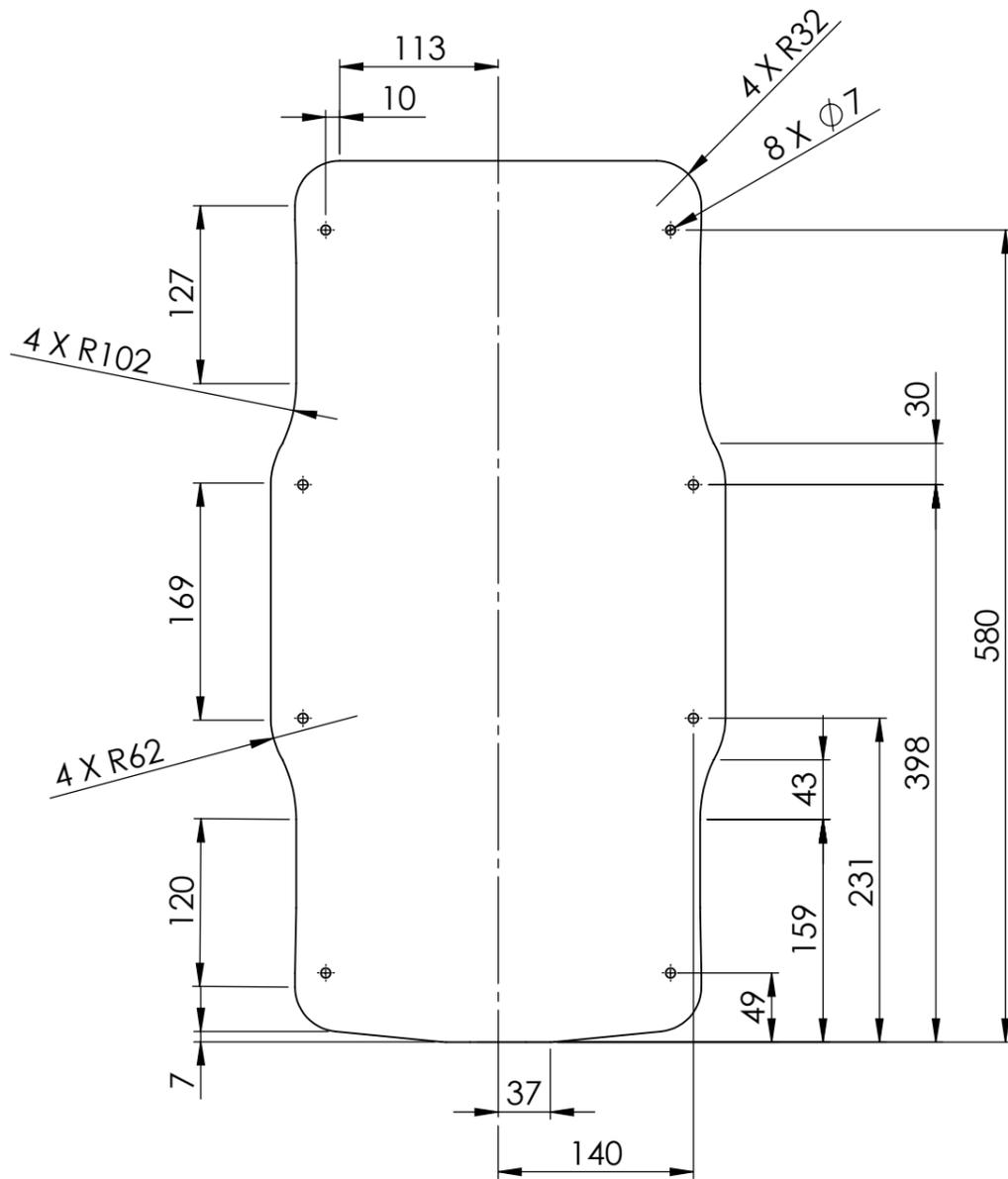


14	Caja computadora		1
13	Fuente de alimentación		1
12	Conjunto batería	Batería y bridas de sujeción	1
11	Suplemento láser		1
10	Uno Láser	Telómetro láser 3D	1
9	Caja de electrónica	Caja para alojar el circuito electrónico	1
8	Conjunto motriz B	Suspensión, motor, reductora y rueda	2
7	Conjunto motriz A	Suspensión, motor, reductora y rueda	2
6	ISO 4762 M4 x 10 --- 10N		16
5	Separador chapas	Separador de las chapas de nivel inferior e intermedio	8
4	Chasis tubular	Unido a la chapa inferior mediante soldadura	1
3	Chapa superior		1
2	Chapa intermedia		1
1	Chapa inferior		1
MARCA	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

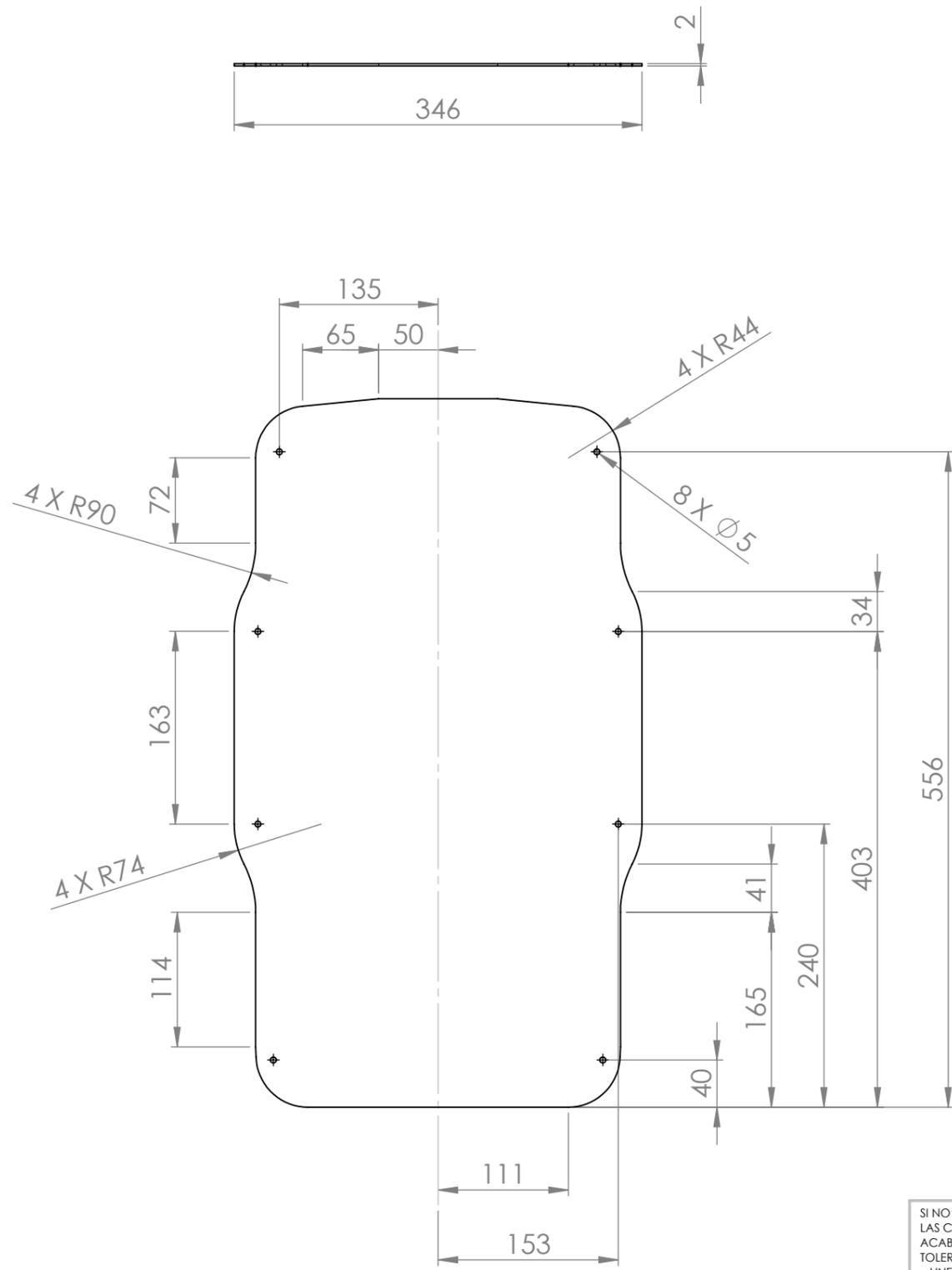
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:		
DIBUJ. Cordero		ene-16	Vista general		
VERIF.			N.º DE DIBUJO		
APROB.			1		
FABR.			A3		
CALID.			PESO: 41 kg		
			ESCALA:1:10		HOJA 1 DE 1



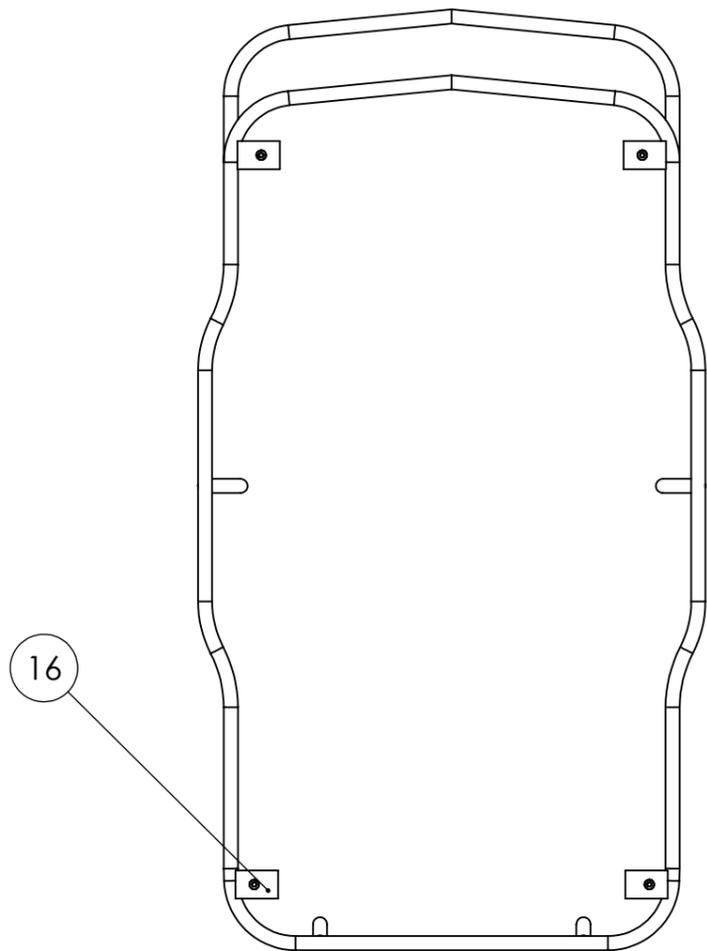
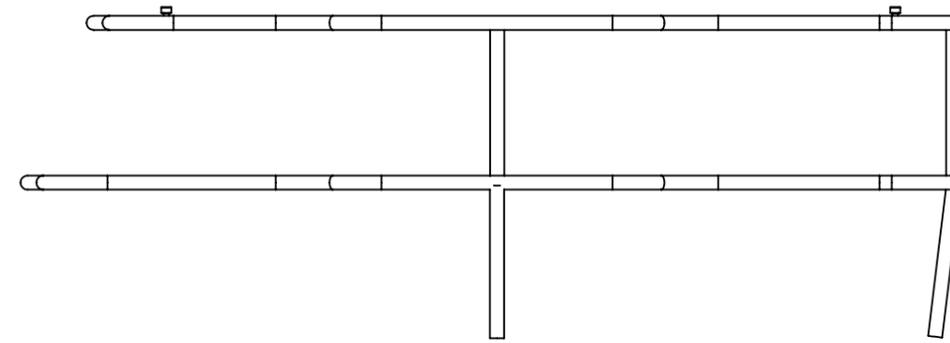
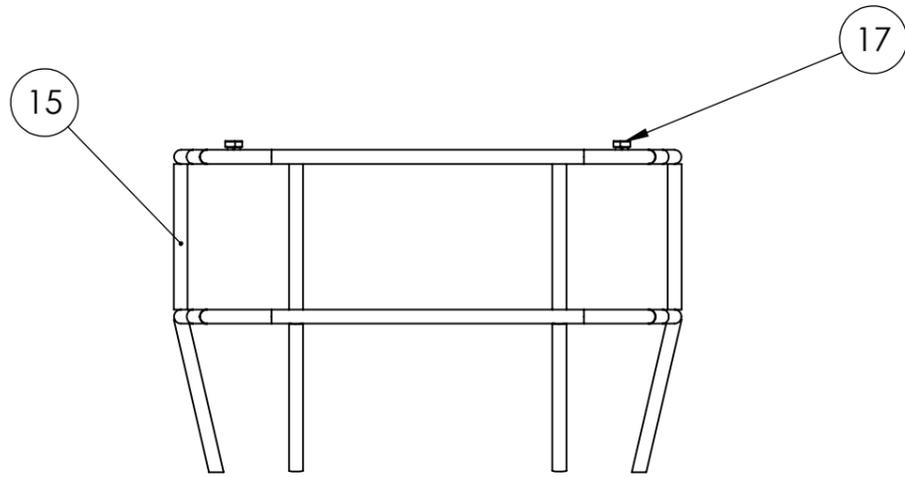
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ. Cordero		FIRMA		FECHA ene-16		TÍTULO: 1-Chapa inferior			
VERIF.						N.º DE DIBUJO 2			
APROB.						A3			
FABR.						ESCALA:1:5			
CALID.				MATERIAL:		HOJA 1 DE 1			
				PESO:					



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ. Cordero				FIRMA		FECHA ene-16		TÍTULO: <b>2-Chapa intermedia</b>			
VERIF.								N.º DE DIBUJO <b>3</b>			
APROB.								A3			
FABR.								ESCALA:1:5			
CALID.						MATERIAL:		HOJA 1 DE 1			
						PESO:					

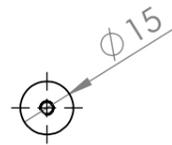
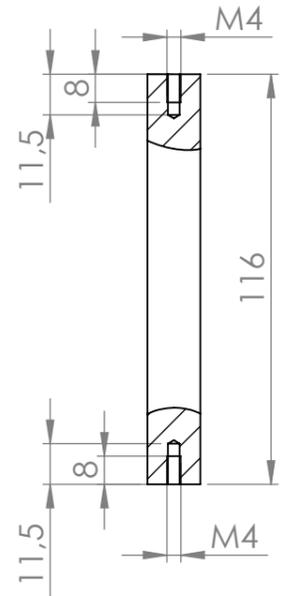


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ. Cordero			FIRMA		FECHA ene-16		TÍTULO: <b>3-Chapa superior</b>				
VERIF.			FABR.		CALID.		MATERIAL:		N.º DE DIBUJO <b>4</b>		
APROB.			PESO:		ESCALA:1:5		HOJA 1 DE 1				
A3											

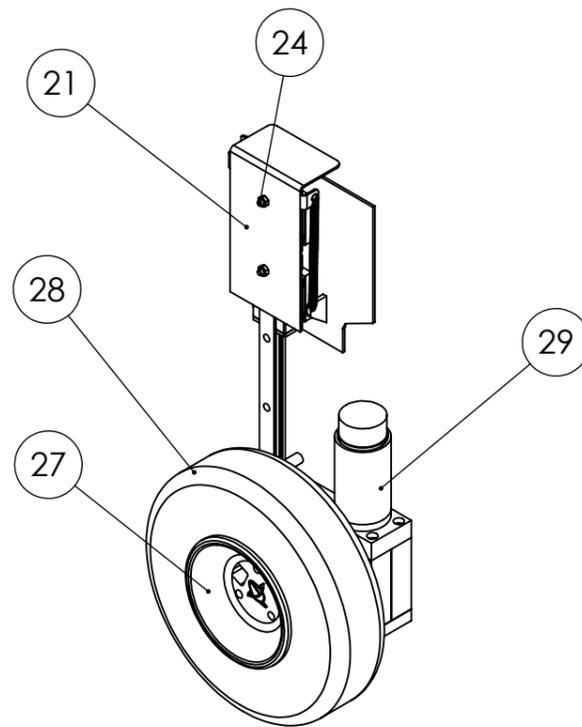
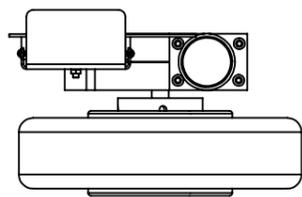
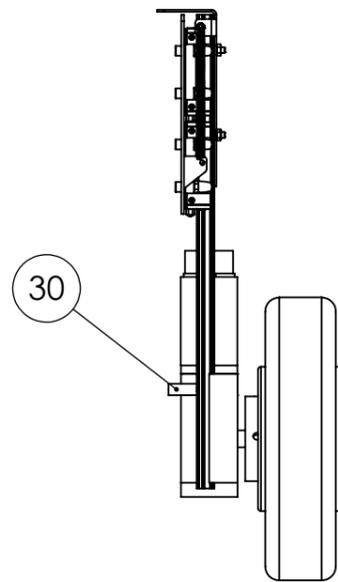
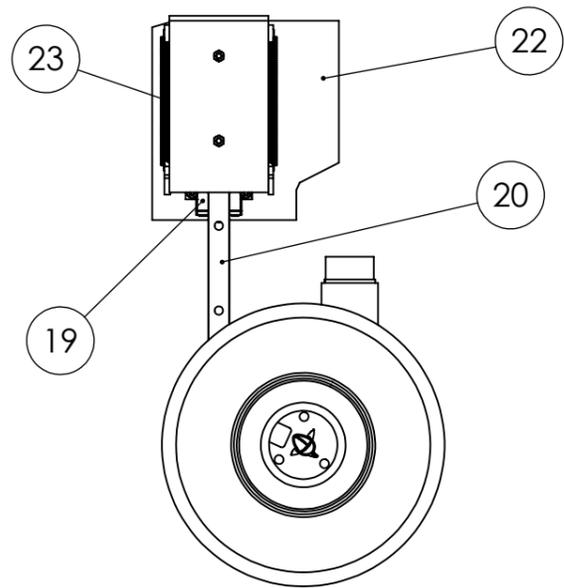


18	Hexagon Nut ISO - 4032 - M4 - W - N		4
17	ISO 4762 M4 x 10 --- 10N		4
16	Soporte	Unido por soldadura a la estructura tubular	4
15	Estructura tubular		1
MARCA	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
ACABADO SUPERFICIAL:					
TOLERANCIAS:					
LINEAL:					
ANGULAR:					
	NOMBRE	FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
DIBUJ.	Cordero		ene-16	4-Chasis tubular	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				5	
			PESO:	ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1

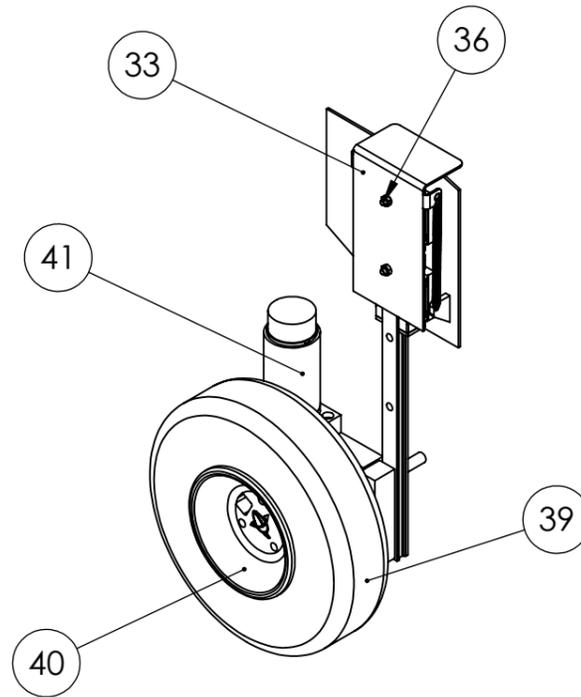
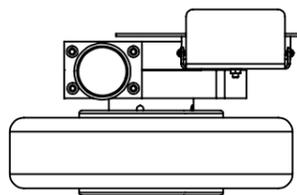
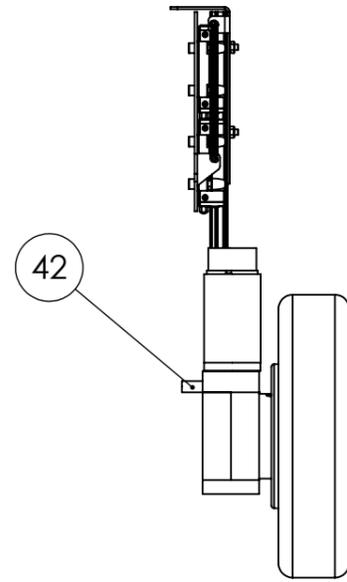
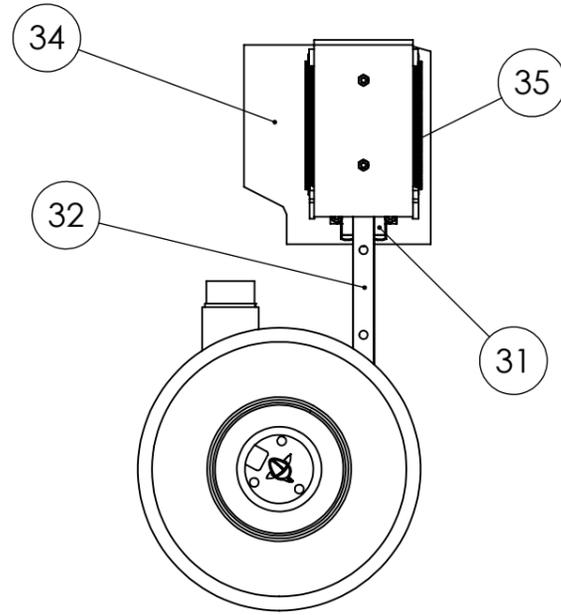


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN	
DIBUJ.				NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
VERIF.				Cordero				ene-16		5-Separador chapas	
APROB.											
FABR.											
CALID.								MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
										6	
								PESO:		ESCALA:1:1	
										HOJA 1 DE 1	
										A3	



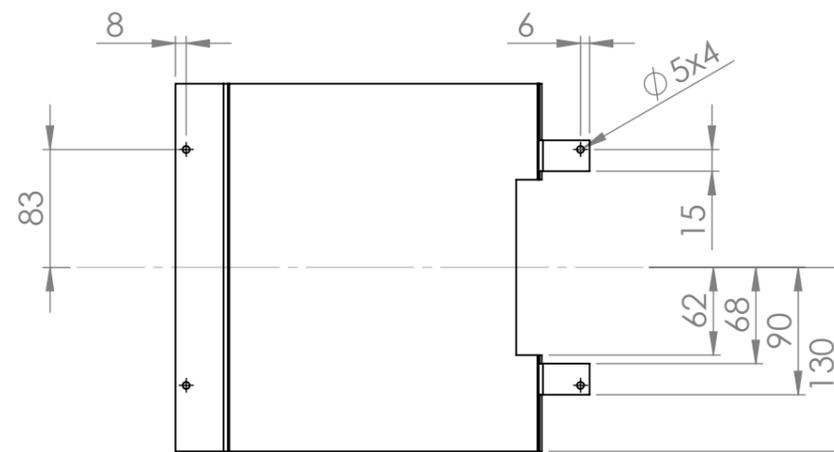
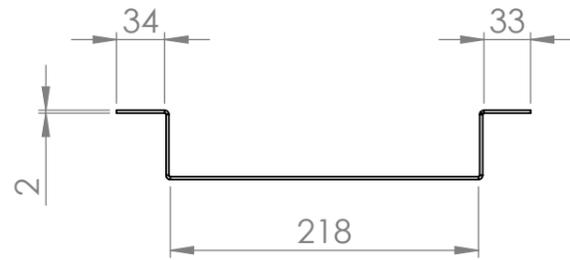
30	Tope		1
29	Conjunto motor-reductora A		1
28	Rueda		1
27	Llanta		1
26	ISO 4762 M4 x 10 --- 10N		8
25	Hexagon Nut ISO - 4032 - M4 - W - N		10
24	ISO 4762 M4 x 16 --- 16N		2
23	Muelle		2
22	Soporte muelles B		1
21	Soporte muelles A		1
20	Guía HG		1
19	Patín HGW-CC		2
MARCA	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. Cordero		ene-16		7-Conjunto motriz A	
VERIF.				N.º DE DIBUJO	A3
APROB.				7	
FABR.			MATERIAL:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1
CALID.			PESO:		

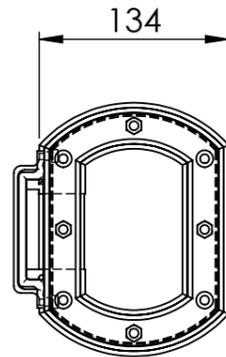
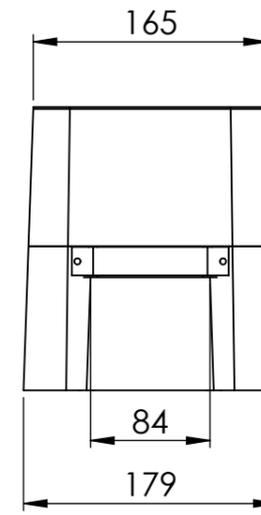
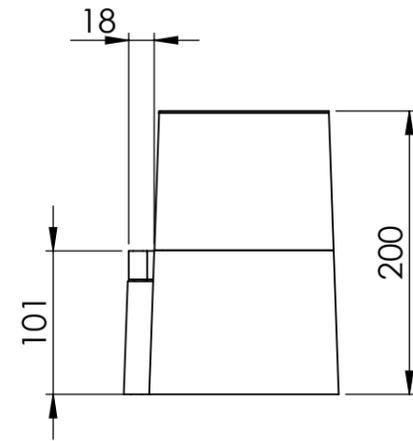


42	Tope		1
41	Conjunto motor-reductora B		1
40	Llanta		1
39	Rueda		1
38	ISO 4762 M4 x 10 --- 10N		8
37	Hexagon Nut ISO - 4032 - M4 - W - N		10
36	ISO 4762 M4 x 16 --- 16N		2
35	Muelle		2
34	Soporte muelles C		1
33	Soporte muelles A		1
32	Guía HG		1
31	Patín HGW-CC		2
MARCA	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

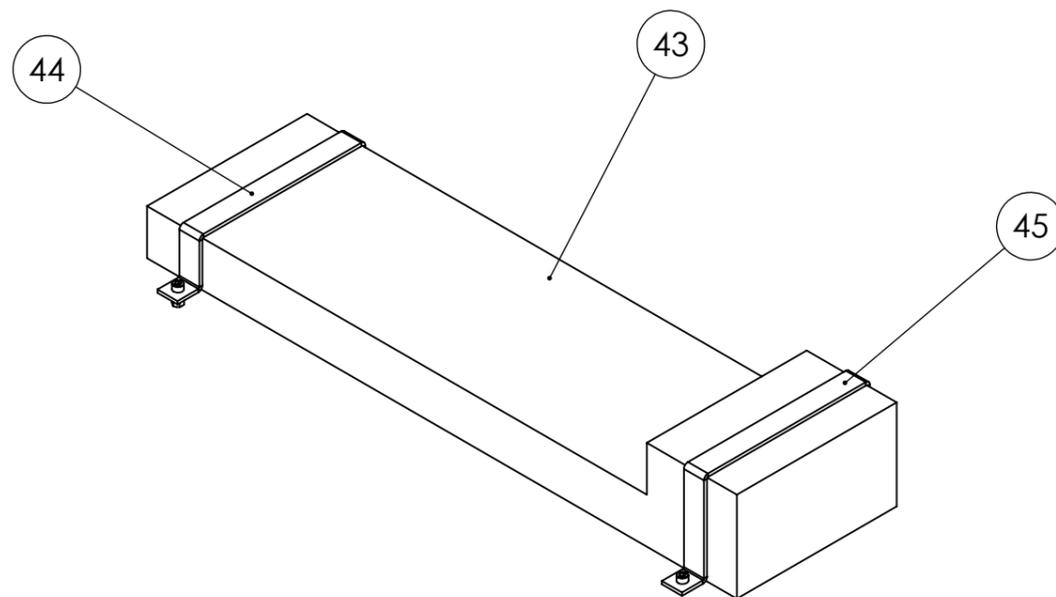
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ.	Cordero	ene-16		8-Conjunto motriz B	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				8	
			PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:			ACABADO:		REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS		NO CAMBIE LA ESCALA		REVISIÓN		
DIBUJ.			NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:		
VERIF.			Cordero				ene-16		9-Caja electrónica		
APROB.									N.º DE DIBUJO		
FABR.									9		
CALID.							MATERIAL:		A3		
							PESO:		ESCALA:1:5		
									HOJA 1 DE 1		



