## Microcontrolador.

Para controlar el robot se busca un microcontrolador con la capacidad de conexión inalámbrica vía Wi-Fi, ya que se busca que los módulos se comuniquen de forma inalámbrica. Por ello se han tenido en cuenta las placas con el microcontrolador ESP8266 que permite este tipo de conexiones. Se han analizado dos posibles placas: ***ESP-01*** y ***NodeMCU*** (versión v1.0 Lolin).

Otras propiedades que se buscan en el microcontrolador del robot es la posibilidad de conectarle hasta tres sensores, motores DC y/o servomotores. También se busca que pueda conectarse vía USB para poder programarlo fácilmente.

Una característica del ESP8266, que ha llevado a su elección, es la compatibilidad con Arduino lo que permite una mayor facilidad de programación y compatibilidad de componentes.

### ESP-01

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *Pines de ESP-01.* | |
| |  |  |  | | --- | --- | --- | | **Nº** | **PIN** | **Función** | | 1 | GND | GND | | 2 | GPIO 2 | IO digital | | 3 | GPIO 0 | IO digital | | 4 | RX (GPIO 3) | UART0 data received / IO digital | | 5 | TX (GPIO 1) | UART0 data send / IO digital | | 6 | CH\_PD | Chip enable | | 7 | RST | Reset de la placa | | 8 | Vcc | Alimentación a 3,3V | | |

Características de la placa:

* 1 pin de alimentación a 3.3V.
* 1 pin GND.
* 4 pines digitales para uso general.
* Memoria SPI flash externa de 1 MB.
* Microcontrolador ESP8266EX.

### NodeMCU

|  |
| --- |
|  |
| *Pines de NodeMCU 1.0 genérico.* |
|  |
| *Pines de NodeMCU 1.0 versión LoLin.* |

Características de la placa:

* 1 pin de alimentación a 5V a través del adaptador µUSB y una regulación a 3.3V.
* 1 pin reservado destinado a salida de tensión a 5V conectado a la alimentación desde el µUSB.
* 3 pines de salida de tensión a 3.3V.
* 4 pines GND (3 + 1 pin reservado destinado a este uso).
* 13 pines digitales para uso general.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  | | --- | --- | | **MCU Lolin** | **ESP8266EX (GPIO)** | | D0 | 16 | | D1 | 5 | | D2 | 4 | | D3 | 0 | | D4 | 2 | | D5 | 14 | | D6 | 12 | | D7 | 13 | | D8 | 15 | | D9(RX) | 3 | | D10(TX) | 1 | | D11(S2) | 9 | | D12(S3) | 10 | |
| *Equivalencias de entradas digitales entre ESP8266 y NodeMCU Lolin.* |

* 1 pin de entrada analógica.
* Memoria SPI flash externa de 4 MB.
* Regulador de tensión de 5v a 3.3V modelo NCP1117ST33T3G.
* Microcontrolador ESP8266MOD (versión del modelo genérico ESP8266EX).

### Comparación entre ESP-01 y NodeMCU Lolin.

La mayor ventaja de la placa ESP-01 está en su tamaño, fácilmente adaptable a cualquier forma, permitiendo reducir los tamaños de las piezas. Se dispone de 4 pines digitales libres, que podrían aumentarse mediante placas especiales externas pero complicaría el circuito y aumentaría el tamaño del conjunto. Para realizar una conexión mediante USB se necesita acoplar el USB de manera externa, lo que haría aumentar su tamaño, dificultaría la localización de la pieza y complica el circuito añadiendo cableado. Además, si se acopla el USB externo se necesitaría acoplar el regulador de voltaje de forma externa a este USB para conseguir los 3.3V de alimentación necesaria para alimentar al ESP-01 y también se pierde dos de los pines digitales libres que deberán actuar de RX y TX de la comunicación USB.

La placa NodeMCU dispone de una mayor cantidad de pines digitales libres, además de disponer de una alimentación a 5V, incorporando la conexión por µUSB lo que permite una conexión al PC más sencilla y rápida. Su tamaño es mayor que el ESP-01 pero incorpora la conexión USB, la regulación del voltaje a 3.3V y se evita el aumento de cableado al estar soldados los componentes a una placa. Además la placa NodeMCU LoLin incluye una salida de voltaje a 5V a través del USB lo que permite incorporar componentes que se alimenten a ese voltaje. También incluye una entrada analógica que aumenta la variedad y funcionalidad de los sensores acoplados.