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO: <b>11-Suplemento láser</b>	
VERIF.	Cordero		ene-16			N.º DE DIBUJO	A3
APROB.						10	
FABR.					MATERIAL:		
CALID.					PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



47	Hexagon Nut ISO - 4032 - M5 - W - N		4
46	ISO 4762 M5 x 8 --- 8N		4
45	Brida B		1
44	Brida A		1
43	Batería		1
MARCA	DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
NOMBRE	FIRMA	FECHA		TÍTULO:	
DIBUJ. Cordero		ene-16		12-Conjunto batería	
VERIF.					
APROB.					
FABR.					
CALID.			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A3
				11	
			PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 1 DE 1



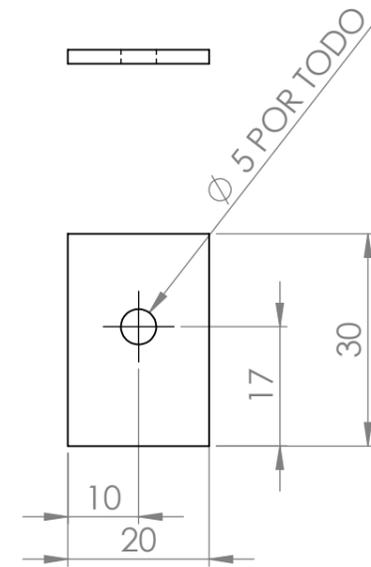
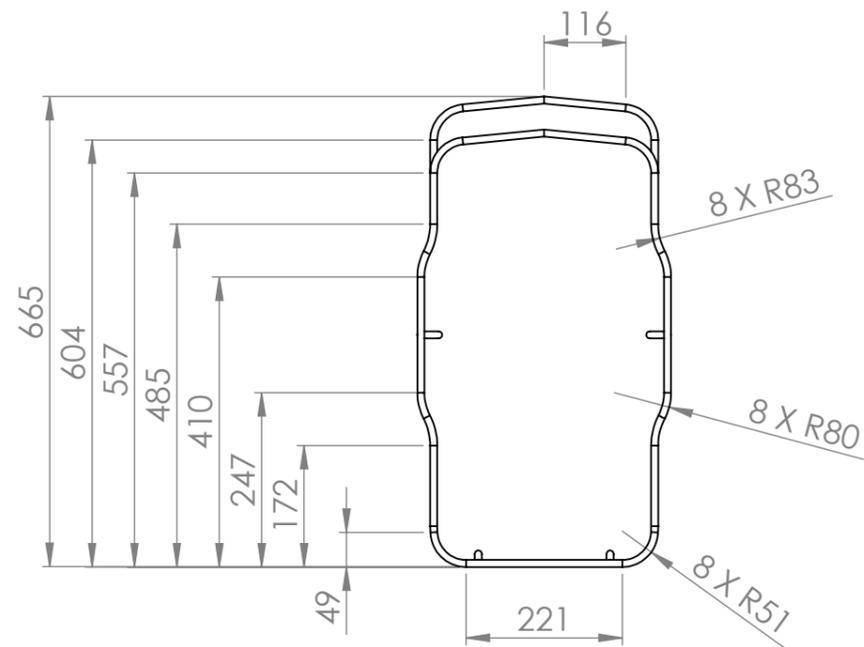
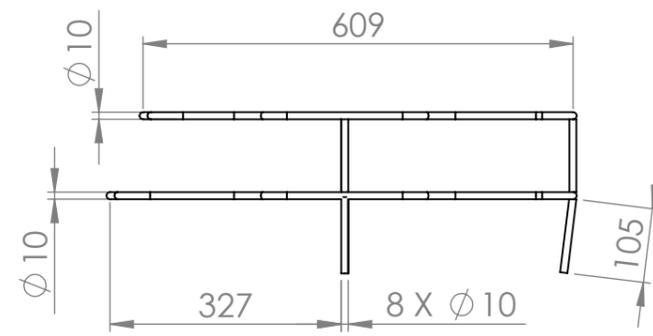
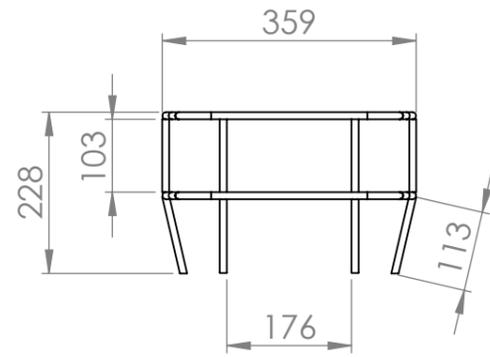
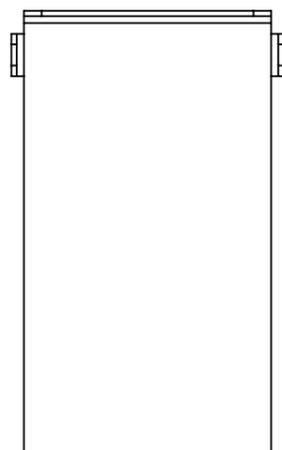
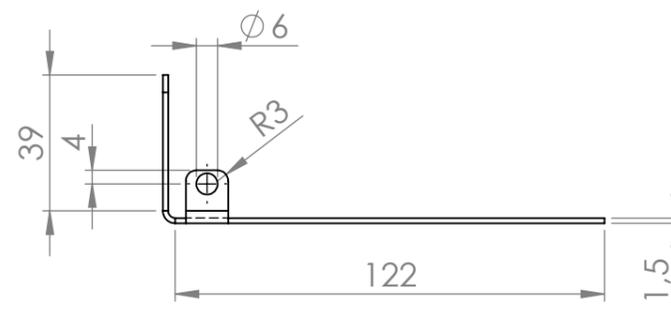
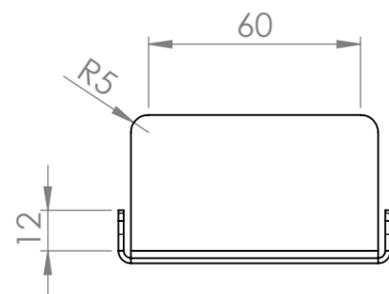


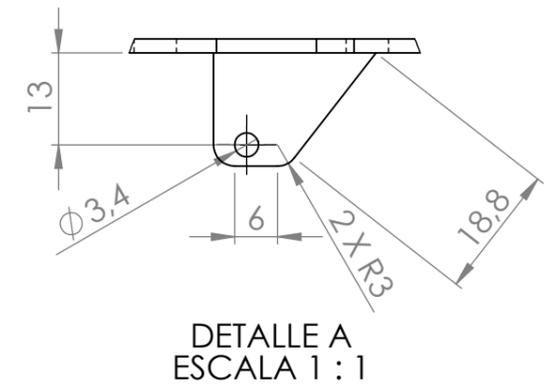
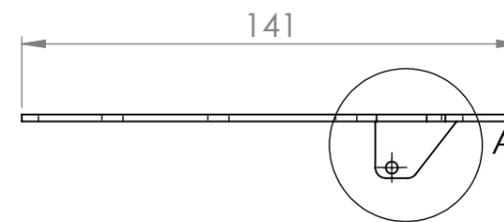
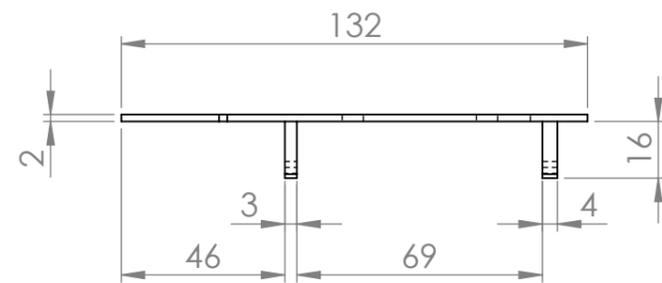
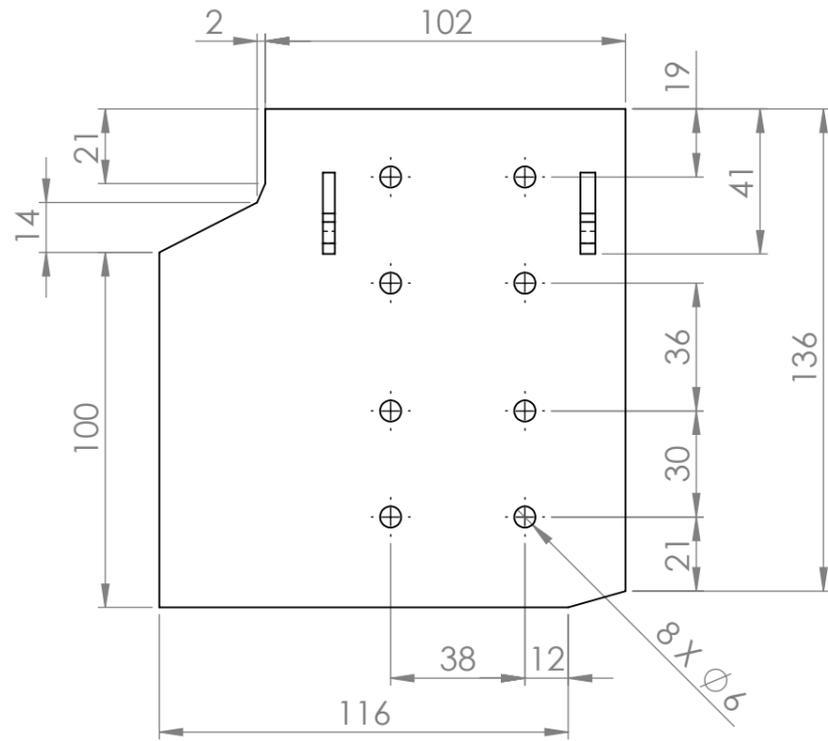
FIGURA 15

FIGURA 16  
ESCALA 1:1

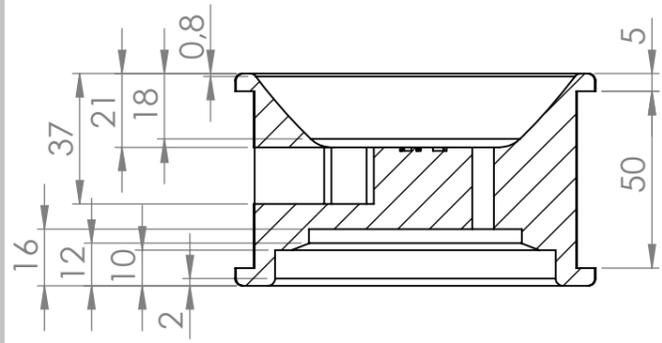
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO: <b>15-Estructura tubular 16-Soporte</b>	
VERIF.	Cordero		ene-16			N.º DE DIBUJO	A3
APROB.						13	
FABR.				MATERIAL:		ESCALA:1:10	HOJA 1 DE 1
CALID.							
				PESO:			



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO: 21/33-Soporte muelles A	
VERIF.	Cordero		ene-16			N.º DE DIBUJO	A3
APROB.						14	
FABR.							
CALID.					MATERIAL:		
					PESO:	ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.	Cordero		ene-16			22-Soporte muelles B	
APROB.						N.º DE DIBUJO	A3
FABR.						15	
CALID.				MATERIAL:		ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
				PESO:			



SECCIÓN A-A  
ESCALA 1 : 2

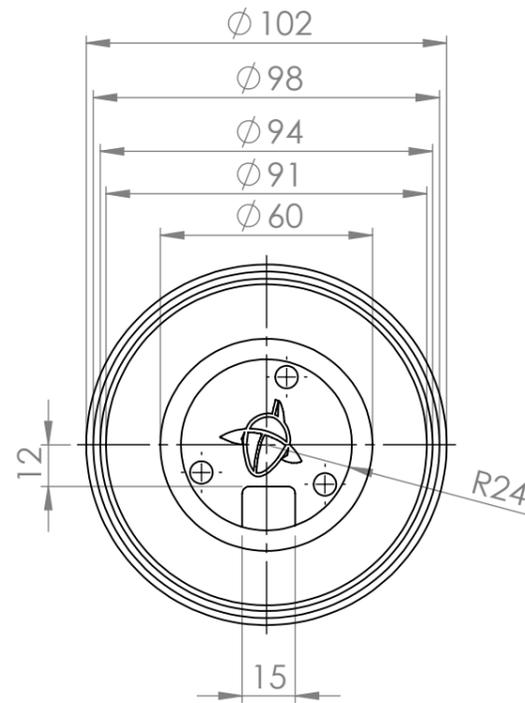
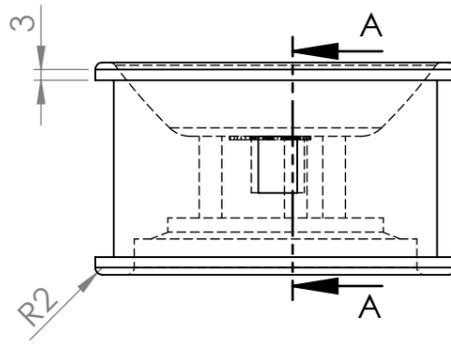


FIGURA 28  
ESCALA 1:2

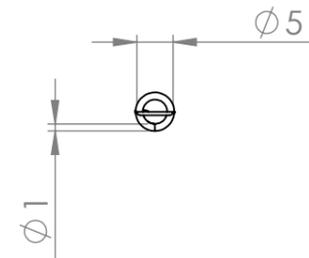
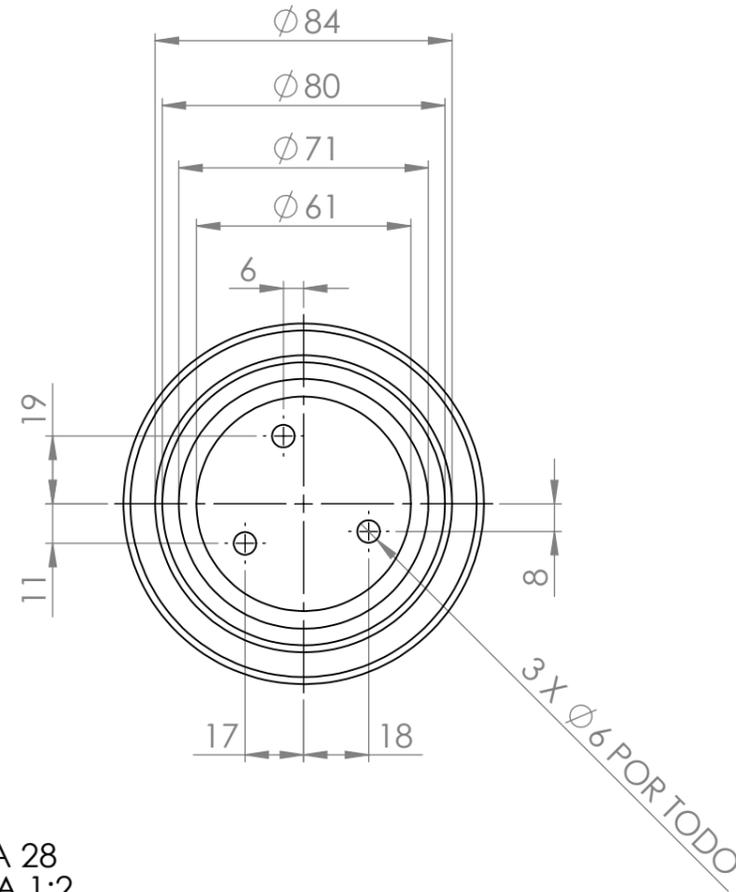


FIGURA 23  
ESCALA 1:1

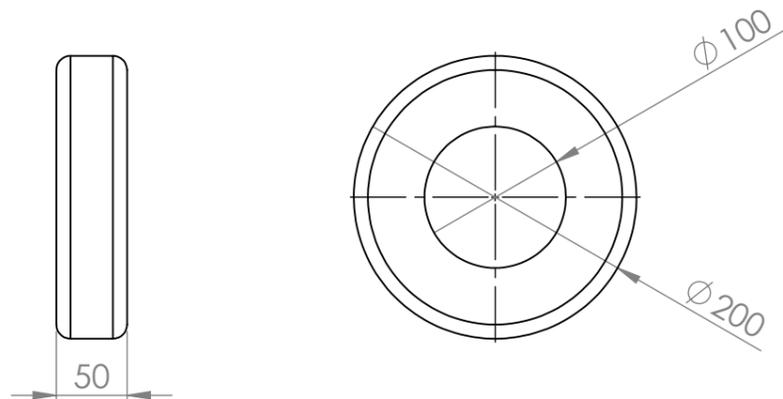
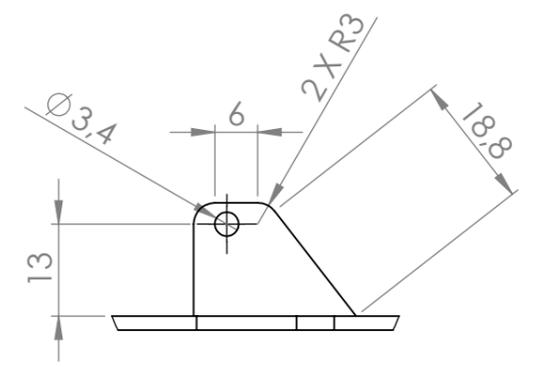
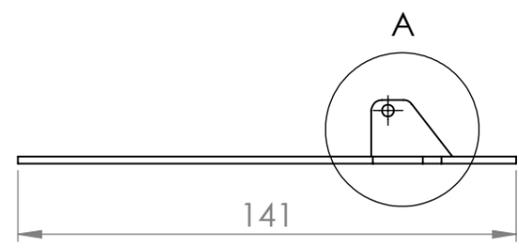
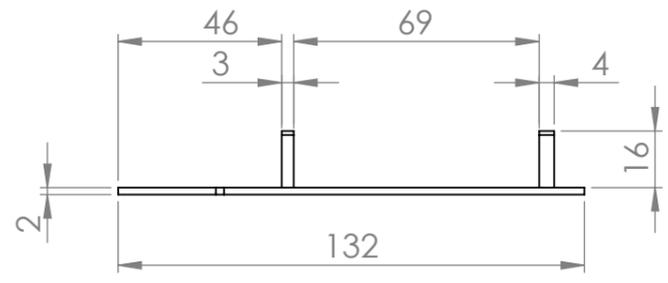
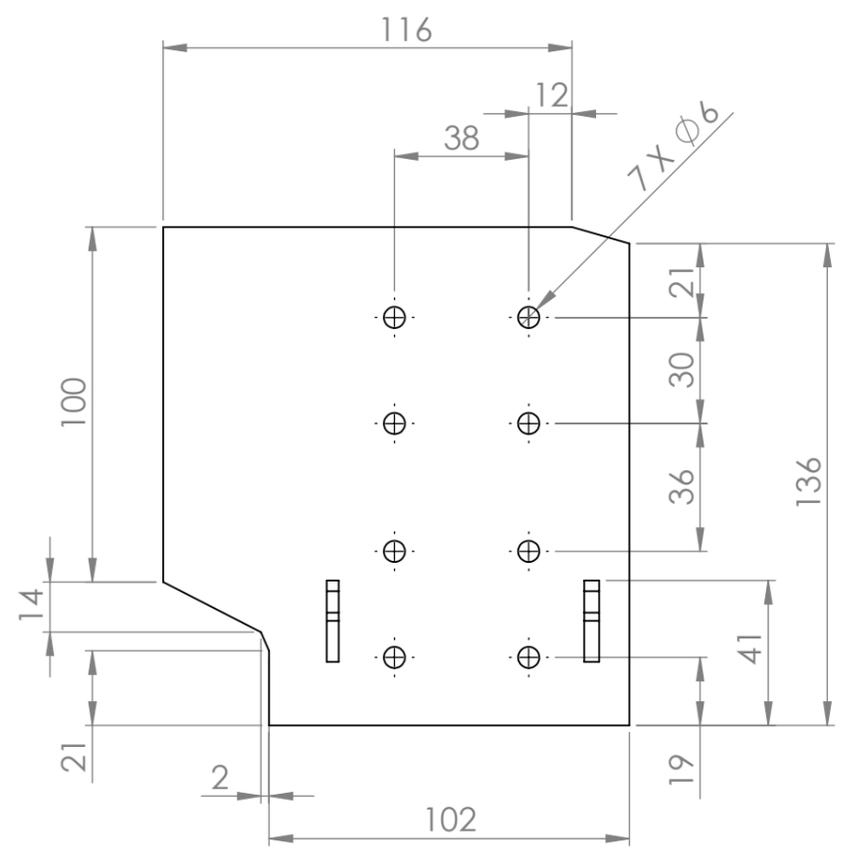


FIGURA 27  
ESCALA 1:5

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO: <b>23/35-Muelle 27/39-Rueda 28/40-Llanta</b>	
VERIF.	Cordero		ene-16				
APROB.							
FABR.							
CALID.				MATERIAL:			
				PESO:		N.º DE DIBUJO <b>16</b>	A3
						ESCALA	HOJA 1 DE 1



DETALLE A  
ESCALA 1 : 1



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.	Cordero		ene-16			34-Soporte muelles C	
APROB.						N.º DE DIBUJO	A3
FABR.						17	
CALID.				MATERIAL:		ESCALA:1:2	HOJA 1 DE 1
				PESO:			

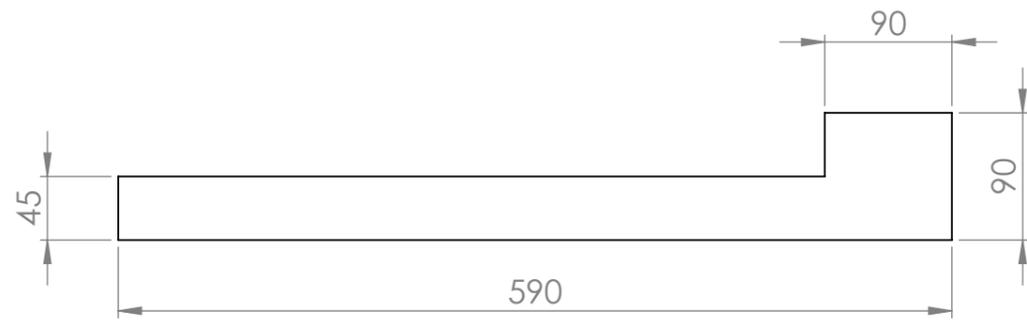


FIGURA 43  
ESCALA 1:5

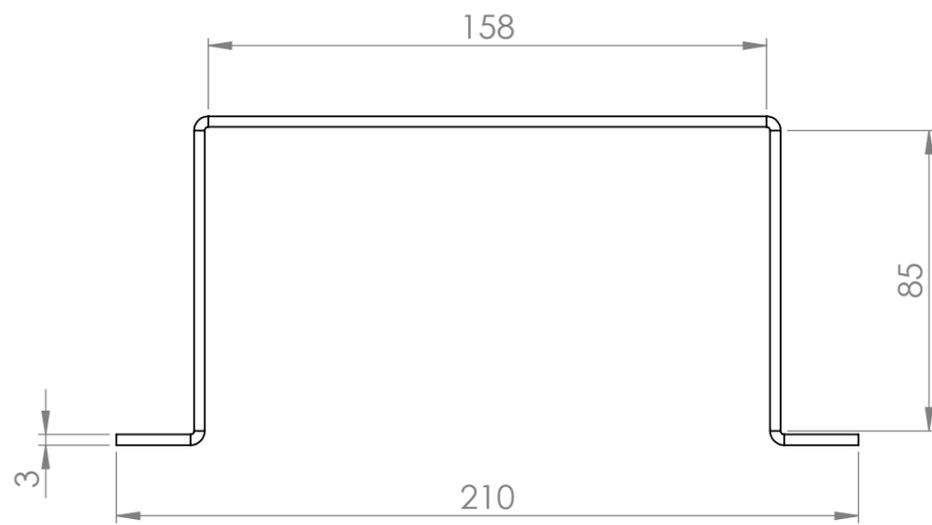
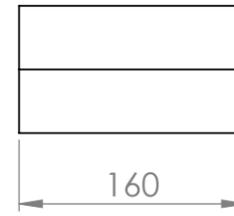


FIGURA 44  
ESCALA 1:2



FIGURA 45  
ESCALA 1:2

SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:				ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA			TÍTULO:	
VERIF.	Cordero		jun-15			43-Batería	
APROB.						44-Brida A	
FABR.						45-Brida B	
CALID.				MATERIAL:		N.º DE DIBUJO	
						18	A3
				PESO:		ESCALA:	HOJA 1 DE 1



# Anexo B

## Documentación técnica

### B.1. Especificaciones técnicas de producto

En el presente anexo se incluyen las especificaciones técnicas de los dispositivos incorporados al robot móvil Andábata. Los documentos incorporados han sido obtenidos de los sitios web de cada fabricante.

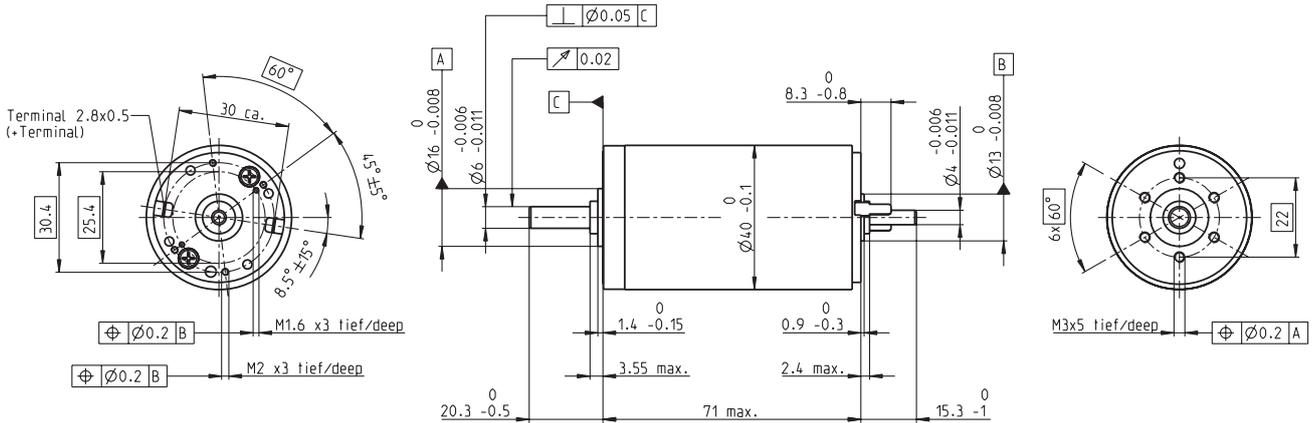
En los casos en los que el fabricante no ofrece un archivo de descarga con la documentación técnica se ha optado por imprimir la información en formato PDF (*Portable Document Format*) o por copiar la información de la página.