Con todo esto, ya que ofrece una mayor versatilidad y el único defecto es tener un tamaño mayor pero con todos los componentes (ESP8266, mayor número de pines digitales, conexión USB y regulador de tensión) incorporados, se ha optado por utilizar el NodeMCU LoLin.

### Tabla comparativa entre ESP-01 y NodeMCU LoLin.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Modelo** | **Pines GPIO** | **Pines PWM** | **Vcc (V)** | **Dimensiones (mm)** | **Memoria Flash (MB)** |
| ESP 01 | 4 | - | 3,3 | 24,8x14,3 | 1 |
| NodeMCU LoLin | 13 | 10 | 5 | 30x58 | 4 |

### Componentes de la placa NodeMCU.

Los componentes principales de la placa son:

* ESP8266.
* Alimentación por USB de 5V.
* Regulador de tensión de 5V a 3.3V.
* Botones RST y FLASH.

#### ESP8266.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | |  |  | | --- | --- | | **Nº** | **PIN** | | 1 | RST (Reset) | | 2 | ADC | | 3 | EN (CH-PD) | | 4 | GPIO 16 | | 5 | GPIO 14 | | 6 | GPIO 12 | | 7 | GPIO 13 | | 8 | VCC (3,3 V) | | 9 | CSO, GPIO 11 | | 10 | MISO, GPIO 7 | | 11 | GPIO 9 | | 12 | GPIO 10 | | 13 | MOSI, GPIO 8 | | 14 | SCLK, GPIO 6 | | 15 | GND | | 16 | GPIO 15 | | 17 | GPIO 2 | | 18 | GPIO 0 | | 19 | GPIO 4 | | 20 | GPIO 5 | | 21 | RXD, GPIO 3 | | 22 | TXD, GPIO 1 | |
| *Pines del ESP8266-12E.* |
|  |
|  |
| *Medidas de la placa.* |

Características técnicas:

* Clock Speed 🡪 80 MHz (ampliable hasta 160 MHz).
* Frecuencia de Cristal oscilador 🡪 24 – 52 MHz.
* RAM máxima 🡪 50 KB.
* Memoria SPI Flash externa 🡪 512 KB – 16 MB.
* Tensión de alimentación 🡪 3.3 V.
* Corriente Deep Sleep 🡪 20 uA.
* Corriente TX máxima 🡪 170 mA.
* Corriente RX máxima 🡪 56 mA.
* Rango de temperatura 🡪 -40 – 125 °C.
* Temperatura de soldadura 🡪 260 °C.
* Tensión de salida en pines GPIO 🡪 3.3V.
* Máxima corriente de salida en pines GPIO 🡪 12 mA.
* Señal digital de entrada LOW -> -0.3 – 0.825 V.
* Señal digital de entrada HIGH -> 2.475 – 3.6 V.
* Señal digital de salida LOW -> 0 - 0.33 V.
* Señal digital de salida HIGH -> 2.64 – 3.3 V.

Los pines GPIO 6, 7, 8 y 11 están destinados a la memoria SPI Flash externa y por ello no han sido contados como pines libres GPIO.

La memoria RAM instalada tanto en el ESP8266EX del ESP-01 como en el ESP8266MOD es de 36 KB.

La Frecuencia de Cristal Oscilador soportadas tanto por el ESP8266EX del ESP-01 como por el ESP8266MOD es de 24 MHz, 26 MHz y 40 MHz.