### **B.1.1. Motor Maxon RE 40**

**Número de producto:** 218010

**URL:** [http://www.maxonmotor.es/medias/sys\\_master/root/8819166543902/15-142-EN-nov.pdf](http://www.maxonmotor.es/medias/sys_master/root/8819166543902/15-142-EN-nov.pdf)

# RE 40 Ø40 mm, Graphite Brushes, 150 Watt



M 1:2

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

## Part Numbers

148866 **148867** **148877** 218008 218009 218010 218011 218012 218013 218014

Motor Data		148866	148867	148877	218008	218009	218010	218011	218012	218013	218014
<b>Values at nominal voltage</b>											
1 Nominal voltage	V	12	24	48	48	48	48	48	48	48	48
2 No load speed	rpm	6920	7580	7590	6420	5560	3330	2690	2130	1720	1420
3 No load current	mA	241	137	68.6	53.7	43.7	21.9	16.6	12.5	9.66	7.76
4 Nominal speed	rpm	6380	6940	7000	5810	4930	2710	2060	1510	1080	781
5 Nominal torque (max. continuous torque)	mNm	94.9	177	187	186	180	189	190	192	192	190
6 Nominal current (max. continuous current)	A	6	6	3.17	2.66	2.23	1.4	1.13	0.909	0.73	0.6
7 Stall torque	mNm	1720	2420	2560	2040	1620	1020	814	655	523	424
8 Stall current	A	105	80.2	42.4	28.6	19.7	7.43	4.79	3.06	1.97	1.32
9 Max. efficiency	%	88	91	92	91	91	89	89	88	86	85
<b>Characteristics</b>											
10 Terminal resistance	Ω	0.115	0.299	1.13	1.68	2.44	6.46	10	15.7	24.4	36.3
11 Terminal inductance	mH	0.024	0.082	0.33	0.46	0.613	1.7	2.62	4.14	6.41	9.32
12 Torque constant	mNm/A	16.4	30.2	60.3	71.3	82.2	137	170	214	266	321
13 Speed constant	rpm/V	581	317	158	134	116	69.7	56.2	44.7	35.9	29.8
14 Speed / torque gradient	rpm/mNm	4.05	3.14	2.97	3.16	3.45	3.29	3.31	3.27	3.29	3.37
15 Mechanical time constant	ms	5.89	4.67	4.28	4.2	4.19	4.16	4.15	4.15	4.15	4.16
16 Rotor inertia	gcm <sup>2</sup>	139	142	137	127	116	121	120	121	120	118

## Specifications

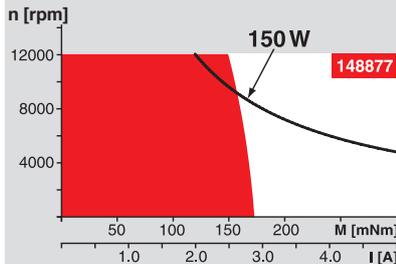
- Thermal data**
- 17 Thermal resistance housing-ambient 4.7 K/W
  - 18 Thermal resistance winding-housing 1.9 K/W
  - 19 Thermal time constant winding 41.5 s
  - 20 Thermal time constant motor 809 s
  - 21 Ambient temperature -30...+100°C
  - 22 Max. winding temperature +155°C
- Mechanical data (ball bearings)**
- 23 Max. speed 12000 rpm
  - 24 Axial play 0.05 - 0.15 mm
  - 25 Radial play 0.025 mm
  - 26 Max. axial load (dynamic) 5.6 N
  - 27 Max. force for press fits (static) (static, shaft supported) 110 N
  - 28 Max. radial load, 5 mm from flange 1200 N

- Other specifications**
- 29 Number of pole pairs 1
  - 30 Number of commutator segments 13
  - 31 Weight of motor 480 g

Values listed in the table are nominal.  
Explanation of the figures on page 107.

- Option**  
Preloaded ball bearings

## Operating Range



## Comments

- Continuous operation**  
In observation of above listed thermal resistance (lines 17 and 18) the maximum permissible winding temperature will be reached during continuous operation at 25°C ambient.  
= Thermal limit.
- Short term operation**  
The motor may be briefly overloaded (recurring).
- Assigned power rating**

## maxon Modular System

Overview on page 20–25

- Planetary Gearhead**  
Ø42 mm  
3 - 15 Nm  
Page 314
- Planetary Gearhead**  
Ø52 mm  
4 - 30 Nm  
Page 318

- Recommended Electronics:**
- Notes**
  - ESCON Mod. 50/5 379
  - ESCON 50/5 380
  - ESCON 70/10 380
  - EPOS2 24/5 387
  - EPOS2 50/5 387
  - EPOS2 70/10 387
  - EPOS2 P 24/5 390
  - EPOS3 70/10 EtherCAT 393
  - MAXPOS 50/5 396

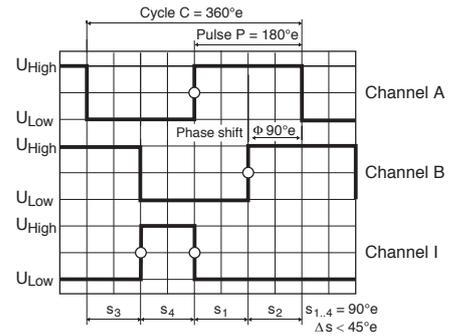
- Encoder MR**  
256 - 1024 CPT,  
3 channels  
Page 356
- Encoder HED\_ 5540**  
500 CPT,  
3 channels  
Page 362/365
- Brake AB 28**  
24 VDC  
0.4 Nm  
Page 408
- Industrial Version**  
**Encoder HEDL 9140**  
Page 368
- Brake AB 28**  
Page 409
- End cap**  
Page 413

### **B.1.2. Encoder MR Tipo L 500ppv**

**Número de producto:** 228452

**URL:** [http://www.maxonmotor.es/medias/sys\\_master/root/8816813572126/15-356-EN.pdf](http://www.maxonmotor.es/medias/sys_master/root/8816813572126/15-356-EN.pdf)

# Encoder MR Type L, 256–1024 CPT, 3 Channels, with Line Driver



Direction of rotation cw (definition cw p. 106)

- Stock program
- Standard program
- Special program (on request)

### Part Numbers

225783	228452	225785	228456	225787
--------	--------	--------	--------	--------

### Type

Counts per turn	256	500	512	1000	1024
Number of channels	3	3	3	3	3
Max. operating frequency (kHz)	80	200	160	200	320
Max. speed (rpm)	18 750	24 000	18 750	12 000	18 750



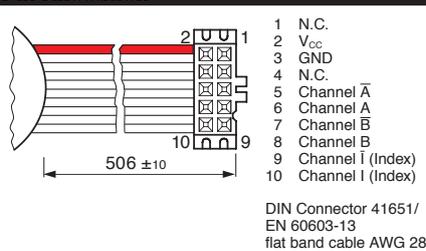
### maxon Modular System

+ Motor	Page	+ Gearhead	Page	+ Brake	Page	Overall length [mm] / ● see Gearhead				
RE 30, 15 W	138					79.4	79.4	79.4	79.4	79.4
RE 30, 15 W	138	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	305			●	●	●	●	●
RE 30, 60 W	139					79.4	79.4	79.4	79.4	79.4
RE 30, 60 W	139	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	303			●	●	●	●	●
RE 30, 60 W	139	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	305-309			●	●	●	●	●
RE 30, 60 W	139	GP 32 S	334-336			●	●	●	●	●
RE 35, 90 W	140					82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
RE 35, 90 W	140	GP 32, 0.75 - 4.5 Nm	303			●	●	●	●	●
RE 35, 90 W	140	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	305-309			●	●	●	●	●
RE 35, 90 W	140	GP 32, 4.0 - 8.0 Nm	310			●	●	●	●	●
RE 35, 90 W	140	GP 42, 3 - 15 Nm	314			●	●	●	●	●
RE 35, 90 W	140	GP 32 S	334-336			●	●	●	●	●
RE 40, 25 W	141					82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
RE 40, 150 W	142					82.4	82.4	82.4	82.4	82.4
RE 40, 150 W	142	GP 42, 3 - 15 Nm	314			●	●	●	●	●
RE 40, 150 W	142	GP 52, 4 - 30 Nm	318			●	●	●	●	●
A-max 32	170/172					72.7	72.7	72.7	72.7	72.7
A-max 32	170/172	GP 32, 0.75 - 6.0 Nm	305-308			●	●	●	●	●
A-max 32	170/172	GS 38, 0.1 - 0.6 Nm	313			●	●	●	●	●
A-max 32	170/172	GP 32 S	334-336			●	●	●	●	●
EC-max 40, 70 W	228					73.9	73.9	73.9	73.9	73.9
EC-max 40, 70 W	228	GP 42, 3 - 15 Nm	315			●	●	●	●	●
EC-max 40, 120 W	229					103.9	103.9	103.9	103.9	103.9
EC-max 40, 120 W	229	GP 52, 4 - 30 Nm	319			●	●	●	●	●

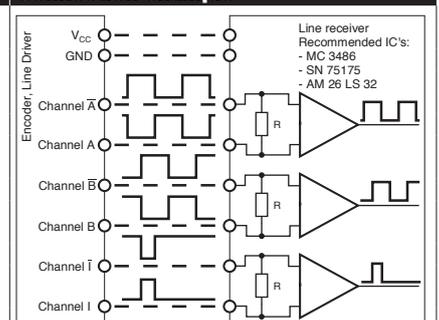
### Technical Data

Supply voltage $V_{CC}$	5 V $\pm$ 5%
Output signal	TTL compatible
Phase shift $\Phi$	90°e $\pm$ 45°e
Index pulse width	90°e $\pm$ 45°e
Operating temperature range	-25...+85°C
Moment of inertia of code wheel	$\leq$ 1.7 gcm <sup>2</sup>
Output current per channel	max. 5 mA

### Pin Allocation



### Connection example



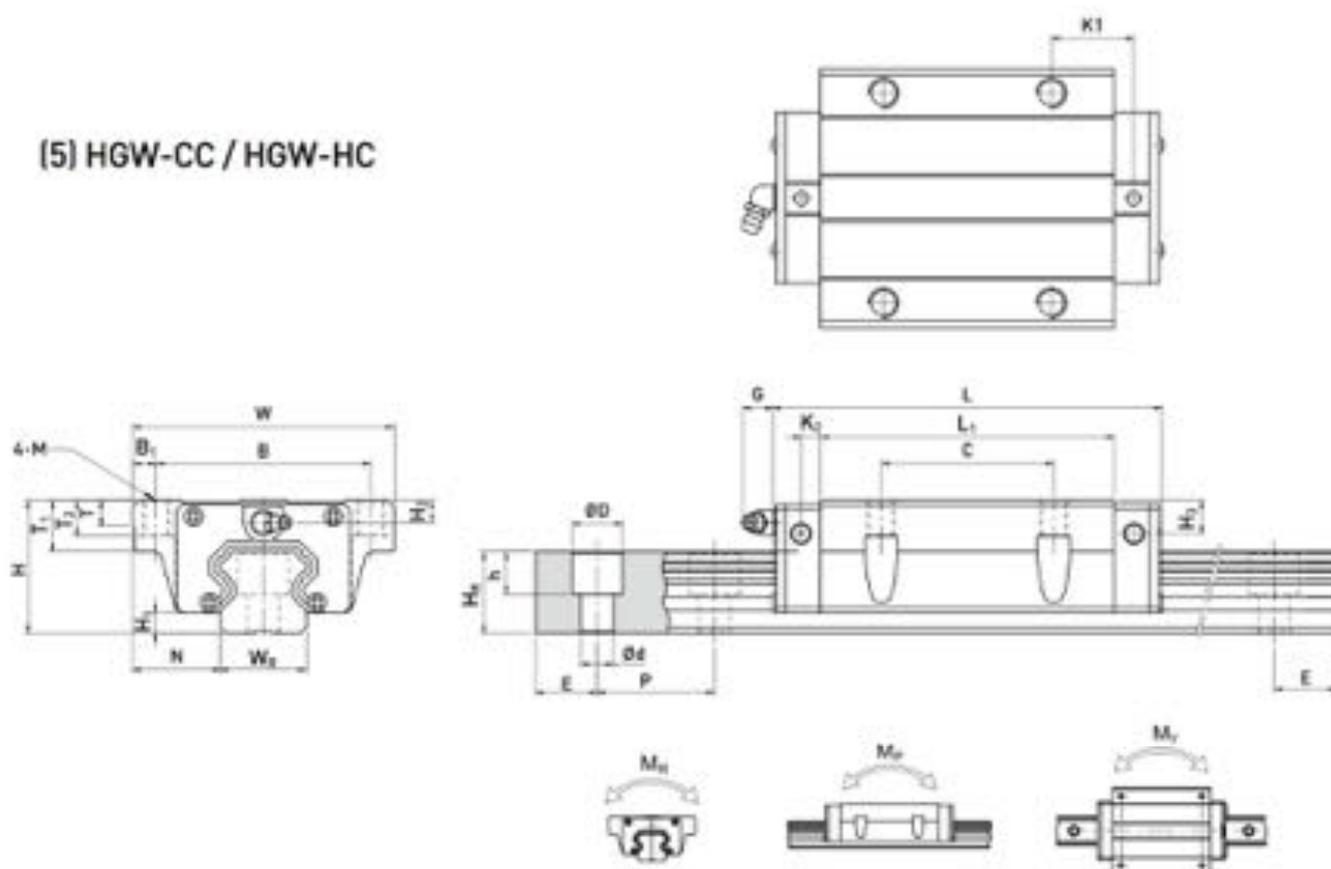
Opt. terminal resistance  $R > 1 \text{ k}\Omega$

### **B.1.3. Guías lineales Hiwin serie HG**

**Modelo:** HGW15CCZ0C

**URL:** [http://www.hiwin.com/html/extras/hgw-cc\\_hgw-hc.html](http://www.hiwin.com/html/extras/hgw-cc_hgw-hc.html)

(5) HGW-CC / HGW-HC



Model No.	Dimensions of Assembly (mm)		Dimensions of Block (mm)													Dimensions of Rail (mm)					Mounting Bolt for Rail (mm)	Basic Dynamic Load Rating C0 (kN)	Basic Static Load Rating C1 (kN)	Static Rated Moment			Weight							
	H	H1	N	W	B	B1	C	L	L1	K	K1	G	M	T	T1	T2	H2	H3	W2	H4				D	b	d	P	E	Mx	My	Mz	Block kg	Rail kg/m	
HGW15CC	24	4.3	16	47	38	4.5	30	21.4	41.4	8	4.85	5.2	M5	8	8.3	6.95	3.95	3.7	15	15	7.5	5.3	4.5	40	20	M4x16	11.38	16.97	0.12	0.10	0.10	0.17	1.45	
HGW20CC	30	4.8	21.5	63	53	5	40	53.5	77.5	10.25	6	12	M6	8	10	8.5	6	6	20	17.5	9.5	8.5	4	60	20	M5x16	17.75	27.76	0.27	0.20	0.20	0.40	2.21	
HGW20HC								65.2	92.2	17.6																								
HGW25CC	36	5.5	23.5	70	57	6.5	45	58	84	11.8	6	12	M8	8	14	10	6	5	23	22	11	9	7	60	20	M6x20	26.48	36.49	0.42	0.33	0.33	0.59	3.21	
HGW25HC								78.4	104.6	22.1																								
HGW30CC	42	6	30	80	72	9	52	70	97.4	14.25	6	12	M10	8.5	16	10	4.5	10.8	28	26	14	12	9	80	20	M8x25	38.76	52.19	0.66	0.53	0.53	1.09	4.47	
HGW30HC								93	128.4	25.75																								
HGW35CC	48	7.5	33	100	82	9	62	88	112.4	14.6	7	12	M10	10.1	18	13	9	12.4	34	29	14	12	9	80	20	M8x25	49.52	67.16	1.16	0.81	0.81	1.56	4.30	
HGW35HC								105.8	138.2	27.5																								
HGW45CC	60	9.5	37.5	120	100	10	80	97	139.4	13	10	12.9	M12	15.7	22	15	8.5	20.5	45	38	20	17	14	100	22.5	M12x25	77.57	102.71	1.88	1.55	1.55	2.79	10.41	
HGW45HC								128.8	171.2	28.9																								
HGW55CC	70	13	43.5	140	116	12	95	117.7	166.7	17.35	11	12.9	M14	17.5	24.5	17	12	19	53	44	23	20	14	120	30	M14x25	114.44	148.33	2.69	2.44	2.44	4.52	15.88	
HGW55HC								155.8	204.8	26.4																								
HGW65CC	90	15	53.5	170	142	14	110	144.2	200.2	23.1	14	12.9	M16	25	37.5	23	15	15	63	53	26	22	18	150	35	M16x30	163.63	215.33	6.65	4.27	4.27	9.17	21.70	
HGW65HC								203.6	259.6	52.8																								

Note : 1 kgf = 9.81 N

#### **B.1.4. Fuente de alimentación Sunpower SDX**

**Modelo:** SDX-425-G24

**URL:** <http://www.sunpower.com.tw/Frameset-min.asp?sn=231>



**SUNPOWER TECHNOLOGY CORP.**  
 16F.-1, No.150, Jian 1st Rd., Zhonghe Dist., New Taipei City 235, Taiwan (R.O.C.).  
 TEL: 886-2-8226-3100 FAX: 886-2-8226-3111  
 http://www.sunpower.com.tw  
 E-mail: sunpower@sunpower.com.tw

# SDX-425-G24

**425W, Six Output  
 DC-DC for ATX System**



150 x 140 x 86 mm  
 5.90 x 5.51 x 3.39 inch



## Features:

- \* Input and output isolation
- \* High efficiency and reliability
- \* Soft start function, low inrush current
- \* Input reverse polarity protection
- \* 3.3V & 5V VRM design
- \* Over voltage, over load & short circuit protection
- \* With power good signal & PS-ON signal output
- \* 100% full load burn-in test
- \* Meet Intel ATX 2.01 / ATX 2.31 / ATX 12V
- \* UL, cUL, TUV ,CB, CE standard
- \* 3 years warranty

## Specification:

INPUT	<b>Voltage</b>	19V ~ 36V DC (Typical 24V)						
	<b>Current</b>	<28.6A @ 23V DC input,						
	<b>Protection</b>	Ceramic Fuse 30A/250V						
OUTPUT	<b>Voltage</b>	5V	3.3V	12V1	12V2	-5V	-12V	5Vsb
	<b>Min Load</b>	0A	0A	1A	0A	0A	0A	0A
	<b>Max Load</b>	23A	20A	16A	16A	0.5A	1A	19V~23V : 1.4A 23V~36V : 1.7A
	<b>Output Tolerance</b> ②	±3%	±5%	±3%	±3%	±5%	±10%	±5%
	<b>Ripple Noise MAX.</b> ③	70mV	70mV	150mV	150mV	100mV	150mV	70mV
	<b>Efficiency (TYP.)</b>	72%						
	<b>Output MAX.</b>	3.3V & 5V max 125W, -5V & -12V max 12W, total output max 425W						
PROTECTION	<b>Over Voltage</b>	5.7V~6.5V	3.7V~4.1V	13.1V~14.5V		----	----	----
		Shutdown, it needs re-power on to recover						
	<b>Over current (MAX)</b>	30A	30A	20A	20A	----	----	----
	<b>OverLoad &amp; ShortCircuit</b>	When power supply over 105%~ 150% max load or short circuit acted, power supply will be shutdown and latch off, recover after re-start up.						
ELEC. CHAR.	<b>Rise time</b>	<20mS						
	<b>Power good signal</b>	Power ON within 100---500ms, high level TTL Signal release.						
ENVIRONMENT	<b>Temperature</b> ④	Operating: -10 ~ 70°C ; De-rating: 45 ~ 70°C : 2.5%/°C ; Storage: -20~+85°C						
	<b>Humidity</b>	Operating: 20% ~ 90% (non condensing) RH; Storage: 10% ~ 95% RH (non condensing)						
SAFETY	<b>Withstand voltage</b>	I/P-O/P:3.0KVAC, I/P-FG:1.5KVAC, 1minute						
	<b>Isolation resistance</b>	I/P-O/P, I/P-FG, > 100MΩ/500VDC at 25°C/ 70% RH						
EMC	<b>EMI</b>	EN 55022 CLASS B · FCC CFR 47 PART 15 CLASS B · CNS 13438 CLASS B.						
	<b>EMS</b>	EN 55024 : EN 61000-4-2,3,4,5,6,8						
OTHERS	<b>Cooling</b>	Forced airflow cooling with DC fan						
	<b>M.T.B.F.</b>	106 K hours						
	<b>Dimension</b>	150 x 140 x 86 mm (L*W*H)						
	<b>Packing</b>	N.W.: 2.1 Kg / 1pc; 6 pcs/ 2.03 CUFT / 1 CTN						

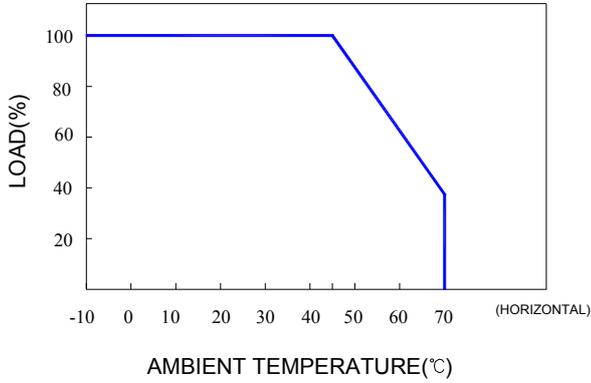
- NOTE**
- ① All measurements which not mentioned are based on 24VDC input, **output Max** at ambient 25°C / 70%RH.
  - ② Output tolerance included set up voltage, line regulation and load regulation.  
The regulation is measured between 20%-100% **max load** of each output, Total output must under **output Max**.
  - ③ Ripple & noise are measured at 10~50°C condition and 20MHz of bandwidth by using a 10" ~ 15" twisted pair-wire terminated with a 0.1uF & a 10uF parallel capacitor.
  - ④ The operating temperature shall follow the de-rating curve in spec
  - ⑤ The power supply is considered a component of end-equipment. The end-equipment must be re-confirmed whether comply with EMC directives.



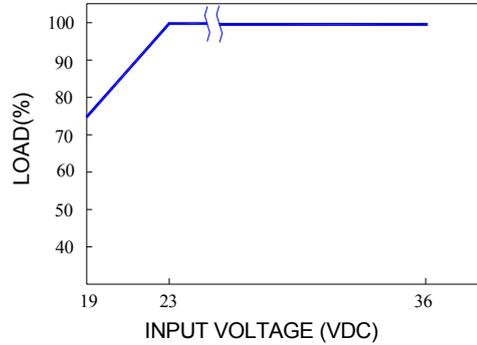
**SUNPOWER TECHNOLOGY CORP.**  
 16F-1, No.150, Jian 1st Rd., Zhonghe Dist., New Taipei City 235, Taiwan (R.O.C.).  
 TEL: 886-2-8226-3100 FAX: 886-2-8226-3111  
 http://www.sunpower.com.tw  
 E-mail: sunpower@sunpower.com.tw

# SDX-425-G24

## De-rating Curve :



## Output De-rating Vs Input Voltage



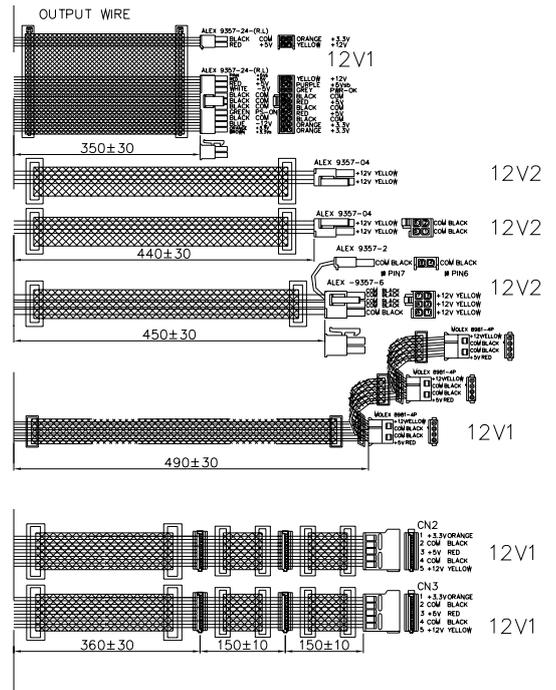
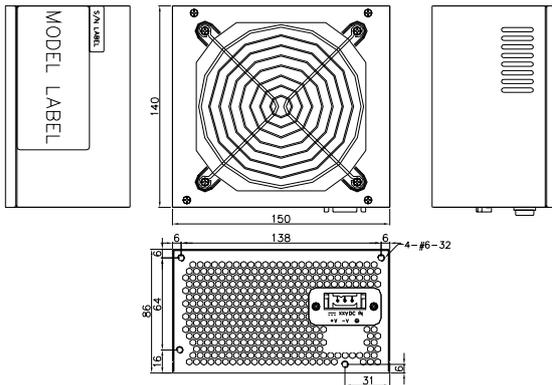
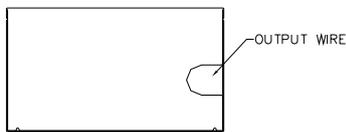
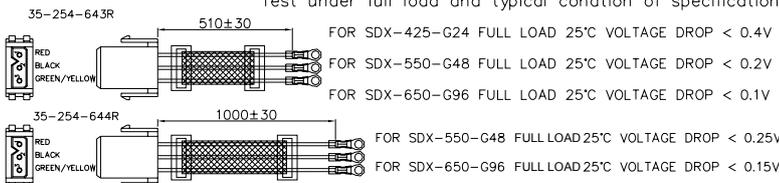
## Dimension:

(Unit: mm)

### OPTION

35-254-643R  
 35-254-644R

The voltage drop was caused by wire loss ;  
 Test under full load and typical condition of specification



### **B.1.5. Controladora de motor Sabertooth dual 32A**

**Modelo:** Sabertooth 2x32

**URL:**

<http://www.dimensionengineering.com/datasheets/Sabertooth2x32.pdf>

## Features

### *Dual motor driver with mixed and independent options*

Sabertooth 2x32 will drive two motors at up to 32A continuous and 64A peak each. These can be mixed together for a tank drive type vehicle, or run independently. It can be controlled by analog voltages, R/C transmitters, TTL serial commands, USB, or a combination of these signals.

### *USB input*

Every third generation Sabertooth motor driver comes with USB standard. This makes operating from a PC or advanced microcontroller as easy as plugging in the cable. Windows drivers are included with the DEDscribe PC software, and no driver is required for Linux. USB is also used with to set options, create custom operating modes, monitor the system, and update the firmware with new features.

### *Auxiliary inputs and outputs*

Sabertooth 2x32 has two additional 8A power outputs, which can be set up to operate electromagnetic brakes on motors, act as a voltage clamp to protect power supplies, or power other medium duty loads. Sabertooth 2x32 also has extra signal inputs and extra serial ports which enable better control options.

### *User-created operating modes for custom applications*

We often hear that a motor driver would be perfect if it only had one more input or a minor operating change. Third generation Sabertooth motor drivers like 2x32 have user-scriptable operating modes, which allow you to mix and match analog, R/C, serial and USB inputs, create custom output functions and handle tasks automatically. You can even switch control from one input type to another. Many jobs that would have taken an additional microcontroller can now be handed with just the Sabertooth 2x32.

### *Self-tuning PID control using the optional Kangaroo x2 expansion board*

When used with the optional Kangaroo x2 expansion board, Sabertooth 2x32 works with quadrature encoder or potentiometer feedback for speed or position control. Because it is self-tuning, you can skip the hours or days of work getting your PID coefficients dialed in.

### *High resolution Synchronous regenerative drive with ultrasonic switching frequency*

Sabertooth 2x32 features high resolution inputs and over 4000 output speeds for the smoothest control on the market. The switching frequency is over 29 kHz, so there's no annoying motor whine. The outputs use synchronous rectification for high efficiency and low heat generation, as well as regenerative drive to save energy and extend battery life.

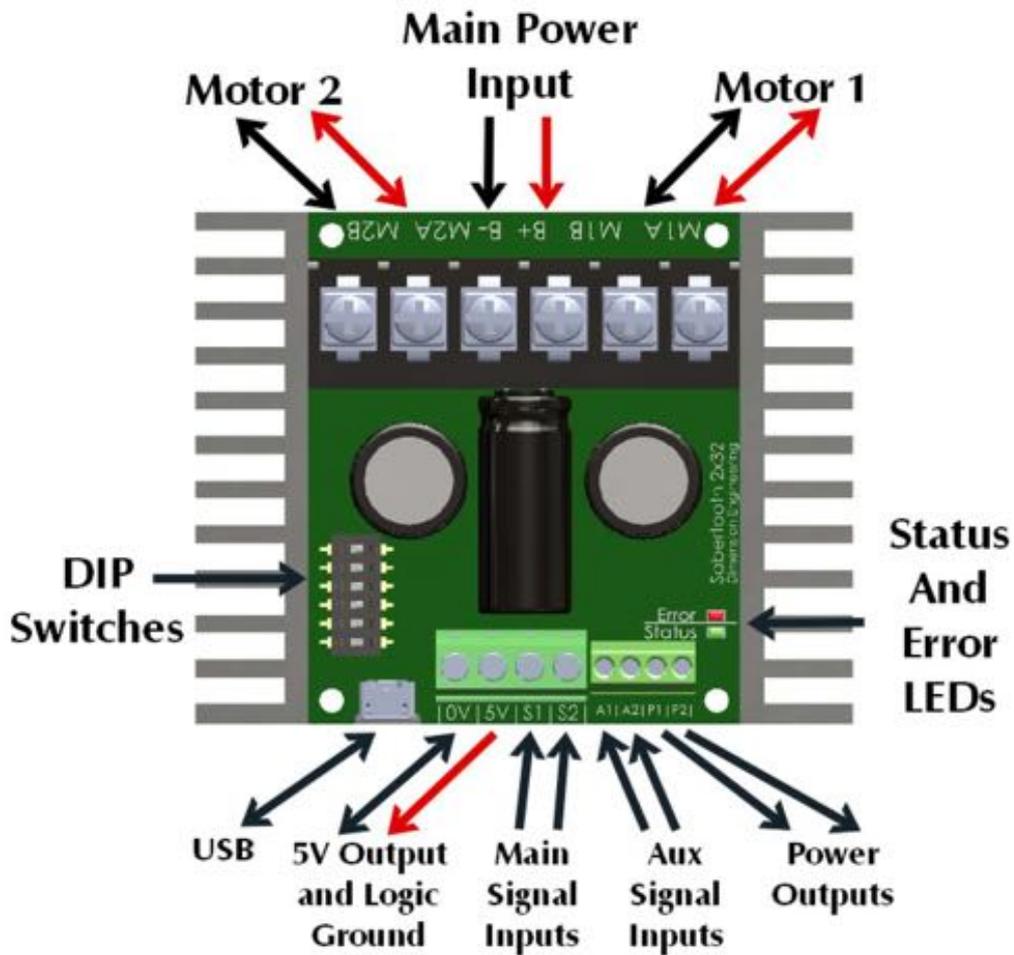
### *Adjustable current limit, ramp rates and thermal protection*

The current and temperature limit of the Sabertooth 2x32 can be set for each motor channel. This can be used to protect the mechanism of your device, as well as protect itself.

### *Easy mounting and setup*

Sabertooth 2x32 features a new heat sink CNC machined from a single block of aluminum. Mounting is accomplished with included 4-40 hardware. All connections are by screw terminals, so no soldering or special cables are required, other than the included micro USB cable.

## Overview



**Main Power Input:** Connect to a 6V-33.6V Battery or Power Supply.

**Motor 1 and Motor 2:** Connect Motor 1 to the M1A and M1B. Connect Motor 2 to M2A and M2B.

**DIP Switches:** These are used to set the operating mode and options. Can be changed while operating.

**USB:** A standard Micro USB port. Connect to a PC or other USB host to control, monitor or modify.

**Logic Ground:** The 0V logic ground is connected internally to B-.

**5V Output:** 5V is a regulated 5 volt output. You can use it to power additional circuitry up to 1 amp.

**Main Signal Inputs:** Connect your main analog, R/C or serial signals here.

**Aux Signal Inputs:** These may be used for additional control. Optional in most modes.

**Power Outputs:** These connect to voltage clamp resistors, electromagnetic brakes, field windings, or other moderate power loads. 8A max current per channel.

**Status and Error LEDs:** These glow and flash to indicate the status of the Sabertooth 2x32.

## Specifications

	<i>Mechanical specifications</i>		
Dimensions	2.75 x 3.5 x 1.0 inches (70mm x 90mm x 26mm)		
Weight	4.5 ounces (125 grams)		
	Minimum	Typical	Maximum
Wire size, battery	16 gauge	10 gauge	10 gauge
Wire size, motors	16 gauge	12 gauge	10 gauge
Wire size, signal	28 gauge	24 gauge	18 gauge
Operating temperature	0F (-20C)	70F (25C)	160F (70C) <sup>1</sup>
	<i>Electrical Characteristics</i>		
	Minimum	Typical	Maximum
Input voltage, B+ and B-	6.0 Volts	12 or 24 Volts	33.6 Volts
Continuous output current, M1 and M2	-	-	32 amps <sup>1</sup>
Peak output current, M1 and M2	-	-	64 amps <sup>2</sup>
Output voltage, M1 and M2	-95% of input voltage (average)	-	95% of input voltage (average)
Voltage, P1 and P2	0V	-	Input voltage +.3V
Output current, P1 and P2			8 amps, sink only
Output voltage, 5V	4.85	5.0	5.15
Output Current, 5V	-	-	1A
Input voltage, S1 and S2	-.3V	0V to 5V	12V <sup>3</sup>
Input voltage, A1 and A2	-.3V	0V to 5V	12V <sup>3</sup>
Output Voltage, S2 and A2	0V		3.5V

<sup>1</sup> Maximum continuous output current derates linearly above 40C ambient. At 70C ambient the maximum continuous output current is 10 amps per channel.

<sup>2</sup> Can be reduced by software setting

<sup>3</sup> Stress rating only, signals over 5 volts will be read as 5 volts by the Sabertooth 2x32

**B.1.6. Controladora de movimiento Kangaroo x2**

**Modelo:** Kangaroo x2

**URL:** <http://www.dimensionengineering.com/products/kangaroo>



**MOTOR DRIVERS**

- SyRen 10
- SyRen 25
- SyRen 50
- Sabertooth 2X5
- Sabertooth 2X5 R/C
- Sabertooth 2X12
- Sabertooth 2X12 R/C
- Sabertooth 2X25
- Sabertooth 2X32
- Sabertooth 2X60

**RADIO CONTROL**

- BattleSwitch
- CellShield
- DoubleSwitch
- LipoShield
- PicoSwitch
- Servo Pigtaills
- SmartBEC
- SportBEC
- VHVBECC

**R/C LIGHTING**

- DELIGHT Starter Kit
- DELIGHT Controller
- DELINK
- DELIGHT Single LEDs
- DELIGHT Strip LEDs
- EasyLights
- Sinewinder Lights

**DC TO DC**

- 3.3V Switching Regulator
- 5.0V Switching Regulator
- 1A Adjustable Switching Regulator
- 3A Adjustable Switching Regulator
- HV Adjustable Switching Regulator
- AnyVolt 3
- AnyVolt Micro
- LVBoost
- Negatron
- Breakout Boards

**SENSORS**

- Buffered 2g Accelerometer
- Buffered 6g Accelerometer
- Buffered 3D Accelerometer

**MOTION CONTROL**

- Kangaroo x2

**ABOUT**

- The Company
- Warranty Information
- Terms of Usage
- Our Dealers
- Shipping FAQ
- Accelerometer Guide
- Switching Regulator Guide
- BEC FAQ

**LEGACY PRODUCTS**

- Legacy Products

[Products](#) > [Kangaroo x2](#)

**Kangaroo x2 motion controller**

**Price:** \$23.99

**Weight:** 7.0g / 0.25oz **Lead Time:** ~2 weeks

**International Shipping:** \$2.00

**Product Description**

Kangaroo x2 adds self-tuning feedback motion control to your Sabertooth or SyRen motor driver. It can be used with quadrature encoders or potentiometers to provide position or speed control. It supports one or two feedback channels.

Feedback control has always been highly desirable for mechanical systems. Being able to tell your device to move an exact amount, at a specific speed or to a certain position, and have it reliably and repeatably do so, regardless of the load or disturbances, has obvious benefits. However, PID and other controllers have to be carefully tuned to get acceptable results. Feedback tuning is difficult, time consuming and requires advanced math and physics knowledge.

Kangaroo x2 is the first self-tuning controller in its class. Instead of requiring you to measure, model and calculate the system, the controller itself will figure everything out after a few switch settings and button presses. In the time it takes to get a tasty snack, you can come back to a perfectly tuned system ready to accept your commands.

Instead of requiring you to use a microcontroller to do closed loop control, Kangaroo x2 works from analog and radio control sources as well as microcontrollers and computers. You can, for example, use it to build that two horsepower R/C servo you've always needed as the final piece of your doomsday device. Just remember who helped when the vaporizing starts.

During operation, you can command speeds, positions or combined commands like "move to 37 inches at a speed of 4 inches per second." You can also have the Kangaroo x2 report back speeds and positions while it is running. A mixed mode allows for unstoppable mobile robots with differential drive or tank style steering.

If you need to get your product under control, Kangaroo x2 is the best way to do it.

**Product Specs**

**Model:** Kangaroo x2

**Specifications:** 2 channel self-tuning PID controller  
Position or speed control  
Quadrature encoder feedback or potentiometer feedback  
Support for limit switches and mechanical stops  
Analog, R/C and serial inputs

**Compatibility:** Sabertooth 2x10  
Sabertooth 2x12  
Sabertooth 2x25  
Sabertooth 2x25 V2  
Sabertooth 2x50HV  
Sabertooth 2x60  
SyRen 10  
SyRen 25  
SyRen 50

**Documentation:** [Kangaroo Manual](#)  
[Kangaroo Pack-In Instructions](#)  
[Encoder Calculator](#)  
[Arduino Library Reference](#)  
[.NET \(C#, VB\) Library Reference](#)  
[Packet Serial Reference](#)  
[DEscribe Manual](#)

**Software:** [Arduino Library](#)  
[.NET \(C#, VB\) Library](#)  
[DEscribe PC Software](#)

**Videos:** [Teach Tune Mode 1](#)  
[Drive Mode Tune for Position Control](#)  
[Drive Mode Tune for Speed Control](#)  
[Kangaroo Speed Control vs. Sabertooth RC](#)  
[Travel Range for Speed Control Tune](#)

**Customer projects:** [Show us yours!](#)



### **B.1.7. Cable USB-TTL serial**

**Modelo:** TTL-232R-5V

**URL:** [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS\\_TTL-232R\\_CABLES.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS_TTL-232R_CABLES.pdf)

## 2.2 Features

- TTL-232R Converter Cable provides a USB to TTL Serial interface with various end connectors.
- On board FT232RQ provides single chip USB to asynchronous serial data transfer interface.
- Entire USB protocol handled by the electronics in the cable USB.
- Connect directly to a microcontroller UART or I/O pins.
- UART interface support for 7 or 8 data bits, 1 or 2 stop bits and odd / even / mark / space / no parity.
- Fully assisted hardware (RTS#/CTS#) or X-On / X-Off software handshaking.
- Data transfer rates from 300 baud to 3 Mbaud at TTL levels.
- Internal EEPROM with user writeable area.
- 5V CMOS drive outputs and 5V safe TTL inputs makes the TTL-232R easy to interface to 5V MCU's.
- FTDI's royalty-free VCP allow for communication as a standard emulated COM port and D2XX 'direct' drivers provide DLL application programming interface.
- Support for FT232R FTDIChip-ID™ feature for improved security.
- +5V or +3.3V output allows external logic to be powered from the USB port.
- 6 way outputs provide Tx, Rx, RTS#, CTS#, VCC and GND (except Audio Jack which provides only TX,RX and GND).
- 8 way, keyed connector to support FTDI VDRIVE2 and VMUSIC2.
- 3 way Audio Jack connector provides Tx, Rx and GND.
- Low USB bandwidth consumption.
- UHCI / OHCI / EHCI host controller compatible.
- USB 2.0 Full Speed compatible.
- -40°C to +85°C operating temperature range.
- Cable length is 1.80m (6 feet).
- FCC and CE compliant.
- Custom versions also available (subject to MOQ).

## 4 TTL-232R-5V and TTL-232R-3V3 Cables

The TTL-232R-5V and TTL-232R-3V3 cables are both terminated by a 6 way, 0.1", Single-In-Line (SIL) connector. The difference between the two cables is that the TTL-232R-5V operates at +5V levels (signals and power supply) and the TTL-232R-3V3 operates at +3.3V levels (signals only, VCC= +5V).

### 4.1 TTL-232R-5V, TTL-232R-3V3 Connector Pin Out and Mechanical details

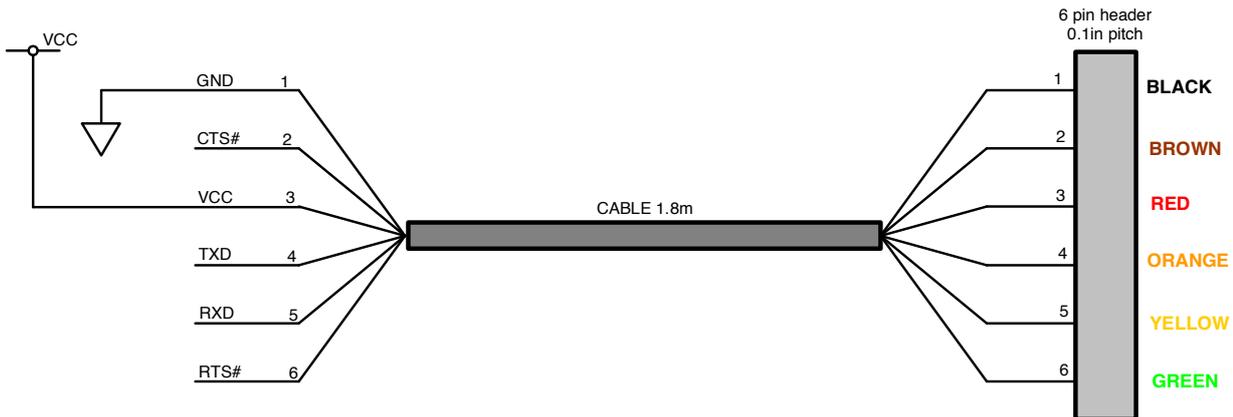


Figure 4.1 TTL-232R-5V and TTL-232R-3V3, 6 Way Header Pin Out

The mechanical details of the 6 way connector are shown in the following diagram

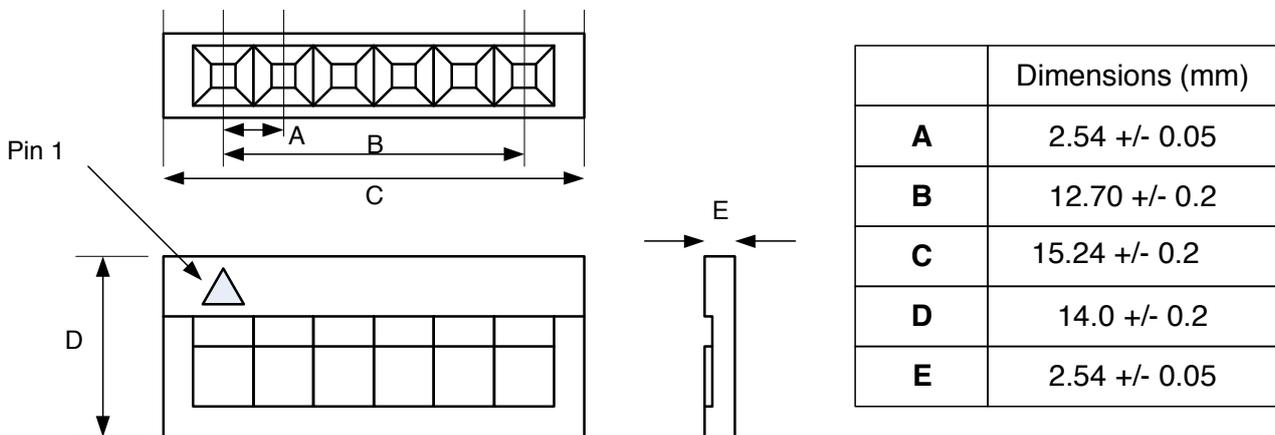


Figure 4.2 TTL-232R-5V TTL-232R-3V3, 6 Way Header Mechanical Details

### 4.2 TTL-232R-5V and TTL-232R-3V3 Cable Signal Descriptions

Header Pin Number	Name	Type	Colour	Description
1	GND	GND	Black	Device ground supply pin.
2	CTS#	Input	Brown	Clear to Send Control input / Handshake signal.
3	VCC	Output	Red	+5V output,

Header Pin Number	Name	Type	Colour	Description
4	TXD	Output	Orange	Transmit Asynchronous Data output.
5	RXD	Input	Yellow	Receive Asynchronous Data input.
6	RTS#	Output	Green	Request To Send Control Output / Handshake signal.

**Table 4.1 TTL-232R-5V and TTL-232R-3V3 Cable Signal Descriptions**

### 4.3 TTL-232R-5V and TTL-232R-3V3 Electrical Parameters

#### 4.3.1 TTL-232R-5V Electrical Parameters

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
VCC	Output Power Voltage	4.25	5.0	5.25	V	Dependant on the USB port that the TTL-232R-5V is connected to
I <sub>o</sub>	Output Power Current	-	-	75	mA	Must be less than 2.5mA during suspend.
T	Operating Temperature Range	-40	-	+85	°C	

**Table 4.2 TTL-232R-5V I/O Operating Parameters**

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
V <sub>oh</sub>	Output Voltage High	3.2	4.1	4.9	V	I source = 2mA
V <sub>ol</sub>	Output Voltage Low	0.3	0.4	0.6	V	I sink = 2mA
V <sub>in</sub>	Input Switching Threshold	1.0	1.2	1.5	V	
V <sub>Hys</sub>	Input Switching Hysteresis	20	25	30	mV	

**Table 4.3 TTL-232R-5V I/O Pin Characteristics**

#### 4.3.2 TTL-232R-3V3 Electrical Parameters

Parameter	Description	Minimum	Typical	Maximum	Units	Conditions
VCC	Output Power Voltage	4.25	5.0	5.25	V	Dependant on the USB port that the TTL-232R-3V3 is connected to
I <sub>o</sub>	Output Power Current	-	-	75	mA	Must be less than 2.5mA during suspend.
T	Operating Temperature Range	-40	-	+85	°C	

**Table 4.4 TTL-232R-3V3 I/O Operating Parameters**

### **B.1.8. Placa base ASRock Extreme**

**Modelo:** Z87M Extreme 4

**URL:** <http://www.asrock.com/mb/Intel/Z87M%20Extreme4/index.es.asp?cat=Specifications>

## Z87M Extreme4

### Especificaciones del Producto

Generales	
<b>A-Style</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Home Cloud</li> <li>- Purity Sound™</li> </ul>
<b>CPU</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporta Procesadores de Nueva 4ª y 4ª Generación Intel® Core™ i7/i5/i3/Xeon®/ Pentium®/ Celeron®(Socket 1150)</li> <li>- Digi Power Design</li> <li>- Diseño de fase de alimentación 8</li> <li>- Soporta tecnología Intel® Turbo Boost 2.0</li> <li>- Soporta Intel® K-Series desbloqueo CPU</li> <li>- Soporta ASRock BCLK gama completa Overclocking</li> </ul>
<b>Chipset</b>	- Intel® Z87
<b>Memoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tecnología de memoria Dual Channel DDR3/DDR3L</li> <li>- 4 x DDR3/DDR3L ranuras DIMM</li> <li>- Soporta memoria DDR3/DDR3L 2800+(OC)/2400(OC)/2133(OC)/1866(OC)/1600/1333/1066 non-ECC, un-buffered</li> <li>- Máxima capacidad de memoria del sistema: 32GB*</li> <li>- Soporta Intel® Extreme Memory Profile (XMP) 1.3 / 1.2</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>*Debido a la limitación del sistema operativo, el tamaño de la memoria actual puede ser menos que 4GB para la reserva del uso del sistema bajo operativo Windows® 32-bit. Para Windows® 64-bit con CPU de 64-bit no hay tal limitación.</p> </div>
<b>BIOS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 64Mb AMI UEFI Legal BIOS con soporte GUI Multilingüe</li> <li>- ACPI 1.1 conforme Wake Up Events</li> <li>- Soporta SMBIOS 2.3.1</li> <li>- CPU, DRAM, PCH 1.05V, PCH 1.5V multi-ajuste de voltaje</li> </ul>
Audio, Video y Conectividad	
<b>Gráficos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporta Intel® HD Graphics Built-in Visuals : Intel® Quick Sync Video con AVC, MVC (S3D) y MPEG-2 Full HW Encode1, Intel® InTru™ 3D, Intel® Clear Video HD Technology, Intel® Insider™, Intel® HD Graphics 4600</li> <li>- Pixel Shader 5.0, DirectX 11.1</li> <li>- Tamaño máximo memoria 1792MB</li> <li>- Múltiples opciones de salida gráficos: D-Sub, DVI-D y HDMI</li> <li>- Soporta Triple Monitor</li> <li>- Soporta tecnología HDMI con máxima resolución hasta 4K x 2K (4096x2304) @ 24Hz</li> <li>- Soporta DVI-D con máxima resolución hasta 1920x1200 @ 60Hz</li> <li>- Soporta D-Sub con máxima resolución hasta 1920x1200 @ 60Hz</li> <li>- Soporta Auto Lip Sync, Deep Color (12bpc), xvYCC y HBR (High Bit Rate Audio) con HDMI (Se necesita compatibilidad con monitor HDMI)</li> <li>- Soporta función HDCP con puertos DVI-D y HDMI</li> <li>- Soporta Blu-ray (BD) Full HD 1080p con puertos DVI-D y HDMI</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>*Intel® HD Graphics integrada visuales y las salidas de VGA puede ser compatible sólo con los procesadores que tienen GPU integrada.</p> <p>**Debido a la limitación del chipset, el reproductor Blu-ray de Intel® HD Graphics solo es soportado bajo Windows® 8 / 8 64-bit / 7 / 7 64-bit / Vista™ / Vista™ 64-bit.</p> <p>***Intel® InTru™ 3D solo es soportado bajo Windows® 8 / 8 64-bit / 7 / 7 64-bit.</p> </div>
<b>Audio</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Audio 7.1 CH HD con protección de contenido (Realtek ALC1150 Audio Codec)</li> <li>- Soporta audio Premium Blu-ray</li> <li>- Soporta Purity Sound™</li> <li>- Amplificador 115dB SNR DAC con diferencial</li> <li>- Amplificador de Auriculares Premium TI® NE5532 (soporta auriculares de hasta 600 Ohms)</li> <li>- Tecnología Direct Drive</li> <li>- Cubierta con blindaje EMI</li> <li>- PCB blindada de aislamiento</li> <li>- Compatibilidad DTS Connect</li> </ul>
<b>LAN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gigabit LAN 10/100/1000 Mb/s</li> <li>- Giga PHY Intel® I217V</li> <li>- Tecnología Encendido Intel® Remote</li> <li>- Soporta Wake-On-LAN</li> <li>- Soporta Ethernet 802.3az eficiente energéticamente</li> <li>- Soporta PXE</li> </ul>

<b>Expansión / Conectividad</b>	
<b>Ranuras de expansión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 x ranuras PCI Express 3.0 x16 (PCI-E1/PCI-E3: una a x16 (PCI-E1); dos a x8 (PCI-E1) / x8 (PCI-E3))</li> <li>- 1 x ranura PCI Express 2.0 x16 (PCI-E4: modo x4)</li> <li>- 1 x ranura PCI Express 2.0 x1</li> <li>- Soporta AMD Quad CrossFireX™, 3-Way CrossFireX™ y CrossFireX™</li> <li>- Soporta NVIDIA® Quad SLI™ y SLI™</li> </ul>
<b>Almacenaje</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 6 x conectores SATA3 de 6.0 Gb/s, Soporta RAID (RAID 0, RAID 1, RAID 5, RAID 10, Tecnología Intel® Rapid Storage 12 y Tecnología Intel® Smart Response), NCQ, AHCI y Hot Plug (el conector SATA3_1 es compartido con el puerto eSATA)</li> <li>- 1 x Conector eSATA, Soporta NCQ, AHCI, Hot Plug</li> </ul>
<b>Conectores</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x cabezal IR</li> <li>- 1 x puerto COM Header</li> <li>- 1 x cabezal LED encendido</li> <li>- 1 x Cabezal Intrusión caja</li> <li>- 1 x cabecera TPM</li> <li>- 2 x conectores ventilador Procesador (1 x 4-pin, 1 x 3-pin)</li> <li>- 2 x conectores ventilador caja (1 x 4-pin, 1 x 3-pin)</li> <li>- 1 x conector ventilador alimentación (3-pin)</li> <li>- 1 x conector alimentación 24 pin ATX</li> <li>- 1 x conector alimentación 8 pin 12V</li> <li>- 1 x Conector panel frontal audio</li> <li>- 2 x cabezales USB 2.0 (soporta 4 puertos USB 2.0)</li> <li>- 1 x cabezal USB 3.0 (soporta 2 puertos USB 3.0)</li> </ul>
<b>Panel trasero Entrada/salida</b>	<p>Panel Entrada/Salida</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x Puerto PS/2 Teclado/Ratón</li> <li>- 1 x puerto D-Sub</li> <li>- 1 x puerto DVI-D</li> <li>- 1 x puerto HDMI</li> <li>- 1 x Puerto de salida Óptico SPDIF</li> <li>- 1 x Conector eSATA</li> <li>- 4 x puertos USB 2.0</li> <li>- 4 x puertos USB 3.0</li> <li>- 1 x Puerto con LED LAN RJ-45 (LEDs de Activación/conexión y velocidad)</li> <li>- Enchufe HD Audio: Altavoz posterior / Central / Bajo / entrada de línea / Altavoz Delantero / Micrófono</li> </ul>
<b>Otras Características / Varios</b>	
<b>Características especiales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ASRock APP Shop</li> <li>- ASRock A-Tuning</li> <li>- ASRock Instant Flash</li> <li>- ASRock APP Charger</li> <li>- ASRock XFast USB</li> <li>- ASRock XFast LAN</li> <li>- ASRock XFast RAM</li> <li>- ASRock Crashless BIOS</li> <li>- ASRock OMG (Online Management Guard)</li> <li>- ASRock Internet Flash</li> <li>- ASRock Sistema Navegador UEFI</li> <li>- ASRock UEFI Tech Service</li> <li>- ASRock Deshumidificador</li> <li>- ASRock Fácil instalación de RAID</li> <li>- ASRock Easy Driver Installer</li> <li>- ASRock Interactive UEFI</li> <li>- ASRock Fast Boot</li> <li>- ASRock Restart to UEFI</li> <li>- ASRock USB Key</li> <li>- ASRock FAN-Tastic Tuning</li> <li>- Hybrid Booster: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Control de Frecuencia del Procesador</li> <li>- ASRock U-COP</li> <li>- Boot Failure Guard (B.F.G.)</li> </ul> </li> <li>- LED nocturno</li> </ul>
<b>CD de Soporte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Drivers, Utilidades, Software Antivirus (Versión de prueba), Prueba CyberLink MediaEspresso 6.5, Google Chrome Browser y Toolbar, Start8 (30 días de prueba), MeshCentral, Splashtop Streamer</li> </ul>
<b>Accesorios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 x Tarjeta SLI_Bridge</li> <li>- Guía de instalación rápida, CD de Soporte, Placa entrada/salida</li> <li>- 4 x cables de datos SATA</li> </ul>
<b>Monitorización del hardware</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensor temperatura CPU / Chasis</li> <li>- Sensor de velocidad del ventilador del Procesador / Chasis / Alimentación</li> <li>- Ventilador silencioso Procesador/ Chasis (Permite que el ventilador del chasis auto-ajuste la velocidad por temperatura de la CPU)</li> <li>- Control de ventilador multi-velocidad Procesador/ Chasis</li> <li>- Detección Caja abierta</li> </ul>

	- Monitorización del Voltaje: +12V, +5V, +3.3V, CPU Vcore
<b>Formato</b>	- Formato Micro ATX - Diseño Capacitador Premium Gold (Capacitores 100% fabricados en Japón con polímeros conductivos de alta calidad)
<b>Sistema Operativo</b>	- Compatible con Microsoft Windows® 8.1 32-bit / 8.1 64-bit / 8 32-bit / 8 64-bit / 7 32-bit / 7 64-bit
<b>Certificaciones</b>	- FCC, CE, WHQL - Calificada para ErP/EuP (ErP/EuP se necesita fuente de alimentación preparada)

**Precaución:**

Por favor, tenga en cuenta que hay cierto riesgo implicado con el overclocking, incluyendo el ajuste de la configuración de la BIOS o usando las herramientas de overclocking de terceras partes. El overclocking puede afectar a la estabilidad del sistema, o incluso provocar daños en los componentes y dispositivos de su sistema. Debe hacerse bajo su propio riesgo y coste. No somos responsables por los posibles daños causados por realizar overclocking.

La especificación está sujeta a cambios sin previo aviso. Los nombres de marcas y productos son marcas registradas por sus respectivas compañías. Cualquier otra configuración diferente a la especificación original no está garantizada.