***Velocidad de transmisión según frecuencia de cristal.***

|  |  |
| --- | --- |
| **Frecuencia de Cristal (MHz)** | **Velocidad de transmisión (baudios)** |
| 26 | 74880 |
| 40 | 115200 |

#### Señal de alimentación de la placa.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

#### Regulador NCP1117ST33T3G

Características técnicas:

* Encapsulado tipo SOT-223.
* No requiere carga mínima para una ajuste fijo de 3.3V en la salida.
* Tensión de entrada máxima 🡪 20 V
* Corriente máxima de salida 🡪 1.5 A (No excederse de 1 A para una entrada superior a 12 V).

|  |
| --- |
| Potencia disipada por el componente:  = rango de temperatura de la unión = -55 – 150 °C. Se escoge el valor máximo para el cálculo de la mayor potencia disipada por el componente (en este caso, 150 °C).  = resistencia térmica, unión-ambiente = 160 °C/W.  = temperatura ambiente 🡪 rangos recomendados máximos = 0 - 125 °C.  .  .  Consumo del componente mediante una alimentación de 5V o por µUSB:  .  . |

* Line Regulation: Capacidad de mantener la tensión de salida respecto a las variaciones en la señal de entrada 🡪 0.8 - 4.5 %/mV.
* Load Regulation: Capacidad de mantener la tensión de salida ante cambios en el consumo de corriente de la carga 🡪 4.3 - 10 %/mV.
* Dropout Voltage: Mínima diferencia de tensión entre entrada-salida para que pueda realizarse la regulación de tensión correctamente.
  + Vout = 3.3V, Iout = 800 mA 🡪 1.07-1.20 V 🡪 4.5 V minimo.
  + Vout = 3.3V, Iout = 500 mA 🡪 1.01-1.15 V 🡪 4.45 V minimo.
  + Vout = 3.3V, Iout = 100 mA 🡪 0.95-1.10 V 🡪 4.4 V minimo.

#### Configuración de los botones de la placa NodeMCU.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *Esquema eléctrico del Botón RST (Reset).* | *Esquema eléctrico del Botón Flash.* |

La placa NodeMCU se puede reiniciar cuando en el pin RST (Reset) se aplica una señal de estado bajo. El pin RST de la placa está conectado de forma que su estado es normalmente alto, como se puede comprobar en el esquema estando conectado a la señal de 3.3V. Cuando se pulsa el botón RST, el pin pasa a estar en estado bajo provocando el reinicio de la placa. De la misma forma, si se desea aplicar el estado de la placa deep-sleep para ahorrar energía se debe conectar el pin GPIO 16 directamente al pin RST, de esa forma, cuando se señale a través del pin GPIO 16 una señal de estado bajo la placa se reiniciará al igual que si se hubiera pulsado el botón RST. Se puede aplicar un temporizador mediante el pin GPIO 16 que “despierte” a la placa cuando entre en estado deep-sleep, sólo cambiando el estado de salida de ese pin GPIO.

El botón Flash permite que la placa entre en modo FLASH para que pueda almacenar los datos de los programas que se le pasará para que ejecute las operaciones deseadas. En el caso de este proyecto, permite el almacenamiento del Sketch de Arduino.

#### Modos de funcionamiento del ESP8266

El ESP8266 tiene dos modos de funcionamiento:

* Modo UART, es el funcionamiento normal, ejecutando las órdenes almacenadas en el programa que le ha sido enviado.
* Modo FLASH, permite el almacenamiento de los programas en la memoria de la placa.

Para configurar modos de funcionamiento se debe cumplir las siguientes condiciones:

* El pin GPIO 15 debe de tener un estado normalmente bajo.
* El pin GPIO 2 debe de tener un estado normalmente alto.
* El pin GPIO 0 es el que conmutará, según su estado, el modo en el que funcionará la placa .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | | **Modo** | **GPIO 15** | **GPIO 2** | **GPIO 0** | | UART | LOW | HIGH | HIGH | | FLASH | LOW | HIGH | LOW | |
|  |
| *Configuración de los modos.* |
|  |
| *Configuración electrónica de los pines.* |

## Alimentación del robot.

Para determinar la alimentación del robot se ha tenido en cuenta el máximo consumo de cada componente, con el fin de determinar el máximo consumo posible total en el robot.

Componentes que consumen corriente en el robot:

* El módulo de control dispone de una placa NodeMCU.
* El módulo de comunicación dispone de una placa NodeMCU.
* El módulo de locomoción dispone de dos motores DC.

### Módulo de control y módulo de comunicación.

Entre los dos módulos se dispone de dos placas NodeMCU. Estas placas están formadas por un ESP8266 y un regulador de tensión de 5V a 3.3V. Estos dos componentes son los elementos que consumen más corriente, y son los que se tienen en cuenta en el cálculo del consumo.