### **B.1.9. Microprocesador Intel Core**

**Modelo:** i7-4771

**URL:** [http://ark.intel.com/es-es/products/77656/  
Intel-Core-i7-4771-Processor-8M-Cache-up-to-3\\_90-GHz](http://ark.intel.com/es-es/products/77656/Intel-Core-i7-4771-Processor-8M-Cache-up-to-3_90-GHz)



## Intel® Core™ i7-4771 Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz)

### Especificaciones

- Puntos fundamentales	
Estado	Launched
Fecha de lanzamiento	Q3'13
Número de procesador	i7-4771
Intel® Smart Cache	8 MB
DMI2	5 GT/s
Nº de enlaces QPI	0
Conjunto de instrucciones	64-bit
Extensiones del conjunto de instrucciones	SSE4.1/4.2, AVX 2.0
Opciones de integrados disponibles	 No
Litografía	22 nm
Escalabilidad	1S Only
Especificación de solución térmica	PCG 2013D
Precio de cliente recomendado	BOX : \$320.00 TRAY: \$314.00
Libre de conflictos	Yes
Hoja de datos técnicos	<a href="#">Link</a>
- Desempeño	
Núcleos	4
Nº de subprocesos	8
Frecuencia base del procesador	3.5 GHz
Frecuencia turbo máxima	3.9 GHz
TDP	84 W
- Especificaciones de memoria	
Tamaño de memoria máx. (depende del tipo de memoria)	32 GB
Tipos de memoria	DDR3 1333/1600
Nº máximo de canales de memoria	2
Ancho de banda máximo de memoria	25,6 GB/s
Memoria ECC compatible †	 No
- Especificaciones de gráficos	
Gráficos de procesador †	Intel® HD Graphics 4600
Frecuencia base de los gráficos	350 MHz
Frecuencia dinámica máxima de los gráficos	1.2 GHz
Memoria máxima de vídeo de los gráficos	1.7 GB
Salida para gráficos	eDP/DP/HDMI/VGA
Unidades de ejecución	20

Resolución máxima (HDMI)	3840x2160@60Hz
Resolución máxima (DP)	3840x2160@60Hz
Compatibilidad con DirectX*	11.2
Compatibilidad con OpenGL*	4.3
Intel® Quick Sync Video	 Yes
Tecnología Intel® InTru™ 3D	Yes
Intel® Insider™	Yes
Intel® Wireless Display	 Yes
Interfaz de pantalla flexible Intel® (Intel® FDI)	Yes
Tecnología Intel® CVT HD	Yes
Nº de pantallas admitidas ‡	3
ID del dispositivo	412
- Opciones de expansión	
Revisión de PCI Express	3.0
Configuraciones de PCI Express ‡	Up to 1x16, 2x8, 1x8/2x4
Nº máximo de buses PCI Express	16
- Especificaciones de paquete	
Configuración máxima de CPU	1
T <sub>CASE</sub>	72°C
Tamaño del paquete	37.5mm x 37.5mm
Litografía de la IMC y de los gráficos	22nm
Zócalos compatibles	FCLGA1150
Opciones de concentración baja de halógenos disponible	Ver MDDS
- Tecnologías avanzadas	
Tecnología Intel® Turbo Boost ‡	2.0
Tecnología Intel® vPro ‡	 Yes
Tecnología Intel® Hyper-Threading ‡	 Yes
Tecnología Intel® de virtualización ‡	Yes
Tecnología Intel® de virtualización para E/S dirigida ‡	 Yes
Intel® VT-x con tablas de páginas extendidas (EPT) ‡	 Yes
Intel® TSX-NI	No
Intel® 64 ‡	 Yes
Tecnología Intel® My WiFi	Yes
Estados inactivos	Yes
Tecnología Intel SpeedStep® mejorada	 Yes
Tecnologías de monitorización térmica	Yes
Tecnología Intel® de protección de la identidad ‡	Yes
Programa Intel® Stable Image para la estabilidad de plataformas	Yes
- Tecnología de protección de datos Intel®	
Nuevas instrucciones AES	 Yes

Secure Key	Yes
- Tecnología de protección de plataforma Intel®	
OS Guard	Yes
Tecnología de ejecución de confianza ‡	 Yes
Bit de desactivación de ejecución ‡	Yes
Tecnología antirrobo	Yes

## Productos compatibles

### Busque boards para PC compatibles >

- Chipsets						
Comparar	Nombre del producto	Estado	Opciones de integrados disponibles	TDP	Precio de cliente recomendado	
Comparar todos+						
	<a href="#">Intel® Z97 Chipset (Intel® DH82Z97 PCH)</a>	Launched	No	4,1 W	N/A	
	<a href="#">Intel® H97 Chipset (Intel® DH82H97 PCH)</a>	Launched	No	4,1 W	N/A	
	<a href="#">Intel® Z87 Chipset (Intel® DH82Z87 PCH)</a>	Launched	No	4,1 W	N/A	
	<a href="#">Intel® Q87 Chipset (Intel® DH82Q87 PCH)</a>	Launched	Yes	4,1 W	T&R: \$47.00	
	<a href="#">Intel® H87 Chipset (Intel® DH82H87 PCH)</a>	Launched	No	4,1 W	T&R: \$32.00	
	<a href="#">Intel® B85 Chipset (Intel® DH82B85 PCH)</a>	Launched	No	4,1 W	T&R: \$28.00	
	<a href="#">Intel® Q85 Chipset (Intel® DH82Q85 PCH)</a>	Launched	No	4,1 W	N/A	
	<a href="#">Intel® H81 Chipset (Intel® DH82H81 PCH)</a>	Launched	Yes	4,1 W	T&R: \$26.00	

## Información sobre especificaciones y pedidos

### Información de cumplimiento comercial

ECCN	CCATS	US HTS
5A992C	G077159	8542310000-HYBRD

### Información sobre especificaciones y pedidos

Spec Code	Ordering Code	Step	RCP	VT-x
Boxed Intel® Core™ i7-4771 Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz) FC-LGA12C				
SR1BW	BX80646I74771	CO	\$320,00	
Boxed Intel® Core™ i7-4771 Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz) FC-LGA12C, for China				
SR1BW	BXC80646I74771	CO	N/A	
Intel® Core™ i7-4771 Processor (8M Cache, up to 3.90 GHz) FC-LGA12C, Tray				
SR1BW	CM8064601464302	CO	\$314,00	Yes

Toda la información proporcionada está sujeta a cambios en cualquier momento, sin previo aviso. Intel puede realizar cambios en el ciclo de vida de fabricación, especificaciones y descripciones de productos en cualquier momento, sin previo aviso. La información incluida aquí se proporciona "como está" e Intel no representa ni ofrece garantías de ningún tipo relativas a la exactitud de la

información, ni sobre las características de los productos, disponibilidad, funcionalidad o compatibilidad de los productos incluidos en la lista. Póngase en contacto con el proveedor del sistema para obtener más información sobre productos o sistemas específicos.

Las "clasificaciones de Intel" consisten en números ECCN (números de clasificación para control de exportación) y números HTS (nomenclatura arancelaria armonizada). Intel no se responsabiliza del uso que se haga de sus clasificaciones. No se ofrece ninguna garantía con respecto a la corrección de los números ECCN o HTS. Es posible que su empresa actúe como exportadora de registro y, como tal, será responsable de determinar la correcta clasificación de cualquier elemento en el momento de la exportación.

Consulte la hoja de datos para obtener definiciones formales de las características y propiedades del producto.

Las SKU "anunciadas" no están aún disponibles. Consulte la fecha de lanzamiento para saber cuándo estará disponible en el mercado.

Algunos productos pueden admitir instrucciones nuevas de AES con una actualización de la configuración del procesador, en particular, i7-2630QM/i7-2635QM, i7-2670QM/i7-2675QM, i5-2430M/i5-2435M, i5-2410M/i5-2415M. Póngase en contacto con el fabricante del BIOS que incluye la actualización del procesador más reciente de configuración.

‡ Puede que esta función no esté disponible en todos los sistemas informáticos. Póngase en contacto con su proveedor de sistemas para saber si su sistema ofrece esta función o consulte las especificaciones del sistema (placa base, procesador, chipset, fuente de alimentación, disco duro, controladora de gráficos, memoria, BIOS, controladores, monitor de máquina virtual (VMM), software de plataforma y/o sistema operativo) para comprobar la compatibilidad con la función. La funcionalidad, el rendimiento y otras ventajas de esta función pueden variar según la configuración del sistema.

"Libre de conflictos" significa "libre de conflictos de RDC", definición utilizada por la normativa de la Comisión de Valores y Bolsa de EE. UU. para referirse a los productos que no contienen minerales conflictivos (estaño, tántalo, tungsteno y/u oro) que directa o indirectamente financian o lucran a grupos armados en la República Democrática del Congo (RDC) o países vecinos. Intel utiliza también el término "libre de conflictos" en un sentido más amplio para hacer referencia a proveedores, cadenas de suministro, fundiciones y refinadoras cuyas fuentes de minerales conflictivos no financian conflictos en la RDC o en países limítrofes. Los procesadores Intel fabricados antes del 1 de enero de 2013 no tienen la designación de producto libre de conflictos. La designación "libre de conflictos" únicamente se refiere a los productos fabricados a partir de esa fecha. Para los procesadores Intel en caja, la designación "libre de conflictos" se refiere solo al procesador, no a los accesorios adicionales incluidos, como disipadores de calor o refrigeradores.

Consulte <http://www.intel.com/content/www/es/es/architecture-and-technology/hyper-threading/hyper-threading-technology.html?wapkw=hyper+threading> para obtener más información incluyendo detalles sobre los procesadores compatibles con la tecnología Intel® HT.

La frecuencia máxima de turbo hace referencia a la frecuencia máxima de un procesador de un solo núcleo que se puede conseguir con la tecnología Intel® Turbo Boost. Consulte [www.intel.com/technology/turboboost/](http://www.intel.com/technology/turboboost/) para obtener más información.

Para los productos Intel, se recomienda consultar la guía sobre precios de venta al público recomendados. Los precios son orientativos y están pensados para clientes directos de Intel, además de estar sujetos a cambio sin previo aviso. Los impuestos, gastos de envío, etc. no están incluidos. Los precios pueden variar para otros tipos de embalaje y cantidades de envío y pueden aplicarse promociones especiales. Este material es meramente orientativo y no constituye ningún tipo de oferta formal por parte de Intel. Póngase en contacto con el representante de Intel concreto para obtener toda la información precisa sobre presupuestos y precios.

TDP máximo y de sistema se basa en el peor de los escenarios. El TDP real puede ser menor si no se utilizan todas las E/S para los chipsets.

Baja concentración de halógenos: Sólo se aplica a los retardantes de llama bromados y clorados (BFR/CFR) y PVC en el producto final. Los componentes de Intel así como los que se puedan adquirir para el ensamblaje final cumplen con la normativa JS-709 y la placa de circuito impreso/sustrato, con la IEC 61249-2-21. El uso de retardantes de llama halógenos o de PVC no es beneficioso para el medio ambiente.

Para ver los datos del análisis de rendimiento, consulte <http://www.intel.es/content/www/es/es/benchmarks/intel-product-performance.html>

Los números de procesador Intel no son una medida del rendimiento. Los números de procesador diferencian características dentro de cada familia de procesadores, pero no a través de las diferentes familias de procesadores. Consulte [www.intel.com/content/www/es/es/processors/processor-numbers.html](http://www.intel.com/content/www/es/es/processors/processor-numbers.html) para obtener más detalles.

Los procesadores que admiten computación de 64 bits en la arquitectura Intel® necesitan una BIOS preparada para la arquitectura Intel 64.

[¡Envíenos sus comentarios!](#)

**B.1.10. Memoria RAM Kingston HyperX**

**Modelo:** HX316C10FBK2/16

**URL:** [http://www.kingston.com/datasheets/HX316C10FBK2\\_16.pdf](http://www.kingston.com/datasheets/HX316C10FBK2_16.pdf)



## HX316C10FBK2/16

16GB (8GB 1G x 64-Bit x 2 pcs.)  
 DDR3-1600 CL10 240-Pin DIMM Kit



### SPECIFICATIONS

CL(IDD)	10 cycles
Row Cycle Time (tRCmin)	48.125ns (min.)
Refresh to Active/Refresh Command Time (tRFCmin)	260ns (min.)
Row Active Time (tRASmin)	37.5ns (min.)
Maximum Operating Power	TBD W* (per module)
UL Rating	94 V - 0
Operating Temperature	0° C to 85° C
Storage Temperature	-55° C to +100° C

\*Power will vary depending on the SDRAM used.

### DESCRIPTION

HyperX HX316C10FBK2/16 is a kit of two 1G x 64-bit (8GB) DDR3-1600 CL10 SDRAM (Synchronous DRAM) 2Rx8 memory modules, based on sixteen 512M x 8-bit DDR3 FBGA components per module. Total kit capacity is 16GB. Each module kit has been tested to run at DDR3-1600 at a low latency timing of 10-10-10 at 1.5V. Additional timing parameters are shown in the PnP Timing Parameters section below. The JEDEC standard electrical and mechanical specifications are as follows:

**Note:** The PnP feature offers a range of speed and timing options to support the widest variety of processors and chipsets. Your maximum speed will be determined by your BIOS.

### PnP JEDEC TIMING PARAMETERS:

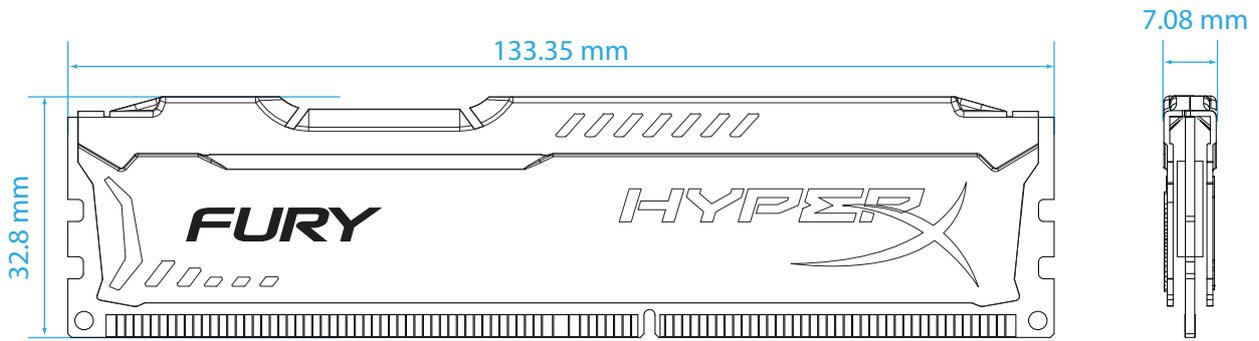
- DDR3-1600 CL10-10-10 @1.5V
- DDR3-1333 CL9-9-9 @1.5V
- DDR3-1066 CL7-7-7 @1.5V

### FEATURES

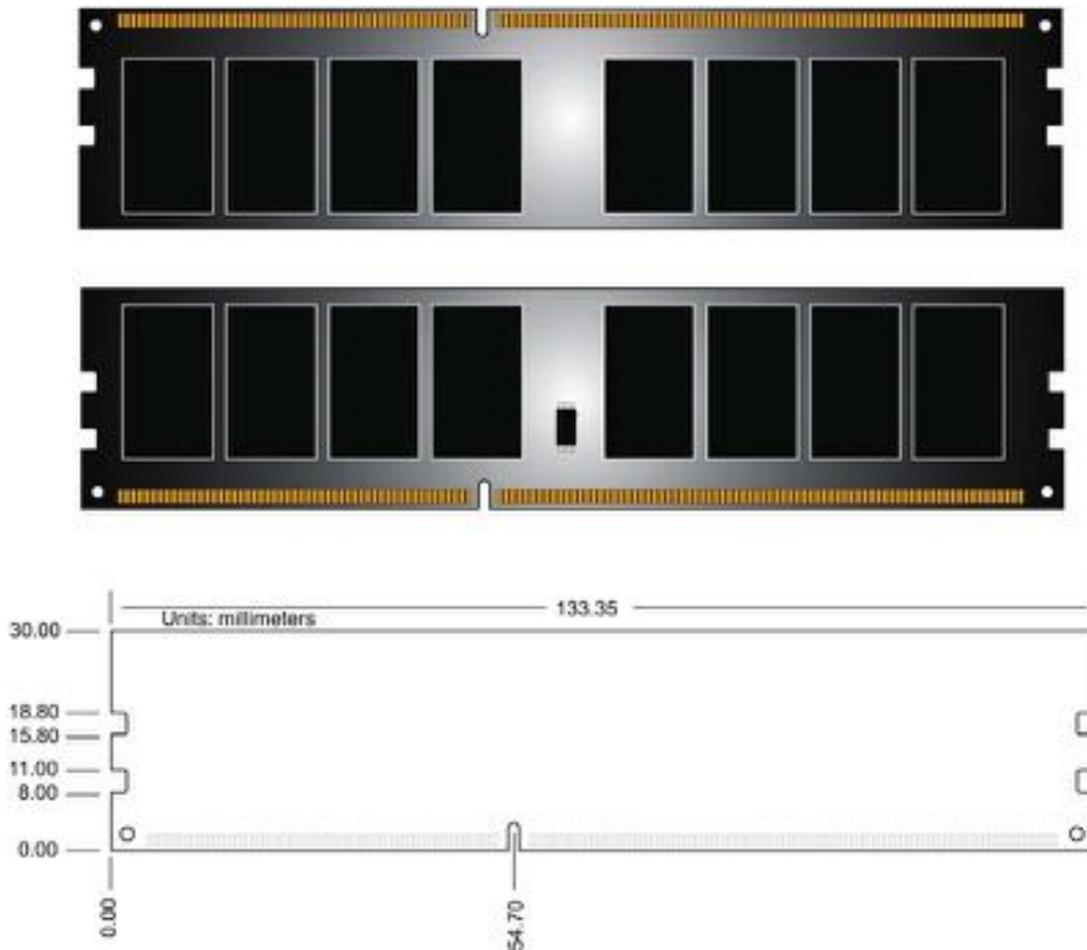
- JEDEC standard 1.5V (1.425V ~1.575V) Power Supply
- VDDQ = 1.5V (1.425V ~ 1.575V)
- 800MHz fCK for 1600Mb/sec/pin
- 8 independent internal bank
- Programmable CAS Latency: 11, 10, 9, 8, 7, 6
- Programmable Additive Latency: 0, CL - 2, or CL - 1 clock
- 8-bit pre-fetch
- Burst Length: 8 (Interleave without any limit, sequential with starting address "000" only), 4 with tCCD = 4 which does not allow seamless read or write [either on the fly using A12 or MRS]
- Bi-directional Differential Data Strobe
- Internal(self) calibration : Internal self calibration through ZQ pin (RZQ : 240 ohm ± 1%)
- On Die Termination using ODT pin
- Average Refresh Period 7.8us at lower than TCASE 85°C, 3.9us at 85°C < TCASE ≤ 95°C
- Asynchronous Reset
- Height 1.291" (32.80mm) w/heatsink, double sided component

Continued >>

### MODULE WITH HEAT SPREADER



### MODULE DIMENSIONS



FOR MORE INFORMATION, GO TO [WWW.KINGSTON.COM/HYPERX](http://WWW.KINGSTON.COM/HYPERX)

All Kingston products are tested to meet our published specifications. Some motherboards or system configurations may not operate at the published HyperX memory speeds and timing settings. Kingston does not recommend that any user attempt to run their computers faster than the published speed. Overclocking or modifying your system timing may result in damage to computer components.

### **B.1.11. Disco duro Samsung**

**Modelo:** SSD 840 EVO

**URL:** <http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/minisite/SSD/global/html/ssd840evo/specifications.html>

# Samsung SSD 840 EVO

Data Sheet, Rev. 1.1 (August, 2013)



## Summary

- 2.5" SATA 6Gb/s SSD for Desktop & Laptop PC
- Samsung 3-core MEX controller
- Samsung 1x nm Toggle DDR 2.0 NAND Flash memory
- Up to 1GB Samsung Low Power DDR2 SDRAM cache memory
- Samsung Magician 4.2 Software for SSD management
- Samsung Data Migration 2.0 Software
- 7mm profile

## The must-have solution for your PC upgrade

The evolution of the SSD has arrived as the Samsung SSD 840 EVO with more speed, more reliability and much easier upgrade tools. Combining the best SSD technology from Samsung, 840 EVO delivers a superior computing experience.

## Faster performance for everyday use

The market-leading 840 Series SSD was significantly improved upon in the 840 EVO. Samsung's new TurboWrite technology delivers dramatically faster sequential write performance. And, with upgrades to NAND, a new controller and firmware, the 840 EVO has superfast responsiveness under everyday workloads.

## Proven quality and trusted reliability

Samsung's unparalleled end-to-end integration allows us to deliver a reliable, high-performance 2<sup>nd</sup> generation 3-bit MLC SSD. The upgraded firmware and advanced signal processing guarantees the same level of endurance and reliability as our previous generation, while improving performance. The 840EVO's ultra-low power consumption helps extend laptop battery life longer than before.

In addition, Samsung's "Dynamic Thermal Guard" algorithm in 840 EVO maintains optimal operating temperature for the drive. Samsung 840 EVO is backed by the same 3-year limited warranty as the previous generation.

## Easier-than-ever upgrade tools

As SSDs become more main stream, it is important to make the installation process as smooth and simple as possible. Samsung's One-stop Installation Navigator is a comprehensive guide for software setup, data migration process and hardware installation. The Samsung Data Migration software is simple to use - yet provides a very powerful "Custom Cloning" feature that makes migration work even when source data is greater than the SSD's capacity. In addition, SATA to USB 3.0 connector makes data migration up to three times faster than USB 2.0 for laptop upgrades\*. Together, it is now easier than ever to get setup and running with Samsung SSDs.

(\*SATA to USB 3.0 connector is bundled only with Laptop Upgrade package)

## Samsung Magician Software

Magician eliminates the confusion and uncertainties of SSD management, making it simple for users to maximize the performance and lifetime of their Samsung SSD. In addition to its performance optimization features, Magician (from the version 4.2) also provides 840 EVO users the option to enable RAPID mode (Real-time Accelerated Processing of Input-output Data) – an innovative performance enhancement that processes data on a system level by using free DRAM memory as a cache. Once enabled in Magician, RAPID mode provides an overall PC performance boost.

## More Powerful Data Security Solutions

The Samsung SSD 840 EVO introduces two important features for data security: hardware-based AES 256bit Full Disk Encryption (FDE) and PSID. Hardware-based AES Encryption helps safeguard data against attack by encrypting all information on the disk at the hardware level, which means there is no detrimental effect on performance.

When you forget your SSD security password, PSID protects your data on the drive by executing a cryptographic erase which returns the drive to its factory status, preventing any unauthorized access to your data.

## A complete, user-friendly solution

With a wide range of capacities from 120GB to the spacious 1TB, the 840 EVO will help you find the perfect SSD for your PC upgrade. And, Samsung's 1TB drive is a real 1,000GB of user-addressable capacity.

The Samsung SSD 840 EVO is available in three packaging configurations: Basic (Drive only), Laptop Upgrade and Desktop Upgrade kit. The Laptop Upgrade kit comes with a SATA to USB 3.0 connector and a mounting spacer. The Desktop Upgrade kit includes a SATA to USB 2.0 connector, a SATA data cable, screws, a 2.5" to 3.5" adapter bracket.

## Technical Specifications

Samsung SSD 840 EVO	
<b>Usage Application</b>	Client PCs*
<b>Capacity</b>	120GB, 250GB, 500GB,750GB,1TB
<b>Dimensions (LxWxH)</b>	100 x 69.85 x 6.8 (mm)
<b>Interface</b>	SATA 6Gb/s (compatible with SATA 3Gb/s and SATA 1.5Gb/s)
<b>Form Factor</b>	2.5-inch
<b>Controller</b>	Samsung 3-core MEX Controller
<b>NAND Flash Memory</b>	1x nm Samsung Toggle DDR 2.0 NAND Flash Memory (400Mbps)
<b>DRAM Cache Memory</b>	256MB (120GB) or 512MB(250GB&500GB) or 1GB (750&1TB) LPDDR2
<b>Performance**</b>	Sequential Read: Max. 540 MB/s
	Sequential Write***: Max. 520 MB/s (250GB/500GB/750GB/1TB) Max. 410 MB/s (120GB)
	4KB Random Read (QD1): Max. 10,000 IOPS
	4KB Random Write(QD1): Max. 33,000 IOPS
	4KB Random Read(QD32): Max. 98,000 IOPS (500GB/750GB/1TB) Max. 97,000 IOPS (250GB) Max. 94,000 IOPS (120GB)
	4KB Random Write(QD32): Max. 90,000 IOPS (500GB/750GB/1TB) Max. 66,000 IOPS (250GB) Max. 35,000 IOPS (120GB)
<b>TRIM Support</b>	Yes (Requires OS Support)
<b>Garbage Collection</b>	Yes
<b>S.M.A.R.T</b>	Yes
<b>Security</b>	AES 256-bit Full Disk Encryption (FDE)
<b>Weight</b>	Max. 53g (1TB)
<b>Reliability</b>	MTBF: 1.5 million hours
<b>Power Consumption</b>	Average : 0.1W **** (Typical) Idle : 0.045W (Typical, DIPM ON)
<b>Temperature</b>	Operating: 0°C to 70°C Non-Operating: -55°C to 95°C
<b>Humidity</b>	5% to 95%, non-condensing
<b>Vibration</b>	Non-Operating: 20~2000Hz, 20G
<b>Shock</b>	Non-Operating: 1500G , duration 0.5m sec, 3 axis
<b>Etc.</b>	Worldwide Name (WWN), LED Indicator support
<b>Warranty</b>	3 years limited

System Configuration : Intel Core i7-3770 @ 3.4GHz, 4GB DDR3 SDRAM (2GBx2) 1333Mbps; Asus motherboard with Intel 7 Series Z77 Chipset; Windows 7 Ultimate x64 SP1; IRST 11.2, MS performance guide pre-condition.

\* 840 EVO is not validated for data center usage.

\*\* Sequential performance measurements based on CrystalDiskMark v.3.0.1. Random performance measurements based on Iometer 2010. Performance may vary based on SSD's firmware version, system hardware & configuration

\*\*\* Sequential Write performance measurements reflect TurboWrite operation.

\*\*\*\* Power consumption measured with MobileMark 2007 in Windows 7. Values calculated using laptop computer and represent system-level power consumption.

## Product Lineup

Density	Model Name	Box Contents	Model Code
120 GB	MZ-7TE120	Basic (SSD Only)	MZ-7TE120BW
		Desktop Upgrade Kit	MZ-7TE120KW
250 GB	MZ-7TE250	Basic (SSD Only)	MZ-7TE250BW
		Laptop Upgrade Kit	MZ-7TE250LW
		Desktop Upgrade Kit	MZ-7TE250KW
500 GB	MZ-7TE500	Basic (SSD Only)	MZ-7TE500BW
		Laptop Upgrade Kit	MZ-7TE500LW
750 GB	MZ-7TE750	Basic (SSD Only)	MZ-7TE750BW
1TB	MZ-7TE1T0	Basic (SSD Only)	MZ-7TE1T0BW

## Contents

Contents	Basic	Laptop upgrade	Desktop Upgrade
3.5" bracket with screws	X	X	Yes
SATA data cable	X	X	Yes
Mounting spacer	X	Yes	X
SATA to USB connector	X	Yes (USB 3.0)	Yes (USB 2.0)
SSD Installation Guide(Printed)	Yes	Yes	Yes
SSD Warranty Summary(Printed)	Yes	Yes	Yes
Samsung software & manual CD	Yes	Yes	Yes
Samsung Activation Sticker	Yes	Yes	Yes

For more information, please visit [www.samsung.com/ssd](http://www.samsung.com/ssd).

To download the latest software & manuals, please visit [www.samsung.com/samsungssd](http://www.samsung.com/samsungssd)

## DISCLAIMER

SAMSUNG ELECTRONICS RESERVES THE RIGHT TO CHANGE PRODUCTS, INFORMATION AND SPECIFICATIONS WITHOUT NOTICE.

Products and specifications discussed herein are for reference purposes only. All information discussed herein may change without notice and is provided on an "AS IS" basis, without warranties of any kind. This document and all information discussed herein remain the sole and exclusive property of Samsung Electronics. No license of any patent, copyright, mask work, trademark or any other intellectual property right is granted by one party to the other party under this document, by implication, estoppels or otherwise. Samsung products are not intended for use in life support, critical care, medical, safety equipment, or similar applications where product failure could result in loss of life or personal or physical harm, or any military or defense application, or any governmental procurement to which special terms or provisions may apply. For

updates or additional information about Samsung products, contact your nearest Samsung office.

## COPYRIGHT © 2013

This material is copyrighted by Samsung Electronics. Any unauthorized reproductions, use or disclosure of this material, or any part thereof, is strictly prohibited and is a violation under copyright law.

## TRADEMARKS & SERVICE MARKS

The Samsung Logo is the trademark of Samsung Electronics. Adobe is a trademark and Adobe Acrobat is a registered trademark of Adobe Systems Incorporated. All other company and product names may be trademarks of the respective companies with which they are associated.

**B.1.12. Router TP-Link**

**Modelo:** TL-WR1042ND

**URL:** <http://www.tp-link.es/products/details/?model=TL-WR1042ND#spec>

## 300Mbps Wireless N Gigabit Router TL-WR1042ND

### ⦿ Features:

- Complete Gigabit WAN/LAN ports and 300Mbps wireless speeds ideal for HD video streaming and online gaming
- Embedded USB port supports storage sharing, media server, FTP server and print server functions
- Wireless On/Off Button allows users to simply turn their wireless radio on or off
- WPS Button allows users to easily setup a WPA encrypted secure connection
- Domain Login function enables users login to the device with an easy to remember domain name tplinklogin.net instead of an IP address.
- Supports IPV6 (Internet Protocol Version 6)
- Supports various kinds of connection types: dynamic IP, static IP, and PPPoE
- Supports UPnP, DDNS, static routing, VPN Pass-through, and data forwarding
- Features Built-in firewall, IP, MAC, and URL filtering to ensure network security
- Supports 64/128-bit WEP, WPA/WPA2 and WPA-PSK/WPA2-PSK encryption
- IP based bandwidth control allows administrators to determine how much bandwidth should be allotted to each PC
- Parental Control allows parents or administrators to establish restricted access policies for children or staff



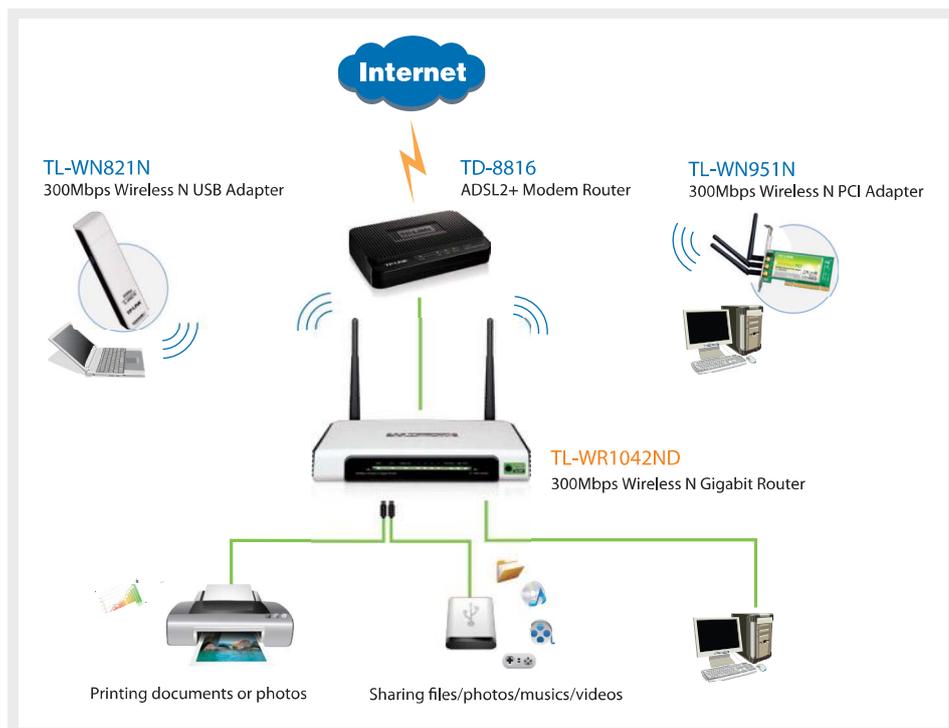
### ⦿ Description:

The TP-LINK 300Mbps Wireless N Gigabit Router TL-WR1042ND with the latest in home networking technology can bring users a fantastic home or office experience in application scenarios such as streaming HD video, making internet calls, sharing large files and playing online games. Adopting advanced MIMO (Multi Input Multi Output), possessing WMM (Wi-Fi Multi Media), and featuring Gigabit Ethernet ports for lightning fast wired connections, ensure that users are free to enjoy multiple simultaneous bandwidth consuming and interruption sensitive applications. It also possesses WDS (Wireless Distribution System) which allows users to simply enlarge their wireless coverage with an additional wireless router or AP. The TL-WR1042ND is specially equipped with a USB Storage port on the back of the router capable of deploying storage, a media server, FTP server or print server and a Wireless On/Off button that allows users to easily turn on/off the router's wireless radio whenever necessary.

## ⊙ Specifications:

Standards	IEEE 802.11n, IEEE 802.11g, IEEE 802.11b	
Interface	4 10/100/1000M LAN Ports, 1 10/100/1000M WAN Port 1 USB 2.0 Port	
Wireless signal rate	11n: Up to 300Mbps (dynamic) 11g: Up to 54Mbps(dynamic) 11b: Up to 11Mbps(dynamic)	
Frequency rate	2.4-2.4835GHz	
Antenna	2 x 3dBi detachable Omni directional antennas (RP-SMA)	
Button	WPS, Wireless On/Off, Reset	
USB port function	Support Storage Sharing, FTP server ,Media Server, Print server	
Software function	DHCP, QoS, Port Forwarding, VPN Pass-Through, Access Control, Dynamic DNS	
Wireless function	Enable/Disable Wireless Radio, WDS Bridge, WMM, Wireless Statistics	
Security	DoS, SPI Firewall, IP and MAC Address Binding IP Address Filter/MAC Address Filter/Domain Filter	
Internet Protocol	IPv4, IPv6	
Receiver sensitivity	270M: -68dBm@10% PER; 108M: -69.5@10% PER; 11M: -85dBm@8% PER; 1M: -90dBm@8% PER	130M: -69.5@10% PER 54M: -69.5@10% PER 6M: -88dBm@10% PER
External Power Supply	12VDC/1.5A	
Operation temperature	0°C~40°C (32°F~104°F)	
Storage temperature	-40°C~70°C (-40°F~158°F)	
Operation humidity	10% ~ 90%, non-condensing	
Storage humidity	5%~90% non-condensing	
Dimensions	7.9 x 5.5 x 1.2 in. (200 x 140 x 28mm)	

## ⊙ Diagram:



### Package:

- 300Mbps Wireless N Gigabit Router
- 2 detachable Omni directional antennas
- Power supply unit
- RJ-45 Ethernet cable
- Resource CD
- Quick Setup Guide

### Related Product:

- 300Mbps Wireless N Adapter  
TL-WN821N
- 300Mbps Wireless N PCI Adapter  
TL-WN951N
- ADSL2+ Modem Router  
TD-8816

### **B.1.13. Láser Hokuyo**

**Modelo:** UTM-30LX-EW

**URL:** [http://www.hokuyo-aut.jp/02sensor/07scanner/utm\\_30lx\\_ew.html#](http://www.hokuyo-aut.jp/02sensor/07scanner/utm_30lx_ew.html#)

## UTM-30LX-EW

SOKUIKI sensor for intelligent robots



## Feature

Supply voltage 12V

Measurement distance 30m

Field of view 270°

Interface Ethernet

Multi-echo

IP67

## Specifications

Model	UTM-30LX-EW
Light Source	Laser Semiconductor $\lambda = 905\text{nm}$ Laser Class 1
Power Source	12VDC $\pm 10\%$
Supply Current	MAX : 1A, Normal : 0.7A
Power Consumption	Less than 8W
Detection Range and Detection Object	Guaranteed Range:0.1 to 30m(White Kent Sheet)*2 Maximum Range:0.1 to 60m Minimum detectable width at 10m : 130mm(Vary with distance)
Accuracy	0.1 to 10m : $\pm 30\text{mm}$ , 10 to 30m : $\pm 50\text{mm}$ (White Kent Sheet)*2 Under 3000lx : White Kent Sheet : $\pm 30\text{mm}^{*1}$ (0.1 to 10m) Under 100000lx : White Kent Sheet : $\pm 50\text{mm}^{*1}$ (0.1 to 10m)
Measurement Resolution and Repeated Accuracy	1mm 0.1 to 10m : $\sigma < 10\text{mm}$ , 10 to 30m : $\sigma < 30\text{mm}$ (White Kent Sheet)*2 Under 3000lx : $\sigma = 10\text{mm}^{*1}$ (White Kent Sheet up to 10m) Under 100000lx : $\sigma = 30\text{mm}^{*1}$ (White Kent Sheet up to 10m)
Scan Angle	270°

Angular Resolution	0.25° (360° /1440)
Scan Speed	25ms(Motor speed : 2400rpm)
Interface	Ethernet 100BASE-TX(Auto-negotiation)
Output	Synchronous Output 1-Point
LED Display	Green : Power supply. Red : Normal Operation(Continuous),Malfunction(Blink)
Ambient Condition (Temperature, Humidity)	-10 to +50 degrees C Less than 85%RH(Without Dew, Frost)
Storage Temperature	-25 to +75 degrees C
Environmental Effect	Measured distance will be shorter than the actual distance under rain, snow and direct sunlight*2.
Vibration Resistance	10 to 55Hz Double amplitude 1.5mm in each X, Y, Z axis for 2hrs. 55 to 200Hz 98m/s <sup>2</sup> sweep of 2min in each X, Y, Z axis for 1hrs.
Impact Resistance	196m/s <sup>2</sup> In each X, Y, Z axis 10 times.
Protective Structure	Optics: IP67(Except Ethernet connector)
Insulation Resistance	10MΩ DC500V Megger
Weight	210g (Without cable)
Case	Polycarbonate
External Dimension (W × D × H)	62mm × 62mm × 87.5mm

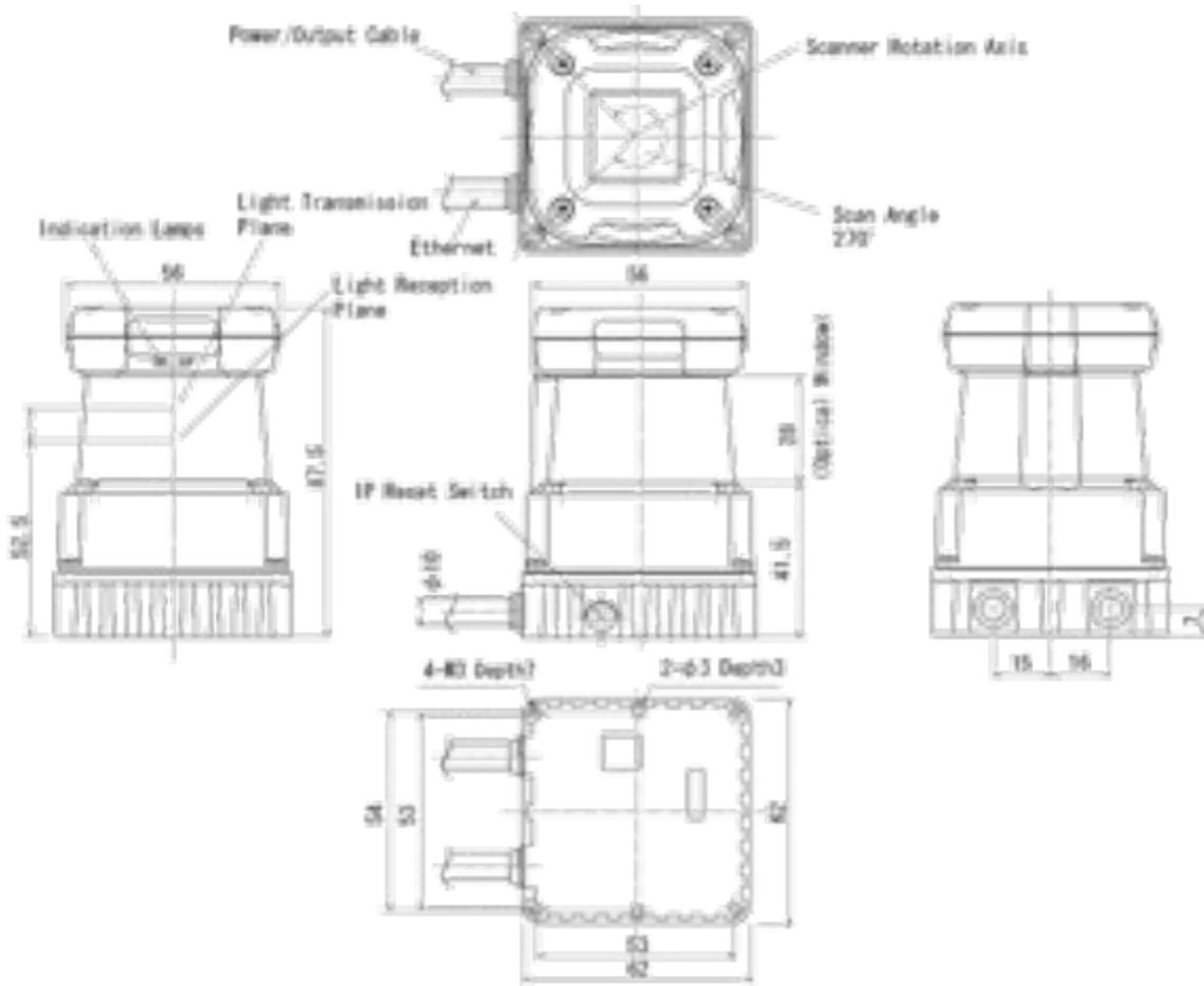
\*1 Under Standard Test Condition (Accuracy can not be guaranteed under direct sunlight.)

\*2 Indoor environment with less than 1000lx.

Please perform necessary tests with the actual device in the working environment.

Use data filtering techniques to reduce the effect of water droplets when detecting objects under the rain.

External dimension



#### **B.1.14. Teléfono inteligente LG Nexus 4**

**Modelo:** E960

**URL:** [http:](http://www.lg.com/us/support/products/documents/Nexus4_One_sheeter.pdf)

[//www.lg.com/us/support/products/documents/Nexus4\\_One\\_sheeter.pdf](http://www.lg.com/us/support/products/documents/Nexus4_One_sheeter.pdf)

30 seconds



# nexus<sup>4</sup>

## The new smartphone from Google.

With cutting edge hardware, your favorite Google Apps, and the latest version of Android – Nexus 4 puts the best of Google in the palm of your hand.

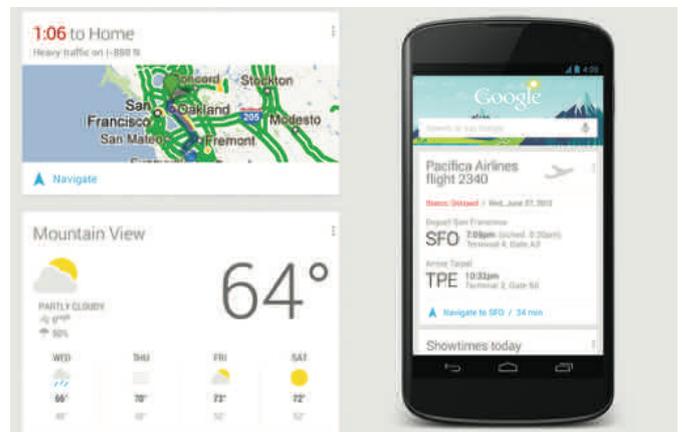
**Learn More:** [google.com/nexus/4](http://google.com/nexus/4)

## Google Now

Get just the right information at just the right time with Google Now. It shows you how much traffic to expect before you leave for work, or when the next train will arrive as you're standing on the platform.

**Demo:** Swipe up from the bottom of the screen. Google Now will display a few cards relevant to the current time and location. Touch Menu > Sample cards to see more examples.

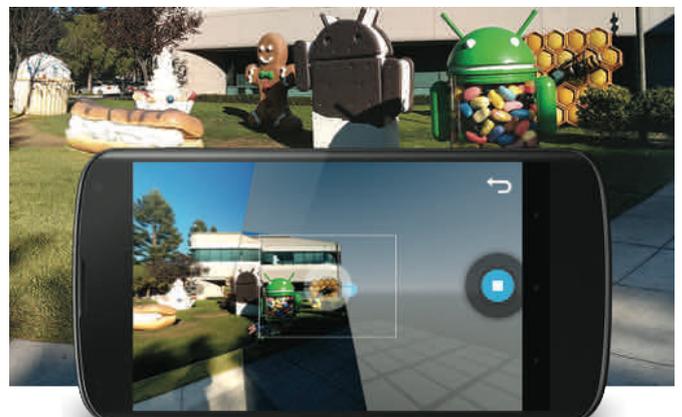
**Learn More:** [google.com/now](http://google.com/now)



## Photo Sphere Camera

Up, down and all around you, it's like no camera you've ever seen. With Nexus 4, take pictures in every direction and see them stitched together into incredible, immersive photo spheres that put you right inside the scene.

**Demo:** Open the Camera app and choose Photo Sphere mode. Adjust the camera position so that the blue dot is at the center of the target. Move the camera to the side, up and down and align the blue dot to fill in the scene. Touch the Shutter button to capture the Photo Sphere.



## Google Maps

Get to the places you care about quickly and easily.

**Demo:**

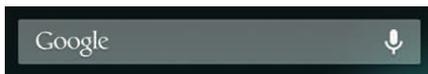
- **Turn-by-turn GPS navigation**
- **Directions** - Driving, transit, walking & biking.
- **Indoor Maps** - Find an indoor maps location like the Mall of American and zoom in.
- **Street View** - Touch & hold a location on a street and tap the info window. Touch the Street View icon and turn on Compass mode in the menu. Double-tap to move.

**Learn More:** [google.com/mobile/maps](http://google.com/mobile/maps)



60 seconds

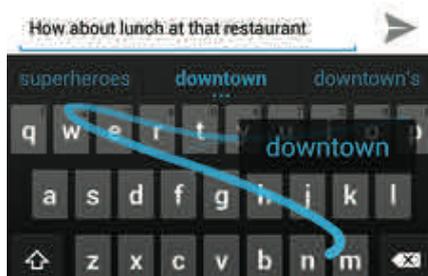
## Voice Search & Voice Actions



**Demo:** Press the microphone icon on the Home screen. Examples:

- When is the next Giants game?
- What do lion cubs look like?
- Remind me to walk the dog in 2 hours.
- Do a barrel roll.

## Gesture Typing



**Demo:** Open Messenger and type by gliding your finger over the letters.



## Android Beam

Nexus 4 comes with Android Beam so you can quickly share photos, videos, contacts, apps and more with a tap.

**Demo:** Find a YouTube video on Nexus 4 and unlock another NFC-enabled Android device. Place the devices back-to-back, then tap the screen to beam the video.



## 8MP

High-performance 8MP camera that takes stunning Photo Sphere images.

## Record HD video

Shoot video in full 1080p with continuous focus, real-time zoom, and time lapse mode.

**Demo:** Open the Camera app and choose video mode. While recording, tap the screen to take still photos.

## Crisp 4.7" display



Vibrant 320ppi screen with curved glass edges. Protected by scratch resistant Corning® Gorilla® Glass 2.



## Instant Upload

If you've signed up for Google+, you can enable Instant Upload and photos taken with your phone are automatically uploaded to a private album on the web so you'll never lose a shot.



## 675,000 Apps & Games on Google Play

Get all the apps and games you love on Google Play.



## Your music on Google Play

Browse through the millions of songs available for purchase, or upload your existing music library (including iTunes) to Google Play. Once your music is imported it automatically becomes available on Nexus 4, on the web at play.google.com and any other Android phone or tablet. \* up to 20,000 songs. Cannot include DRM protected songs.

## Explore Google Play



Books



Magazines



Movies & TV

**Demo:** Touch the Play Store icon and browse available entertainment. Explore preloaded content by finding the Play Books, Play Magazines, and Play Movies & TV icons.



## LG Built for Speed

Made in partnership with LG, Nexus 4 comes with a cutting-edge Qualcomm Snapdragon™ S4 Pro processor. With 2GB of RAM and the fastest version of Android ever, Nexus 4 is our snappiest smartphone yet.

### Screen

- 4.7" 1280x768 (320ppi)
- WXGA True HD IPS+
- Gapless unibody construction
- Corning® Gorilla® Glass 2

### Size

- 133.9 x 68.7 x 9.1

### Weight

- 139g

### Cameras

- 8 MP (main)
- 1.3 MP (front)

### CPU

- Qualcomm Snapdragon™ S4 Pro 1.5GHz

### RAM

- 2GB

### Sensors

- Accelerometer
- Compass
- Ambient light
- Proximity
- Gyroscope
- Pressure
- GPS

### Network

- Unlocked GSM/UMTS/HSPA+
- GSM/EDGE/GPRS (850, 900, 1800, 1900 MHz)
- 3G (850, 900, 1700, 1900, 2100 MHz)
- HSPA+

### Wireless

- Wireless charging compatible
- Wi-Fi (802.11 b/g/n)
- SlimPort
- NFC (Android Beam)
- Bluetooth

### Memory

- 8GB or 16GB (actual formatted capacity will be less)

### Battery

- 2,100 mAh
- Up to 10 hours of talk time
- Up to 250 hours of standby

### OS

- Android 4.2 (Jelly Bean)



**B.1.15. Tableta Samsung**

**Modelo:** GT-P5200

**URL:** <http://www.samsung.com/us/support/owners/product/GT-P5210ZWYXAR>

## Full Specifications

### Category

Type	Tablet
------	--------

### Carrier

Type	Wi-Fi
------	-------

### Form Factor

Form Factor	Touchscreen
-------------	-------------

### Color

Color	White
-------	-------

### OS

OS	Android™ 4.2, Jelly Bean
----	--------------------------

### Size

Weight	508 g
Product Dimensions (Milimeters)	243.1 x 176.1 x 8

### Camera

Camera Resolution (Front)	1.3 MP
Camera Resolution (Rear)	3.0 MP

Features	GPS tagging HD Playback HD Recording Online Image Uploading (Share Via) Photo Editing TV/Video-Out Video Video Editing Sharing Capabilities: Buddy Photo Share, ChatOn Photo Share Shot Modes: Auto, Beauty Face, Night, Panorama, Sound & Shot, Sport
----------	---

**Battery**


---

Battery, Usage	Up to 8 Hours
----------------	---------------

**Memory**


---

Internal Memory (User Memory Is Less Than The Total Memory Due To Storage Of The Operating System And Software Used To Operate The Phones Features. Actual User Memory Will Vary Depending On The Mobile Phone Operator And May Change After Software Upgrades Are Performed.)	1GB RAM; 16GB ROM
--	-------------------

External Memory/MicroSD™ Capacity	microSD™ (Up to 64GB)
-----------------------------------	-----------------------

**CPU**


---

Processor Speed, Type	1.6GHz Dual Core; Intel® Atom™ Processor Z2560
-----------------------	--

**Display**


---

Main Display Resolution	1280 x 800 Pixel
Main Display Size	10.1"
Main Display Technology	WXGA TFT

## B.2. Guías y manuales

A continuación se muestra una lista de archivos con documentación técnica adicional ofrecida por algunos fabricantes de los dispositivos incorporados al robot móvil Andábata.

### B.2.1. ASRock

#### Manual de usuario. Z87M Extreme 4

- URL: <ftp://europe.asrock.com/manual/Z87M%20Extreme4.pdf>
- Documento: [User Manual](#) (Inglés)

#### Guía de instalación rápida. Z87 Extreme 4

- URL: [ftp://europe.asrock.com/manual/qig/Z87M%20Extreme4\\_multiQIG.pdf](ftp://europe.asrock.com/manual/qig/Z87M%20Extreme4_multiQIG.pdf)
- Documento: [Quick Installation Guide](#) (Varios idiomas)

### B.2.2. Dimension Engineering

#### Manual de usuario. Sabertooth 2x32

- URL: <https://www.dimensionengineering.com/datasheets/Sabertooth2x32.pdf>
- Documento: [Sabertooth 2x32](#) (Inglés)

#### Guía de inicio rápido. Sabertooth 2x32

- URL: <https://www.dimensionengineering.com/datasheets/Sabertooth2x32QuickStart.pdf>
- Documento: [Sabertooth 2x32 Quick Start Guide](#) (Inglés)

### Manual de usuario. Kangaroo x2

- URL: <https://www.dimensionengineering.com/datasheets/KangarooManual.pdf>
- Documento: [Sabertooth 2x32 Quick Start Guide](#) (Inglés)

### Guía de instalación. Kangaroo x2

- URL: <https://www.dimensionengineering.com/datasheets/KangarooPackInInstructions.pdf>
- Documento: [Kangaroo x2 Install Guide](#) (Inglés)

### Manual de la aplicación DEScribe

- URL: <https://www.dimensionengineering.com/software/DEscribe/html/> (Inglés)

## B.2.3. FTDI Chip

### Información técnica

- URL: [http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS\\_TTL-232R\\_CABLES.pdf](http://www.ftdichip.com/Support/Documents/DataSheets/Cables/DS_TTL-232R_CABLES.pdf)
- Documento: [TTL to USB Serial Converter Range of Cables Datasheet](#) (Inglés)

## B.2.4. Hiwin

### Información técnica de las guías lineales

- URL: [http://www.hiwin.com/pdf/lg/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog\\_G99TE13-0809.pdf](http://www.hiwin.com/pdf/lg/0809/Hiwin%20Linear%20Guideway%20Catalog_G99TE13-0809.pdf)
- Documento: [Linear Guideway. Technical information](#) (Inglés)

### B.2.5. LG

#### Manual de usuario de Nexus 4

- URL: <http://www.lg.com/us/support-mobile/lg-LGE960#manuals>
- Documento: [Nexus 4 Guidebook](#) (Inglés)

### B.2.6. Maxon Motor

#### Explicación de los datos de los motores

- URL: [http://www.maxonmotor.es/medias/sys\\_master/root/8804419469342/DC-Das-wichtigste-ueber-maxonmotoren-11-DE-EN-ES-036-1.pdf?attachment=true](http://www.maxonmotor.es/medias/sys_master/root/8804419469342/DC-Das-wichtigste-ueber-maxonmotoren-11-DE-EN-ES-036-1.pdf?attachment=true)
- Documento: [Información clave sobre Maxon DC motor y EC motor](#) (Alemán, inglés y español)

#### Explicación de los datos de los sensores

- URL: [http://www.maxonmotor.es/medias/sys\\_master/root/8804422615070/SENSOREN-Das-wichtigste-ueber-SENSOREN-11-DE-EN-ES-030-031.pdf?attachment=true](http://www.maxonmotor.es/medias/sys_master/root/8804422615070/SENSOREN-Das-wichtigste-ueber-SENSOREN-11-DE-EN-ES-030-031.pdf?attachment=true)
- Documento: [Tecnología Maxon sensor](#) (Alemán, inglés y español)

### B.2.7. Samsung

#### Guía de instalación de Samsung SSD 840 EVO

- URL: [http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/minisite/SSD/downloads/document/Samsung\\_SSD\\_Self-Install\\_Photo\\_Guide\\_for\\_Desktop\\_EN.pdf](http://www.samsung.com/global/business/semiconductor/minisite/SSD/downloads/document/Samsung_SSD_Self-Install_Photo_Guide_for_Desktop_EN.pdf)

- Documento: [Samsung SSD Self-Install Photo Guide for desktop computers](#) (Inglés)

### Manual de usuario de Samsung Galaxy Tab3

- URL: [http://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201401/20140116044958454/GEN\\_GT-P5210\\_Galaxy\\_Tab\\_3\\_English\\_JB\\_User\\_Manual\\_MFA\\_F4.pdf](http://downloadcenter.samsung.com/content/UM/201401/20140116044958454/GEN_GT-P5210_Galaxy_Tab_3_English_JB_User_Manual_MFA_F4.pdf)
- Documento: [Samsung Galaxy Tab3 Android Tablet User Manual](#) (Inglés)

### B.2.8. TP-Link

#### Guía de usuario de TL-WR1042ND

- URL: [http://www.tp-link.es/resources/document/TL-WR1042ND\\_V1\\_User\\_Guide\\_1910010928.pdf](http://www.tp-link.es/resources/document/TL-WR1042ND_V1_User_Guide_1910010928.pdf)
- Documento: [User guide TL-WR1042ND](#) (Inglés)

# Anexo C

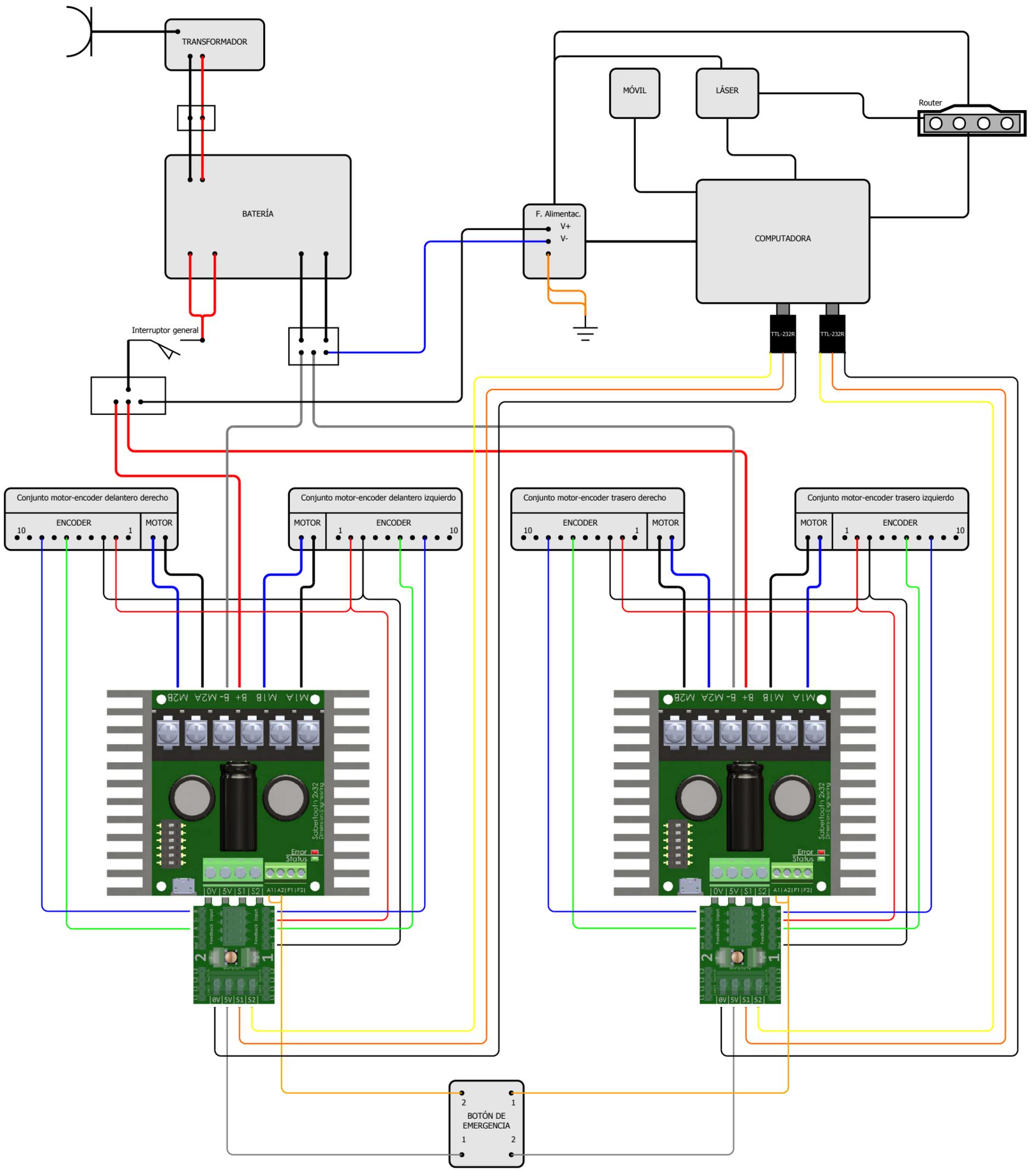
## Esquemas de conexiones

Este anexo contiene un esquema detallado de conexiones del robot Andábata donde se han dispuesto los elementos de forma que se pueda presentar la información lo más clara posible. Se han registrado de forma detallada todas las conexiones y el color de cada cable representado en el esquema coincide con el real en el circuito.