* El microcontrolador ESP8266 tiene un consumo máximo de 170 mA, con una tensión de 3.3V de entrada.
* El regulador de tensión tiene un consumo máximo de 200 mA, con una tensión de entrada de 5V.

El consumo total máximo de cada placa NodeMCU es de 370 mA. Como se dispone de dos placas, en total se tiene un consumo máximo de 740 mA.

### Módulo de locomoción.

Se ha utilizado una placa controladora de motores DC, con puente H, L9110 que permite la alimentación de un motor de hasta 800 mA. Por tanto el consumo máximo permitido es de 800 mA, por motor, obteniendo un consumo máximo permitido de 1600 mA, con dos motores.

### Consumo total del robot máximo.

El consumo máximo total del robot, obtenido de sumar el consumo de los diferentes módulos que disponen de componentes que tienen un consumo eléctrico es de:

|  |  |
| --- | --- |
| **Módulo** | **Corriente consumida (mA)** |
| Control | 370 |
| Comunicación | 370 |
| Locomoción | 1600 |
| **TOTAL** | **2340** |

**Batería:**

Ante el consumo máximo calculado, de 2340 mA, la mejor batería, teniendo en cuenta también el precio de la misma, es una batería de 3000 mAh.

## Conector de los módulos.

El conector es la parte del módulo que permite la conexión de dos módulos y se encarga de transmitir la señal de alimentación. Se busca utilizar como conector algo similar a lo siguiente:

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Estos conectores están formados por:

1. Conductores Pogo-Pin.
2. Imanes que permitan conectar dos conectores de forma magnética.

### Conductores Pogo-Pin.

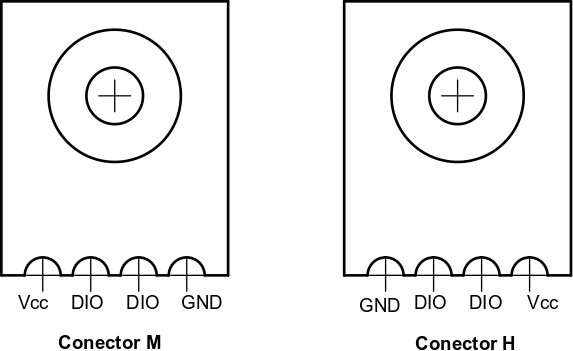
|  |
| --- |
|  |
| *Forma de conductor Pogo-Pin de dos conductores.* |

Características técnicas:

* Temperatura de funcionamiento nominal 🡪 -20 – 70 °C.
* Temperatura máxima soportada 🡪 270 °C.
* Máximo voltaje soportado 🡪 500 V.
* Voltaje nominal 🡪 12V.
* Corriente nominal 🡪 1 – 5V.
* Tiempo de funcionamiento 🡪 100.000 usos.

La cantidad de conductores a utilizar depende de los datos que se quieran transmitir, en este caso, el mínimo es de dos conductores () ya que se busca transmitir la señal de alimentación, pero se ha optado por tener cuatro conductores Pogo-Pin para poder transmitir señales digitales de control para los sensores y/o motores.

Las señales de los conductores dependen del tipo de conductor. Hay dos tipos de disposición de los conductores, según sea conductor M o conductor H (usando como referencia la parte superior del conductor):



### Conexión magnética.

La conexión magnética puede realizarse de 2 formas:

1. Mediante Imanes con agujeros centrados y atornillados, siendo esta la forma más fiable en asegurar la posición de los imanes pero debido a la fragilidad de los imanes puede llevar a su rotura.
2. Mediante imanes insertados en un hueco hecho en la carcasa con las medidas exactas del imán y pegados en él. De esta forma tenemos dos posibilidades:
   1. Imán externo, se dispone de más potencia por el contacto directo con el imán pero puede ocasionar problemas al poder desprenderse de la carcasa por los numerosos contactos con los diferentes conectores.
   2. Imán interno, puede perder un poco de potencia debido a la capa de carcasa que lo separa del exterior pero proporciona más seguridad dificultando que el imán se desprenda del hueco de la carcasa.

**TIPOS DE IMANES:**

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *Imán con agujero centrado.* | *Imán para insertar en carcasa.* |

Como las piezas de robot se están haciendo a medida y es posible incorporar un hueco para los imanes, la opción por la que se ha optado es la de insertar un imán rectangular, en un hueco en la carcasa. Además para garantizar el mantenimiento del conector se ha optado por dejar el imán en el interior de la carcasa.