En las tablas que aparecen a continuación de los esquemas, se relacionan las conexiones realizadas entre los motores, los codificadores y las controladoras y su descripción. Los nombres de los dispositivos aparecen codificados en las tablas de la siguiente forma:

BAT	Batería
BE	Botón de emergencia
EDD	<i>Encoder</i> delantero derecho
EDI	<i>Encoder</i> delantero izquierdo
ETD	<i>Encoder</i> trasero derecho
ETI	<i>Encoder</i> trasero izquierdo
FA	Fuente de alimentación
IG	Interruptor general de corte
KD	Kangaroo x2 delantera
KT	Kangaroo x2 trasera
MDD	Motor delantero derecho
MDI	Motor delantero izquierdo
MTD	Motor trasero derecho
MTI	Motor trasero izquierdo

CSD	Cable serie delantero TTL-232R
CST	Cable serie trasero TTL-232R
SD	Sabertooth 2x32 delantera
ST	Sabertooth 2x32 trasera





# Sabertooth 2x32 Quick Start Guide

Congratulations on your purchase of a Sabertooth 2x32 regenerative dual motor driver. Sabertooth 2x32 is a highly flexible and configurable motor driver that supports a number of operating modes. Basic configuration is done with the DIP switches. Advanced setup is done using the Sabertooth 2x32's USB port and a no cost PC program called DEScribe.

**DIP Switches** used to setup the Sabertooth 2x32

**USB port** this is used for setup or control

**0V** is internally connected to B-. It provides a ground (GND) for control circuitry

**5V** is a regulated 5 volt supply generated by the 2x32. 1 amp current max

**S1** is a signal input

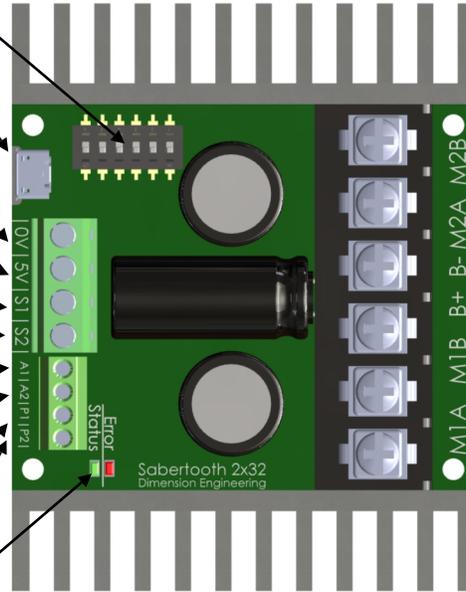
**S2** is a signal input

**A1** is an auxiliary signal input

**A2** is an auxiliary signal input

**P1** and **P2** are power outputs. They are used to clamp regenerative voltage, operate motor brakes, or as extra power outputs. 8A max.

**Status** and **Error LEDs** indicate conditions



**M2A** and **M2B** connect to Motor 2

**B-** connects to the negative terminal of your battery or power supply. It is internally connected to the 0V terminal.

**B+** connects to the positive terminal of Your battery or power supply. Max voltage 30V nominal/33.6V absolute

**M1A** and **M1B** connect to Motor 1

For the full product manual and DEScribe PC software [www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x32](http://www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x32)



## Sabertooth 2x32 Operating Mode Reference

Dimension Engineering

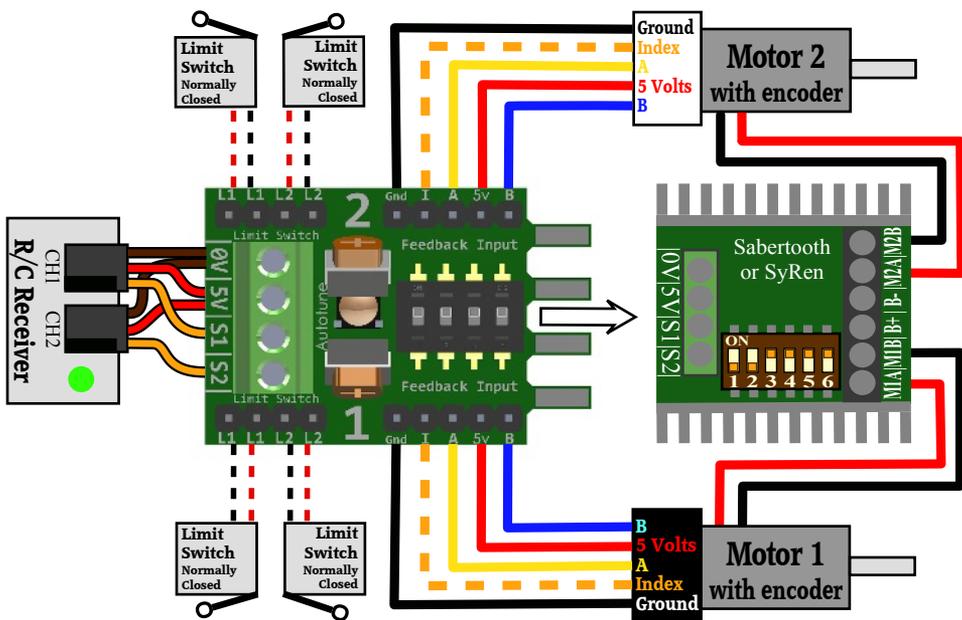
Operating modes are selected with the DIP switches. More options are available using the DEScribe software

Analog Control	Radio Control	Serial Control	USB Control
<p>ON ON Power Supply Mixed Linear Bi-direction</p> <p>Battery Independent Exponential One Direction</p>	<p>ON Power Supply Mixed Linear Transmitter</p> <p>OFF Battery Independent Exponential Microcontroller</p>	<p>Power Supply Packet/Plain Text Serial Address 128 No Emergency Stop</p> <p>OFF OFF Battery Legacy Simplified Serial Alternate Address (129) Emergency Stop</p>	<p>ON Power Supply ON USB commands No Emergency Stop</p> <p>OFF Battery Serial Converter Mode Emergency Stop</p>

A complete description of each mode can be found in the manual

[www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x32](http://www.dimensionengineering.com/products/sabertooth2x32)

# Kangaroo x2 Sample Wiring Diagram



## Operating mode DIP switch settings

### 1 OFF: Analog Input.

Connect 0-5V analog signals to the S1 and S2 inputs.

### 2 OFF: Analog Feedback

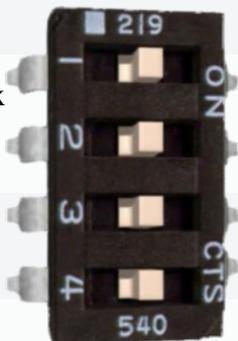
Connect a 0-5V signal to Feedback Input A

### 3 OFF: Velocity Control

Motor speed and direction are controlled by the input signal

### 4 OFF: Mixed Mode

The outputs are mixed together for differential drive



### 1 ON: Digital Input

R/C to S1 and S2 or connect serial TX to S1 and RX to S2

### 2 ON: Quadrature Feedback

Connect an encoder to Feedback Inputs A and B

### 3 ON: Position Control

Motor position is controlled by the input signal

### 4 on: Independent mode

The outputs are independent. S1 controls motor 1 and S2 motor 2

For the full manual, example videos, libraries, serial protocols and other documentation, please visit

[www.dimensionengineering.com/kangaroo](http://www.dimensionengineering.com/kangaroo)

## Motores y codificadores

De		A		Descripción
Disp.	Terminal /Cable	Disp.	Terminal /Cable	
MDD	Negro	SD	M2A	Alimentación motor.
MDD	Azul	SD	M2B	Tierra.
EDD	1	-	-	No conectar.
EDD	2/Rojo	EDI	2	VCC. Alimentación <i>encoder</i> .
EDD	3/Negro	EDI	3	GND. Tierra.
EDD	4	-	-	No conectar.
EDD	5	-	-	Canal $\bar{A}$ .
EDD	6/Verde	KD	2-FI-A	Canal A.
EDD	7	-	-	Canal $\bar{B}$ .
EDD	8/Azul	KD	2-FI-B	Canal B.
EDD	9	-	-	Canal $\bar{I}$ (index).
EDD	10	-	-	Canal I (index).
MDI	Negro	SD	M1A	Alimentación motor.
MDI	Azul	SD	M1B	Tierra.
EDI	1	-	-	No conectar.
EDI	2/Rojo	KD	1-FI-5V	VCC. Alimentación <i>encoder</i> .
EDI	3/Negro	KD	1-FI-Gnd	GND. Tierra.
EDD	4	-	-	No conectar.
EDD	5	-	-	Canal $\bar{A}$ .
EDD	6/Verde	KD	1-FI-A	Canal A.
EDD	7	-	-	Canal $\bar{B}$ .
EDD	8/Azul	KD	1-FI-B	Canal B.
EDD	9	-	-	Canal $\bar{I}$ (index).
EDD	10	-	-	Canal I.
MTD	Negro	ST	M2B	Alimentación motor.
MTD	Azul	ST	M2A	Tierra.
ETD	1	-	-	No conectar.

Continúa en la página siguiente

De		A		Descripción
Disp.	Terminal /Cable	Disp.	Terminal /Cable	
ETD	2/Rojo	ETI	2	VCC. Alimentación <i>encoder</i> .
ETD	3/Negro	ETI	3	GND. Tierra.
ETD	4	-	-	No conectar.
ETD	5	-	-	Canal $\bar{A}$ .
ETD	6/Verde	KT	2-FI-A	Canal A.
ETD	7	-	-	Canal $\bar{B}$ .
ETD	8/Azul	KT	2-FI-B	Canal B.
ETD	9	-	-	Canal $\bar{I}$ (index).
ETD	10	-	-	Canal I.
MTI	Negro	ST	M1B	Alimentación motor.
MTI	Azul	ST	M1A	Tierra.
ETI	1	-	-	No conectar
ETI	2/Rojo	KT	1-FI-5V	VCC. Alimentación <i>encoder</i> .
ETI	3/Negro	KT	1-FI-Gnd	GND. Tierra.
ETD	4	-	-	No conectar.
ETD	5	-	-	Canal $\bar{A}$ .
ETD	6/Verde	KT	1-FI-A	Canal A.
ETD	7	-	-	Canal $\bar{B}$ .
ETD	8/Azul	KT	1-FI-B	Canal B.
ETD	9	-	-	Canal $\bar{I}$ (index).
ETD	10	-	-	Canal I (index).

FI = *Feedback Input*

Ver Figura C.1

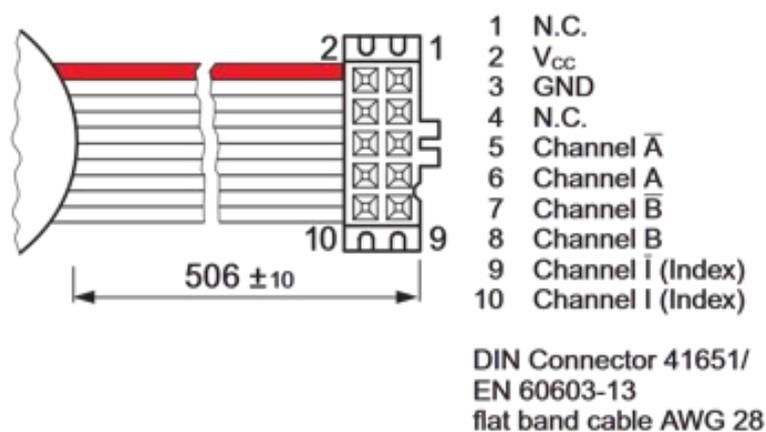


Figura C.1: Asignación de pin del codificador MR tipo L de 500ppv

## Controladoras de motor

De		A		Descripción
Disp.	Terminal /Cable	Disp.	Terminal /Cable	
SD	M1A	MDI	Negro	Alimentación motor.
SD	M1B	MDI	Azul	Tierra.
SD	B+	IG-	Rojo	Alimentación motor.
		BAT		
SD	B-	BAT	Gris	Tierra.
SD	M2A	MDD	Negro	Alimentación motor.
SD	M2B	MDD	Azul	Tierra.
SD	$\mu$ USB	-	-	Puerto micro USB
SD	0V	KD	s.c.	Tierra.
SD	5V	KD	s.c.	Alimentación. Tensión regulada de 5V.
SD	S1	KD	s.c.	Señal. RX en modo serie.
SD	S2	KD	s.c.	Señal. TX en modo serie.
SD	A1/Amarillo	SD	A2	Señal auxiliar.
SD	A2/Amarillo	BE	2	Señal auxiliar.
SD	P1	-	-	Salida de potencia.
SD	P2	-	-	Salida de potencia.

Continúa en la página siguiente

De		A		Descripción
Disp.	Terminal /Cable	Disp.	Terminal /Cable	
ST	M1A	MTI	Azul	Tierra.
ST	M1B	MTI	Negro	Alimentación motor.
ST	B+	IG-	Rojo	Alimentación motor.
		BAT		
ST	B-	BAT	Gris	Tierra.
ST	M2A	MTD	Azul	Tierra.
ST	M2B	MTD	Negro	Alimentación motor.
ST	$\mu$ USB	-	-	Puerto micro USB
ST	0V	KT	s.c.	Tierra.
ST	5V	KT	s.c.	Alimentación. Tensión regulada de 5V.
ST	S1	KT	s.c.	Señal. RX en modo serie.
ST	S2	KT	s.c.	Señal. TX en modo serie.
ST	A1/Amarillo	ST	A2	Señal auxiliar.
ST	A2/Amarillo	BE	1	Señal auxiliar.
ST	P1	-	-	Salida de potencia.
ST	P2	-	-	Salida de potencia.

s.c. = sin codificar

Ver Figura C.2

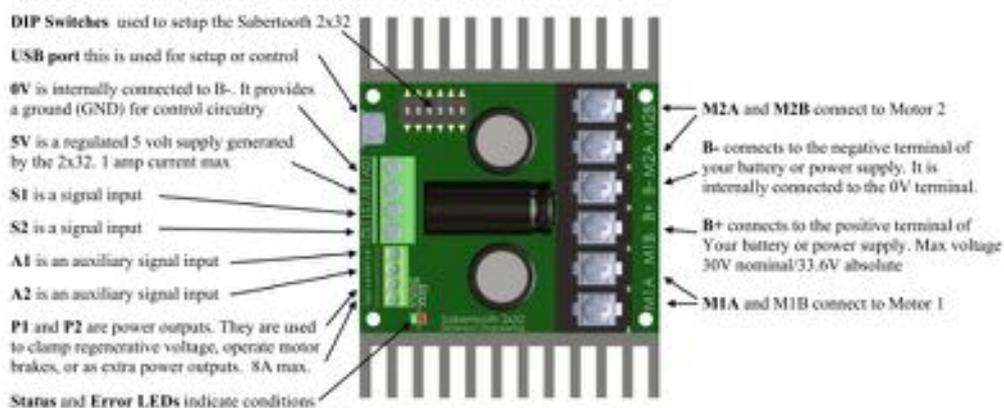


Figura C.2: Asignación de terminales de la controladora de motor Sabertooth 2x32

## Controladoras de movimiento

De		A		Descripción
Disp.	Terminal /Cable	Disp.	Terminal /Cable	
KD	0V	CSD	1/Negro	Tierra.
KD	5V	BE	1/Gris	Alimentación. Tensión regulada de 5V.
KD	S1	CSD	4/Naranja	RX.
KD	S2	CSD	5/Amarillo	TX.
KD	1-FI-Gnd	EDI	3/Negro	Tierra.
KD	1-FI-I	-	-	Canal I (index).
KD	1-FI-A	EDI	6/Verde	Canal A.
KD	1-FI-5V	EDI	2/Rojo	Alimentación. Tensión regulada de 5V.
KD	1-FI-B	EDI	8/Azul	Canal B.
KD	1-L1	-	-	Terminal para interruptores límite.
KD	1-L2	-	-	Terminal para interruptores límite.
KD	2-FI-Gnd	-	-	Tierra.
KD	2-FI-I	-	-	Canal I (index).
KD	2-FI-A	EDD	6/Verde	Canal A.
KD	2-FI-5V	-	-	Alimentación. Tensión regulada de 5V
KD	2-FI-B	EDD	8/Azul	Canal B.
KD	2-L1	-	-	Terminal para interruptores límite.
KD	2-L2	-	-	Terminal para interruptores límite.
KT	0V	CST	1/Negro	Tierra.
KT	5V	BE	2/Gris	Alimentación. Tensión regulada de 5V.
KT	S1	CST	4/Naranja	RX.

Continúa en la página siguiente

De		A		Descripción
Disp.	Terminal /Cable	Disp.	Terminal /Cable	
KT	S2	CST	5/Amarillo	TX.
KT	1-FI-Gnd	ETI	3/Negro	Tierra.
KT	1-FI-I	-	-	Canal I (index).
KT	1-FI-A	ETI	6/Verde	Canal A.
KT	1-FI-5V	ETI	2/Rojo	Alimentación. Tensión regulada de 5V
KT	1-FI-B	ETI	8/Azul	Canal B.
KT	1-L1	-	-	Terminal para interruptores límite.
KT	1-L2	-	-	Terminal para interruptores límite.
KT	2-FI-Gnd	-	-	Tierra.
KT	2-FI-I	-	-	Canal I (index).
KT	2-FI-A	ETD	6/Verde	Canal A.
KT	2-FI-5V	-	-	Alimentación. Tensión regulada de 5V
KT	2-FI-B	ETD	8/Azul	Canal B.
KT	2-L1	-	-	Terminal para interruptores límite.
KT	2-L2	-	-	Terminal para interruptores límite.

FI = *Feedback Input*

Ver figura C.3

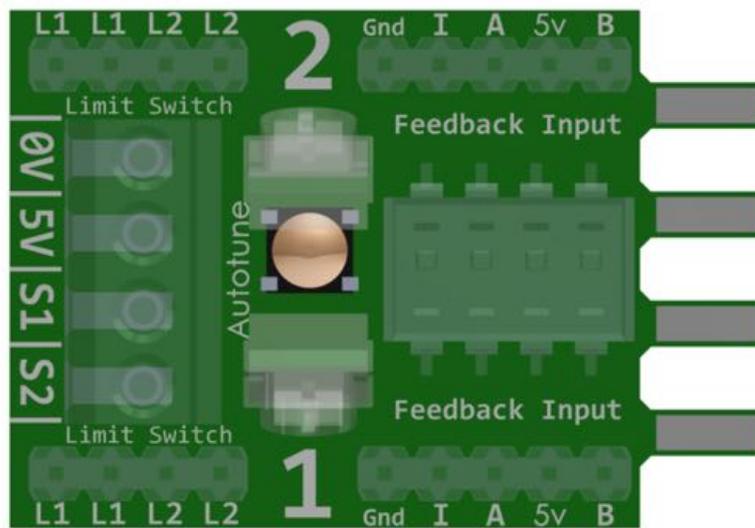


Figura C.3: Asignación de terminales de la controladora de movimiento Kangaroo x2

# Anexo D

## Código de los programas modificados

En este anexo se incluye el código de los programas que han sido modificados para que el *software* de control de Andábata funcione correctamente.

### **control\_wheels**

```
./codigo/control_wheels.cpp  
  
// Modificacion de control_wheels para adaptarlo a la  
nueva controladora Kangaroo x2. La version anterior  
del programa que funcionaba con la controladora de  
Ingenieria Uno ahora se llama control_wheels (another  
copy).cpp  
  
// Se han incluido dos controladoras Kangaroo x2, una  
para las ruedas delanteras y otra para las traseras.  
  
// Este nodo contiene el control final de las ruedas.  
Recibe consignas de velocidades de las ruedas y aplica  
un control proporcional (o no) a las ruedas. El nodo  
lee los encoders a una frecuencia determinada y las  
publica en un tema especifico. Tambien esta suscrito  
a un tema donde se publican velocidades de forma que,
```

cuando llega un nuevo mensaje a ese tema, ros lo procesa y el nodo recibe esa velocidad.

```
// El modo de control es independiente, hay que darle
// consignas a cada canal, siendo 1 el canal izquierdo y
// 2 el canal derecho. En total se tienen cuatro canales
// , dos delanteros y dos traseros. Las ordenes de los
// canales traseros llevan el sufijo t.
```

```
#include <ros/ros.h>
#include "serial/serial.h"
#include <boost/thread.hpp>

#include <andabata_msgs/WheelsRad.h>
#include <andabata_msgs/VelTelegram.h>

#include <iostream>
#include <sstream>

using std::string;
using namespace std;

// ***** La clase HW contiene la declaracion de todas las
// funciones que se van a necesitar para leer los
// encoders y asignarles las ordenes de velocidad a la
// controladora.

class HW
{
public:
    HW(ros::NodeHandle n);
    ~HW();
    void change_velocity(const andabata_msgs::
        VelTelegram msg);
    //std::string translate_vel(int num);
```

```

void read_encoders(void);
//void read_encoders(const ros::WallTimerEvent&
    event);
void run();
bool mensaje_valido(std::string mensaje);
int conv_mensaje(std::string mensaje);

private:
    ros::NodeHandle n_, np_, np2_;

    ros::Subscriber sub_vel_;
    ros::Publisher pub_pulses_;

    ros::Time last_measure_;
    int pulse_turn_, gear_gain_, enc_lines;
    int frec_enc_;

    //El objeto serial que envia comandos a las ruedas
        traseras tiene el sufijo t. El que no lleva
        sufijo envia los comandos a las ruedas
        delanteras.
    serial::Serial wheels_, wheels_t;

    boost::mutex mtx_;

//    andabata_msgs::WheelsRad last_; // Contiene la
    ultima medida de encoders, se usa este tipo por no
    hacer una estructura o algo de eso.

};

// *****

// ***** Destructor de la clase, detiene el robot y
    cierra la comunicacion con el puerto serie. Los

```

objetos con el sufijo t envian las ordenes a la controladora trasera.

```
HW::~~HW(){
    wheels_.write("1,powerdown\n"); // Apaga el motor y el
        sistema de control. Permite leer posicion y
        velocidad.
    wheels_.write("2,powerdown\n");
    wheels_t.write("1,powerdown\n");
    wheels_t.write("2,powerdown\n");
    wheels_.close();
    wheels_t.close();
}
```

```
// ***** Fin del destructor de clase
```

```
// ***** Inicia el control de las ruedas. Este nodo se
    suscribe a wheels_speed que contiene la velocidad de
    las ruedas y utiliza el valor recibido del tema (topic
    ) para enviar un comando a la controladora y modificar
    la velocidad de las ruedas. Tambien publica los
    pulsos por segundo que obtiene al leer los encoders en
    el tema wheels_angle.
```

```
HW::HW(ros::NodeHandle n):
    n_(n),
    np_("~"),
    np2_("~"),
    pulse_turn_(74000),
    gear_gain_(37),
    enc_lines(500),
    frec_enc_(30)
{
```

```

sub_vel_ = n_.subscribe("/move/wheels_speed", 1, &HW::
    change_velocity, this);

pub_pulses_ = n_.advertise<andabata_msgs::WheelsRad>("
    /move/wheels_angle", 50);

// Capturamos los parametros, si no se encuentran en
    el parameter server se utilizan los valores
    predefinidos.
int baudrate;
std::string device, device_t;

np_.param("/andabata_model/baudrate", baudrate, 9600);
np_.param<std::string>("/andabata_model/id", device, "/
    dev/control_ruedas");
np2_.param("/andabata_model/baudrate", baudrate, 9600)
    ;
np2_.param<std::string>("/andabata_model/id", device_t
    ,"/dev/control_ruedas_t");

cout << "Configuracion de la comunicacion serial y
    apertura del puerto" << endl;

// Configuracion de la comunicacion serie. Se
    inicializa la comunicacion serie: se establece el
    puerto, la tasa de baudios, el tiempo muerto, el
    resto de los parametros de la comunicacion serial y
    se abre el puerto. Se hace para ambas
    controladoras.
serial::Timeout to=serial::Timeout::simpleTimeout
    (1000);
wheels_.setPort(device);
wheels_.setBaudrate(baudrate);
wheels_.setTimeout(to);

```

```
wheels_.setParity(serial::parity_none);
wheels_.setStopbits(serial::stopbits_one);
wheels_.setBytesize(serial::eightbits);
wheels_.setFlowcontrol(serial::flowcontrol_none);
wheels_.open();

wheels_t.setPort(device_t);
wheels_t.setBaudrate(baudrate);
wheels_t.setTimeout(to);
wheels_t.setParity(serial::parity_none);
wheels_t.setStopbits(serial::stopbits_one);
wheels_t.setBytesize(serial::eightbits);
wheels_t.setFlowcontrol(serial::flowcontrol_none);
wheels_t.open();

// Se habilitan los canales de cada controladora.
wheels_.write("1,start\n");
wheels_.write("2,start\n");
wheels_t.write("1,start\n");
wheels_t.write("2,start\n");

// Para las pruebas se pone una velocidad al inicio.
// En el nodo final estas lineas deben estar
// comentadas, si no lo estan el robot se movera nada
// mas iniciarse el nodo.
//std::string as = "1,start\n";
//ros::Duration(2).sleep();
//as = "1,s4000\n";
//wheels_.write(as);
//wheels_.write("2,s2000\n");
//wheels_t.write(as);
//wheels_t.write("2,s2000\n");

last_measure_ = ros::Time::now();

}
```

```

// ***** Fin del constructor de clase

// ***** Esta funcion gestiona los hilos (thread) de
// proceso. Hay un hilo para la lectura de los encoders
// (encoders_thread) y otro para el resto de las
// peticiones que son gestionadas por ros::spin().

void HW::run(){

    boost::thread encoders_thread(boost::bind(&HW::
        read_encoders, this));

    ros::spin();
    encoders_thread.join();
}

// ***** Fin de la funcion de gestion de proceso.

// ***** Cambia la referencia de velocidad de las ruedas.
// La velocidad se publica en radianes por segundo en
// el tema wheels_speed y debe cambiarse a lineas por
// segundo para la comunicacion con la controladora.

void HW::change_velocity(const andabata_msgs::VelTelegram
    msg)
{

    // Obtencion de la velocidad en lineas de encoder por
    // segundo del motor a partir de la velocidad de las
    // ruedas en rad/s
    int vel_l = gear_gain_*msg.vela_l*enc_lines/(2*M_PI);
    int vel_r = gear_gain_*msg.vela_r*enc_lines/(2*M_PI);
}