Los imanes que se han utilizado son imanes de Neodimio de medidas 20x10x2 mm.

## Diseño de las piezas.

Las piezas han sido diseñadas utilizando el programa de diseño 3D FreeCAD para poder imprimirlas con una impresora 3D.

Modelos 3D realizados:

* Módulo de Control.
* Módulo de Alimentación.
* Módulo de Comunicación.
* Módulo de Locomoción.
* Conector magnético H.
* Conector magnético M.

Problemas encontrados:

* Medidas de las piezas, limitadas por diferentes elementos, denominados como ***factores limitantes***.
* Posición firme de los conectores para que aguanten el peso de los módulos.
* Acceso a los puertos USB.

### Factores limitantes.

En el diseño de las piezas del robot se han tenido en cuenta una serie de factores limitantes que han determinado el tamaño de cada pieza. Estos limitantes han sido:

* La batería, con unas medidas de 95x27x26 mm.
* La placa controladora NodeMCU, con unas medidas de 58x30x20 mm.
* El hueco para los conectores, con unas medidas de 60x30x10 mm, cada uno.

**Batería.**

El tamaño de la batería ha sido forzado debido a encontrar una batería que cumpla las condiciones requeridas a un mejor precio.

**NodeMCU.**

Elegido por cumplir de la mejor forma las especificaciones que se requieren.

**Conectores.**

Hay dos tipos de conectores, conector H y conector M.

Los conectores consisten en dos piezas unidas mediante un tornillo de medidas M3x6 mm. En la mitad de la pieza, se dispone de un hueco para colocar los conductores Pogo-Pin. Las dos piezas se denominan como:

* Parte superior.

Los dos tipos de conectores tienen en la zona inferior la mitad del hueco dejado para incorporar el Pogo-Pin y en la zona superior un hueco para atornillar la pieza y dejarla unida a la parte inferior.

El conector H tiene unas medidas de 14.5x12x7.25 mm.

El conector M tiene unas medidas de 14.5x12x6.25 mm.

El hueco para el tornillo dispone también de un hueco para la cabeza del tornillo.

* Parte inferior.

Los dos tipos de conectores tienen en la mitad de la pieza un hueco, de 12.5 mm de ancho, dejado para incorporar la parte superior y se dispone en esa zona de la otra mitad del hueco para el Pogo-Pin. La diferencia entre tipos está en el hueco dejado para la parte superior.

Se ha dejado un hueco para la tuerca del tornillo que une las dos partes del conector.

En los laterales de la pieza se han colocado cuatro agarres con huecos para tornillos de medidas M3x6 mm, dos agarres a cada lado. Los agarres de la pieza tienen una superficie de 9.5x9 mm. Con el fin de garantizar el agarre de la pieza se ha dejado una grosor de 2 mm en el agarre del conector y en el lado del módulo correspondiente, y teniendo en cuenta que se han dejado 3 mm para la cabeza de los tornillos y 3 mm para la tuerca del tornillo correspondiente, se obtiene un grosor de la pieza de 10 mm.

A cada lado del Pogo-Pin, a 1.25 mm de distancia, hay un hueco para introducir un imán rectangular de medidas 20x10 mm. Los huecos para los imanes tienen unas medidas de 21x11x9 mm y están dispuestos de forma vertical, ya que permite una reducción del tamaño de la pieza en comparación con una posición horizontal. La distancia entre el borde del conector y el hueco para el imán es de 2 mm.

Con todo esto, cada componente que forma el conector está ajustado a medida dejando el mínimo espacio entre ellas para reducir al máximo el tamaño de la pieza dejando unas medidas generales del conector de 59x29x10 mm.