```

```
try {
    std::string order_l = "1,s";
    std::string order_r = "2,s";

    std::stringstream ss_l, ss_r;
    ss_l << vel_l;
    ss_r << vel_r;

    order_l += ss_l.str();
    order_r += ss_r.str();

    order_l += "\n";
    order_r += "\n";

    //cout << "Orden izda.: " << order_l << endl;
    //cout << "Orden dcha.: " << order_r << endl;

    wheels_.write(order_l);
    wheels_.write(order_r);
    wheels_t.write(order_l);
    wheels_t.write(order_r);

} catch (exception &e) {

    printf("Unhandled Exception: %s", e.what());
}

}

// ***** Fin de la funcion de cambio de referencia de
// velocidad.

// ***** Comprueba que todos los caracteres de un string
// son numeros
```

```

//bool is_num(std::string str, int ini = 0){
// bool correct = true;
// for (int i=ini; i<str.size(); i++){
//     if (!isdigit(str[i]))
//         correct = false;
// }
// return correct;
//}

// ***** Fin de la funcion de comprobacion

// ***** Validacion del mensaje leido mediante el puerto
serie. El mensaje que lee del puerto serie es de la
forma [numcanal],[letra][numero][r][n][r]. Como
leemos velocidades sera algo como 1,s2000[r][n][r].
    Al final del mensaje siempre hay 3 caracteres no
imprimibles. Cuando hay algun tipo de error de la
controladora, la [letra] sera igual a E y [numero]
estara entre 1 y 6

bool HW::mensaje_valido(std::string mensaje){
    bool valido = true;
    int tam_mens = mensaje.size();
    if ((tam_mens >= 6) and (mensaje.substr(2,1) != "E"))
    {
        for (int i=3; i<=tam_mens-3; i++){
            if (!isdigit(mensaje[i])) valido = true;
        }
    }
    else valido = false;
    return valido;
}

// ***** Fin de la funcion de validacion

```

```
// ***** Conversion del mensaje a entero

int HW::conv_mensaje(std::string mensaje){
    int lineas;
    int tam_mens = mensaje.size();
    std::string lin_cad = mensaje.substr(3,tam_mens-5);
    lineas = atoi(lin_cad.c_str());
    return lineas;
}

// ***** Fin de la conversion

// ***** Lectura de los encoders a una tasa frec_enc_
// declarada en el constructor de clase

void HW::read_encoders(void)
{
    ros::Rate r(frec_enc_);
    andabata_msgs::WheelsRad msg;

    // Limpia el buffer de lectura y escritura de los
    // puertos serie.
    wheels_.flush();
    wheels_t.flush();

    while(ros::ok()){

        // Peticion de la velocidad del canal 1 delantero y
        // trasero
        mtx_.lock();
        wheels_.write("\n");
        wheels_t.write("\n");
        wheels_.write("1,gets\n");
    }
}
```

```

wheels_t.write("1,gets\n");

// Lectura de una linea para cada puerto, hasta el
// final de carro, correspondiente al canal 1
// delantero y trasero, que contendra la velocidad
// en lineas de encoder por segundo.
std::string message1 = wheels_.readline(200,"\n");
std::string message1_t = wheels_t.readline(200,"\n"
);
mtx_.unlock();

// Peticion de la velocidad del canal 2 delantero y
// trasero
mtx_.lock();
wheels_.write("\n");
wheels_t.write("\n");
wheels_.write("2,gets\n");
wheels_t.write("2,gets\n");

// Lectura de las lineas de cada puerto
std::string message2 = wheels_.readline(200,"\n");
std::string message2_t = wheels_t.readline(200,"\n"
);
mtx_.unlock();

int pulses_l;
int pulses_r;

// Validacion y conversion del mensaje tipo texto
// en un entero. Si el mensaje es correcto y se
// realiza la conversion, el resultado es la
// velocidad media del lado izquierdo y la
// velocidad media del lado derecho.

```

```
if (mensaje_valido(message1) and mensaje_valido(
    message1_t)){
    pulses_l = (conv_mensaje(message1)+conv_mensaje(
        message1_t))/2;
}

if (mensaje_valido(message2) and mensaje_valido(
    message2_t)){
    pulses_r = (conv_mensaje(message2)+conv_mensaje(
        message2_t))/2;
}

// Convierte la velocidad en lineas por segundo a
// radianes por segundo para publicarlas en el nodo
.
msg.ros_time = ros::Time::now();
int w_lines = gear_gain_*enc_lines;
msg.angle_r = pulses_r*2*M_PI/w_lines;
msg.angle_l = pulses_l*2*M_PI/w_lines;

pub_pulses_.publish(msg);

r.sleep();
}
}

// ***** Fin de la funcion de lectura de los encoders.

int main(int argc, char** argv){
```

```
ros::init(argc, argv, "ruedas_test");

ros::NodeHandle nh_teleop;

HW my(nh_teleop);

//El temporizador hace que se lean los encoders cada
  0.3 segundos
//ros::WallTimer timer_encoders=nh_teleop.
  createWallTimer(ros::WallDuration(0.3), &HW::
  read_encoders, &my);
//ros::MultiThreadedSpinner spinner(0);
//spinner.spin();

// ros::spin();

my.run();

}
```

**andabata\_model**

```
./codigo/andabata_model.cpp

// Contiene el modelo cinematico directo e inverso.
// Transforma velocidades lineales y angulares en
// velocidades de ruedas izquierda y derecha y al revés

#include <ros/ros.h>

#include <tf/transform_broadcaster.h>
#include <nav_msgs/Odometry.h>
#include <andabata_msgs/WheelsRad.h>
#include <andabata_msgs/VelTelegram.h>
#include <geometry_msgs/Twist.h>

#include <iostream>
using std::string;
using namespace std;

class HW
{
public:
    HW(ros::NodeHandle n);
    ~HW();
    void run();
    double limit(float num);
    void change_velocity(const geometry_msgs::Twist&
        msg);
    void odometry(const andabata_msgs::WheelsRad& msg);

private:
    ros::NodeHandle n_;
    ros::Subscriber sub_vel_;
    ros::Subscriber sub_dist_;
```

```

    ros::Publisher pub_odom_;
    ros::Publisher pub_vel_;

    andabata_msgs::WheelsRad last_measure_;
    double xIRC_, alpha_, motors_gain_, wheel_radious_,
           pulse_turn_;
    double x_, y_, th_;
    double v_max_;

};

HW::~HW() {

}

HW::HW(ros::NodeHandle n):
n_(n),
xIRC_(0.449),
alpha_(0.934),
wheel_radious_(0.1),
x_(0.0),
y_(0.0),
th_(0.0),
v_max_(0.685) // 0.685 m/s o 6.85 rad/s de las ruedas
// Cambio de la velocidad maxima de las ruedas de 0.5 a
0.685
{
    sub_vel_ = n_.subscribe("/move/velocity", 20, &HW::
        change_velocity, this);
    sub_dist_ = n_.subscribe("/move/wheels_angle", 20, &HW
        ::odometry, this);
}

```

```

pub_odom_ = n_.advertise<nav_msgs::Odometry>("/
    odometry/wheels", 50);
pub_vel_ = n_.advertise<andabata_msgs::VelTelegram>("/
    move/wheels_speed", 50);
}

void HW::run(){
    ros::spin();
}

// Para que no haya sobresaturacion
double HW::limit(float num){
    if (num > v_max_){
        return v_max_;
    }else if (num < -v_max_){
        return -v_max_;
    }else
        return num;
}

// calcula y envia las velocidades de las ruedas para una
// determinada velocidad lineal y angular
void HW::change_velocity(const geometry_msgs::Twist& msg)
{

    double vx = msg.linear.x;
    double wz = msg.angular.z;
    cout << "vx: " << vx << "\twz: " << wz << endl;
    // para que siga la trayectoria deseada, aunque sea
    // mas lento (curvatura constante)
    if ((vx + xIRC_*wz) > v_max_){ // me supongo alpha_ =
        1 para ser conservador
        float coef = (vx + xIRC_*wz)/v_max_;
        cout << "coef: " << coef << endl;

```

```

    vx = vx / coef;
    wz = wz / coef;
}
cout << "vx: " << vx << "\twz: " << wz << endl;
double vel_l, vel_r;
double lineal = vx/alpha_;
double angular = wz*xIRC_/alpha_;
double diff = 0.0;
    // Calculamos las velocidades de cada rueda para
    // que el robot mantenga la velocidad lineal y gire
    // la velocidad angular. El giro se hace de forma
    // diferencial, sumando a unas ruedas y restando a
    // las otras
if ((abs(lineal) + abs(angular)) > v_max_)
    diff = abs(lineal) + abs(angular) - v_max_;

printf("lineal: %f \tangular: %f \tdiff. %f\n",
    lineal, angular, diff);

if (lineal > 0){ // adelante
    printf("adelante - ");
    if (angular > 0){ // izquierda
        printf("izquierda\n");
        vel_l = lineal - abs(angular) - diff;
        vel_r = limit(lineal + abs(angular));
    }else{ // derecha
        printf("derecha\n");
        vel_l = limit(lineal + abs(angular));
        vel_r = lineal - abs(angular) - diff;
    }
}
}else{ // atras
    printf("atras - ");
    if (angular > 0){ // izquierda
        printf("izquierda\n");
        vel_l = limit(lineal - abs(angular));
        vel_r = lineal + abs(angular) + diff;
    }
}

```

```

    }else{                // derecha
        printf("derecha\n");
        vel_l = lineal + abs(angular) + diff;
        vel_r = limit(lineal - abs(angular));
    }
}

andabata_msgs::VelTelegram message;
// pasar de m/s a rad/s depende de las dimensiones de
// la rueda
message.vela_l = vel_l/wheel_radious_;
message.vela_r = vel_r/wheel_radious_;
pub_vel_.publish(message);
}

// recibe los pulsos por cada rueda y calcula la
// velocidad del robot
void HW::odometry(const andabata_msgs::WheelsRad& msg){

    //La controladora antigua solo informaba de pulsos
    //pero las nuevas informan de pulsos por segundo (
    //velocidad) por lo que no haria falta calcular la
    //velocidad.
    //double dt = (msg.ros_time - last_measure_.ros_time).
    //toSec();
    //last_measure_ = msg;

    //La velocidad seria sencillamente este calculo.
    double dist_r = msg.angle_r*wheel_radious_;
    double dist_l = msg.angle_l*wheel_radious_;

    double vel_l_actual = dist_l;
    double vel_r_actual = dist_r;
}

```

```

// Calculamos las velocidades segun los ejes
// coordenados
double vx = alpha_ / 2 * (vel_r_actual + vel_l_actual)
;
double vy = 0.0;
double vth = alpha_ / (2 * xIRC_) * (vel_r_actual -
    vel_l_actual);

// Calculamos la odometria del robot integrando las
// velocidades
double delta_x = (vx * cos(th_) - vy * sin(th_)) * dt;
double delta_y = (vx * sin(th_) + vy * cos(th_)) * dt;
double delta_th = vth * dt;
x_ += delta_x;
y_ += delta_y;
th_ += delta_th;

// Dado que la odometria es 6DOF necesitaremos un
// quaternion creado por Yaw
geometry_msgs::Quaternion odom_quat = tf::
    createQuaternionMsgFromYaw(th_);

// Publicamos el mensaje de odometria
nav_msgs::Odometry odom;
odom.header.stamp = msg.ros_time;
odom.header.frame_id = "odom";

odom.pose.pose.position.x = x_;
odom.pose.pose.position.y = y_;
odom.pose.pose.position.z = 0.0;
odom.pose.pose.orientation = odom_quat;

odom.child_frame_id = "base_link";
odom.twist.twist.linear.x = vx;
odom.twist.twist.linear.y = vy;

```

```
odom.twist.twist.angular.z = vth;

pub_odom_.publish(odom);

}

int main(int argc, char** argv){
    ros::init(argc, argv, "andabata_model");

    ros::NodeHandle nh_teleop;

    HW my(nh_teleop);

    my.run();

}
```

**joystick\_imu**

```
./codigo/joystick_imu.cpp
```

```
// decide, segun la posicion de la tableta, las
// velocidades de las ruedas, utilizando los datos del
// sensor imu.

#include "ros/ros.h"
#include "sensor_msgs/Imu.h"
#include "andabata_msgs/TwistID.h"
#include <math.h>
#include <ros/callback_queue.h>

#define joystick_n 2 // id del joystick en el sistema
#define dead_zone 10 // Zona muerta del sensor, tanto
// en giro como en desplazamiento lineal

// Los comandos de velocidad se envian en porcentaje, por
// lo tanto no se puede superar el 100
int limit(int num){
    if (num > 100){
        return 100;
    }else if (num < -100){
        return -100;
    }else
        return num;
}

// Esta funcion adapta el valor recibido al nuevo rango
// creado por la zona muerta
int adapt_range(int num){
    if (abs(num) < dead_zone){
        return 0;
    }else{
```

```

        return (int)round((num-dead_zone) * 100.0 / (100.0-
            dead_zone));
    }
}

void vel(const sensor_msgs::Imu msg){

    static ros::NodeHandle nh_teleop;
    static ros::Publisher pub_vel = nh_teleop.advertise<
        andabata_msgs::TwistID>("/move/joysticks", 10);

    // Se guardan 10 valores para hacer un filtro mediante
    // la media
    static int pos[3][10]={{0,0,0,0,0,0,0,0,0,0},
        {70,70,70,70,70,70,70,70,70,70},
        {70,70,70,70,70,70,70,70,70,70}};
    static int i=0;
    int sumx=0;
    int sumy=0;
    int sumz=0;

    int vel_r, vel_l, diff;

    // Adaptamos las medidas al rango de 0-100 y
    // eliminamos los decimales
    int x = (int)round(msg.linear_acceleration.x * 10);
    int y = (int)round(msg.linear_acceleration.y * 10);
    int z = (int)round(msg.linear_acceleration.z * 10);
    x = limit(x);
    y = limit(y);
    z = limit(z);
    printf("
        -----\n"
    );
};

```

```

// Actualizamos el estado de los filtros
pos[0][i] = x;
pos[1][i] = y;
pos[2][i] = z;

for(int j=0; j<10; j++){
    sumx+=pos[0][j];
    sumy+=pos[1][j];
    sumz+=pos[2][j];
}

// printf("x: %i      \ty: %i      \tz: %i\n", x, y, z);
// printf("sumx: %i      \tsumy: %i      \tsumz: %i\n", sumx,
sumy, sumz);

i++;
if(i>=10)
    i = 0;

// El avance y el giro estan desacoplados. El avance
// lineal depende de los ejes z e y y el giro del eje
// x
int lineal = (sumz - sumy)/10;
int angular = abs(sumx)/10;

// creamos la zona muerta
lineal = adapt_range(lineal);
angular = adapt_range(angular);

// Calculamos las velocidades de cada rueda para que
// el robot mantenga la velocidad lineal y gire la
// velocidad angular. El giro se hace de forma
// diferencial, sumando a unas ruedas y restando a las
// otras
if ((abs(lineal) + angular) > 100){
    diff = abs(lineal) + angular -100;
}

```

```

    }else{
        diff = 0;
    }
// printf("lineal: %i \tangular: %i \tdiff. %i\n",
    lineal, angular, diff);

    if (lineal > 0){ // adelante
//     printf("adelante - ");
        if (sumx > 0){ // izquierda
//         printf("izquierda\n");
            vel_l = lineal - angular - diff;
            vel_r = limit(lineal + angular);
        }else{ // derecha
//         printf("derecha\n");
            vel_l = limit(lineal + angular);
            vel_r = lineal - angular - diff;
        }
    }else{ // atras
//     printf("atras - ");
        if (sumx > 0){ // izquierda
//         printf("izquierda\n");
            vel_l = lineal + angular + diff;
            vel_r = limit(lineal - angular);
        }else{ // derecha
//         printf("derecha\n");
            vel_l = limit(lineal - angular);
            vel_r = lineal + angular + diff;
        }
    }
}

// printf("vel_i: %i\tvel_d: %i\n", vel_l, vel_r);
// la velocidad maxima tambien se utiliza en message.vel.
// linear.x y message.vel.angular.z asi que se actualiza
// su valor de 0.5 a 0.685
andabata_msgs::TwistID message;
message.id = joystick_n;

```

```
message.vel.linear.x = 0.934/2*(vel_l + vel_r) *
    0.685/100;
message.vel.angular.z = 0.934/2/0.449*(-vel_l + vel_r)
    * 0.685/100;
printf("vx: %f \twz: %f\n", message.vel.linear.x,
    message.vel.angular.z);

pub_vel.publish(message);
}
```

```
int main(int argc, char **argv)
{
    ros::init(argc, argv, "joystick_imu");
    ros::NodeHandle nh_teleop;

    ros::Subscriber sub_sel = nh_teleop.subscribe("/
        androidTablet/imu", 1, vel);

    ros::Rate r(20);

    while(ros::ok()){
        ros::getGlobalCallbackQueue()->callAvailable(ros::
            WallDuration(0.01));
        r.sleep();
    }

    return 0;
}
```

**joystick\_slider**

```
./codigo/joystick_slider.cpp
```

```
// Convierte la informacion que llega de los sliders de
// la tableta en mensajes entendibles por el sistema

#include "ros/ros.h"
#include "std_msgs/Int16.h"
#include "andabata_msgs/WheelSpeed.h"
#include "andabata_msgs/TwistID.h"

#define joystick_n 1

// Necesitamos almacenar las velocidades de las ruedas,
// ya que solo recibimos los cambios y estos se
// produciraan en una sola de las ruedas. El mensaje debe
// de tener la velocidad deseada para ambas ruedas
int vel_l=0, vel_r=0;

void change_speed(const andabata_msgs::WheelSpeed msg)
{
    static ros::NodeHandle nh_teleop;
    static ros::Publisher pub_vel = nh_teleop.advertise<
        andabata_msgs::TwistID>("/move/joysticks", 1);

    if(!msg.wheel){          // Rueda izquierda
        vel_l = msg.speed;    // Actualiza la
        // velocidad de la rueda
    }else{                   // Rueda derecha
        vel_r = msg.speed;
    }

    andabata_msgs::TwistID message;
    message.id = joystick_n;
    // modelo * (conversion del rango [0-100] a [0-0.5])
}
```

```
// la velocidad maxima ha cambiado a por lo que el
// rango es ahora de 0 a 0.685, se cambia message.vel.
// linear.x y message.vel.angular.z
message.vel.linear.x = 0.934/2*(vel_l + vel_r) *
    0.685/100;
message.vel.angular.z = 0.934/2/0.449*(-vel_l + vel_r)
    * 0.685/100;
printf("vx: %f \twz: %f\n", message.vel.linear.x,
    message.vel.angular.z);
pub_vel.publish(message);
}

int main(int argc, char **argv)
{
    ros::init(argc, argv, "joystick_slider");
    ros::NodeHandle nh_teleop;

    ros::Subscriber sub_vel = nh_teleop.subscribe("/
        teleoperation/speed_slider", 1, change_speed);

    ros::spin();

    return 0;
}
```



# Anexo E

## Presupuesto

El presente presupuesto hace referencia a la construcción del robot móvil Andábata. Este proyecto ha sido financiado con cargo a los fondos del Proyecto de Investigación de Excelencia de la Junta de Andalucía P10-TEP-601-R [18].

No se han contabilizado las horas dedicadas por la alumna ni directores al desarrollo del robot.

### Elementos mecánicos

Bajo el concepto “Chasis tubular soldado en acero inoxidable” se incluyen las ruedas, las bases de acero y la caja donde se ubica la electrónica del robot móvil Andábata.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Patín HGW15ccc precarga Z0	8	39,11	312,88
Guía rectificadora HGR15R	4	33,57	134,28
Chasis tubular soldado en acero inoxidable 304	1	450,00	450,00
Importe .....			897,16
I.V.A. (21 %) .....			188,40
<b>Total construcción mecánica</b> .....			<b>1085,56</b>

## Sistema motriz

En este apartado se engloban los elementos que hacen posible el movimiento del robot Andábata.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Motor RE 150W + <i>Encoder</i> MR tipo L de Maxon	4	448,64	2243,20
Sabertooth 2x32	2	108,84	217,68
Kangaroo x2	2	20,89	41,78
Reductora 37:1	5	425,00	2125,00
Importe .....			4627,66
I.V.A. (21 %) .....			971,81
<b>Total sistema motriz .....</b>			<b>5599,47</b>

## Electrónica y alimentación

En este apartado del presupuesto se incluyen las baterías del robot móvil Andábata y la fuente de alimentación del PC.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Electrónica Andábata y baterías	1	965,00	965,00
Fuente de alimentación Sunpo- wer SDX-425-G24	1	239,00	239,00
Importe .....			1204,00
I.V.A. (21 %) .....			252,84
<b>Total electrónica y alimentación .....</b>			<b>1456,84</b>

## Sistema informático

Los conceptos considerados en este apartado son un teléfono inteligente, una tableta como estación de teleoperación, la computadora de abordo y el *router*.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	
		UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
PC y router D-Link	1	702,60	702,60
<i>Smartphone</i> LG	1	199	199
Tableta Samsung	1	397,60	397,60
Importe .....			1299,20
I.V.A. (21 %) .....			272,83
<b>Total control y comunicaciones</b> .....			<b>1572,03</b>

## Telémetro láser 3D

En este apartado se reflejan los gastos realizados para la compra del láser y su posterior adaptación para obtener un sensor tridimensional. También se incluye en esta sección la construcción de la base donde se ubica.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO	
		UNITARIO (€)	PRECIO TOTAL (€)
Sensor láser 2D Hokuyo	1	3835,00	3835,00
Motorización y base para el sensor	1	4150,00	4150,00
Importe .....			7985,00
I.V.A. (21 %) .....			1676,85
<b>Total láser</b> .....			<b>9661,85</b>

## Totales

Por último en esta sección se resumen todos los conceptos y se presenta el importe total del presupuesto empleado en la construcción y puesta en marcha del robot móvil Andábata.

CONCEPTO	IMPORTE (€)	I.V.A. (21 %) (€)	TOTAL (€)
Elementos mecánicos	897,16	188,40	1085,56
Sistema motriz	4627,66	971,81	5599,47
Electrónica y alimentación	1204,00	252,84	1456,84
Sistema informático	1299,20	272,83	1572,03
Telómetro láser	7985,00	1676,85	9661,85
<b>Total presupuesto .....</b>	<b>16013,02</b>	<b>3362,73</b>	<b>19375,75</b>

# Referencias

- [1] Antonio Javier Guerrero Angulo. «Modelado e identificación del sistema de suspensión pasiva del robot móvil Andábata». Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de Málaga, 2015.
- [2] *ARK Intel. Especificaciones de producto.* 2015. URL: [http://ark.intel.com/es-es/products/77656/Intel-Core-i7-4771-Processor-8M-Cache-up-to-3\\_90-GHz](http://ark.intel.com/es-es/products/77656/Intel-Core-i7-4771-Processor-8M-Cache-up-to-3_90-GHz) (visitado 16-06-2015).
- [3] *ASRock.* 2015. URL: <http://www.asrock.com/index.es.asp> (visitado 09-06-2015).
- [4] Isidor Buchmann. *Battery University.* 2015. URL: <http://batteryuniversity.com/> (visitado 27-05-2015).
- [5] *Dimension Engineering. Robotics, radio control y power electronics.* 2016. URL: <https://www.dimensionengineering.com/> (visitado 18-01-2016).
- [6] *Foro Coches Eléctricos. Especial baterías parte I: El ABC de las baterías.* 2015. URL: <http://forococheselectricos.com/2013/02/especial-baterias-parte-i-el-abc-de-las.html> (visitado 31-05-2015).
- [7] *FTDI Chip.* 2014. URL: <http://www.ftdichip.com/index.html> (visitado 18-06-2014).
- [8] Manuel Zafra Granados. «Construcción de mapas de exteriores mediante *oc-trees* para un robot móvil equipado con un telémetro láser 3D». Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de Málaga, 2015.
- [9] *Hiwin. Motion control & Sistem technology.* 2015. URL: <http://www.hiwin.com/index.html> (visitado 18-06-2015).
- [10] *HyperX.* Kingston Technology. 2015. URL: <http://www.kingston.com/es/hyperx/memory/fury> (visitado 16-06-2015).

- [11] *Ingeniería UNO*. 2015. URL: [www.ingenieriauno.com](http://www.ingenieriauno.com) (visitado 14-05-2015).
- [12] *Intel*. 2015. URL: <http://www.intel.es/content/www/es/es/homepage.html> (visitado 16-06-2015).
- [13] *LG*. 2016. URL: <http://www.lg.com/us/cell-phones/lg-LGE960-nexus-4> (visitado 17-02-2016).
- [14] Anthony Mandow, Jorge L. Martínez, Jesús Morales, José L. Blanco, Alfonso García-Cerezo y Javier González. «Experimental kinematics for wheeled skid-steer mobile robots». En: *Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. San Diego, CA, 2007, págs. 1222-1227.
- [15] Jorge L. Martínez, Jesús Morales, Antonio J. Reina, Anthony Mandow, Alejandro Pequeño-Boyer y Alfonso García-Cerezo. «Construction and Calibration of a Low-Cost 3D Laser Scanner with 360° Field of View for Mobile Robots». En: *Proc. of the IEEE International Conference on Industrial Technology*. Sevilla, España, 2015, págs. 149-154.
- [16] *Maxon motor*. 2014. URL: <http://www.maxonmotor.es> (visitado 06-05-2014).
- [17] *Maxon motor*. *Tienda electrónica*. Especificaciones técnicas de producto. 2015. URL: <http://www.maxonmotor.es/maxon/view/catalog>.
- [18] *P10-TEP-6101-R Navegación autónoma de un robot móvil 4x4 en entornos naturales mediante GPS diferencial y telémetro láser tridimensional*. Departamento de Ingeniería de Sistemas y Automática, Universidad de Málaga. 2014. URL: <http://www.uma.es/cms/base/ver/section/document/73618/navegacion-autonoma-de-un-robot-movil-4x4/> (visitado 21-04-2014).
- [19] Morgan Quigley, Brian Gerkey, Ken Conley, Josh Faust, Tully Foote, Jeremy Leibs y col. «ROS: an open-source Robot Operating System». En: *Proc. Open-Source Software workshop of the International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 2009.
- [20] *Robot Platform*. *Wheel control theory*. 2015. URL: [http://www.robotplatform.com/knowledge/Classification\\_of\\_Robots/wheel\\_control\\_theory.html](http://www.robotplatform.com/knowledge/Classification_of_Robots/wheel_control_theory.html) (visitado 19-05-2015).
- [21] *ROS - Robot Operating System*. 2014. URL: <http://www.ros.org/> (visitado 21-04-2014).
- [22] *Solidworks*. 2015. URL: <http://www.solidworks.es/> (visitado 20-05-2015).

- [23] *Sunpower*. 2015. URL: <http://www.sunpower.com.tw/index.asp> (visitado 25-05-2015).
- [24] *ThermoAnalytics, total thermal solutions. HEV Vehicle Battery Types*. 2015. URL: <http://www.thermoanalytics.com/support/publications/batterytypesdoc.html>.
- [25] *TP-Link. Productos LAN inalámbrica*. 2015. URL: <http://www.tp-link.es/products/details/?model=TL-WR1042ND#fea> (visitado 17-06-2015).
- [26] *Ubuntu*. 2014. URL: <http://www.ubuntu.com/> (visitado 06-05-2014).
- [27] Javier Valbuena Alonso. «Remodelación de los sistemas de alimentación y control en el robot Auriga- $\alpha$ ». Proyecto Fin de Carrera. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial. Universidad de Málaga, 2014.
- [28] *Wiki ROS*. 2014. URL: <http://wiki.ros.org/> (visitado 18-01-2016).