### Factores generales.

* Para disponer de acceso al interior de los módulos se han dejado a los extremos de las carcasas espacios para disponer de una serie de tapas en los módulos, haciendo que el módulo quede dividido en diferentes partes, la carcasa principal y las correspondientes tapas del módulo.
* La unión de las diferentes partes del módulo, carcasa y tapas, se realiza mediante tornillos de medidas M3x10 mm, con punta. La unión de piezas dentro de cada parte del módulo o la conexión del conector al módulo se realiza mediante tornillos de medidas M3x6 mm, sin punta.
* Para que los tornillos queden dentro de las piezas y no sobresalgan al exterior, se han dejado huecos de 3 mm de grosor para tapar la cabeza del tornillo y, en el caso de que tenga, la tuerca del correspondiente tornillo. Se han dejado dos tipos de superficies para los tornillos: cuadrada de 10x10 mm y circular de 7 mm de diámetro.
* En los extremos de las carcasas se han dejado esquinas de un grosor de 10 mm con el fin de que los tornillos de unión de las diferentes partes del módulo queden agarrados en una buena masa de material sólido.
* Las tapas tienen un grosor de 5 mm.

### Módulo de control.

El módulo completo tiene unas dimensiones de 130x70x60 mm.

El módulo consiste en dos tapas, en las que se posicionan la placa NodeMCU (Tapa A) y la placa 5V (Tapa B), y la carcasa principal.

* Carcasa principal.

La carcasa mide 120x70x60 mm.

Dispone de cuatro huecos para conectores, en las secciones de 130 mm.

Dispone de un hueco de dimensiones 15x10x5 mm para el acceso al USB.

* Tapa A.

La tapa A mide 70x60x5 mm.

Dispone de 4 agujeros de 3 mm de diámetro para poder atornillar la placa NodeMCU mediante unas tuercas de tamaño M3x8 mm.

* Tapa B.

La tapa B mide 70x60x5 mm.

Dispone de un par de clavijas para sujetar la placa 5V y de un soporte atornillado para evitar que se pueda salir por los laterales.

### Módulo de comunicación.

El módulo completo tiene unas dimensiones de 130x70x63 mm.

El módulo tiene forma de trapecio con uno de sus lados de 130 mm y los otros tres de 70 mm. El trapecio tiene una altura de 63 mm y el lado de 130 mm está destinado a ser el que se una con el módulo de control o a un módulo de alimentación si se quiere un funcionamiento desconectado del módulo de control.

El módulo consiste en dos tapas, en las que se posicionan la placa NodeMCU (Tapa A) y la placa 5V (Tapa B), y la carcasa principal.

* Carcasa principal.

La carcasa mide 130x70x63 mm.

Dispone de cuatro huecos para conectores, uno de ellos en la sección de 130x70 mm y los otros tres en las secciones de 70x70 mm, es decir, uno en cada lado del trapecio.

* Tapa A.

La tapa A mide 70x63x5 mm.

Dispone de cuatro agujeros de 3 mm de diámetro para poder atornillar la placa NodeMCU mediante unas tuercas de tamaño M3x8 mm.

* Tapa B.

La tapa B mide 70x63x5 mm.

Dispone de un par de clavijas para sujetar la placa 5V y de un soporte atornillado para evitar que se pueda salir por los laterales.

### Módulo de alimentación.

El módulo completo tiene unas dimensiones de 130x60x60 mm.

El módulo consiste en una tapa, un soporte y la carcasa principal.

* Carcasa principal.

La carcasa mide 130x60x55 mm.

Dispone de un hueco para la batería, que es la que limita el tamaño de los 130 mm, que mide 100x30x30 mm. La batería mide 95 mm por lo que se debe disponer de un hueco mayor a esa medida, dejando 100 mm de hueco para la batería, 10 mm para el cableado y 10 mm a cada lado para los tornillos de la tapa, se obtiene una medida de 130 mm.

El hueco para la batería dispone de un hueco de 10x5x10 mm para que pase el cableado.

Dispone de un hueco para un conector, en uno de los laterales de 130 mm.

Dispone de un hueco de dimensiones 15x10x5 mm para el acceso al USB en uno de los laterales de 60x60 mm.

* Tapa.

La tapa mide 130x60x5 mm.

Su uso es únicamente permitir el acceso al interior del módulo.

* Soporte.

El soporte rodea a la batería haciendo que quede totalmente cubierta, excepto por un hueco de 10x5x20 mm destinado a que pase el cableado.

Dispone de un par de clavijas para sujetar al cargador de la batería, posicionadas en uno de los extremos del soporte de forma que quede conectado al hueco dejado para el acceso al USB.