



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

# **DISEÑO DE UNA PLACA ELECTRÓNICA MODULAR PARA EL MICROCONTROLADOR NODEMCU V3**

AUTOR: JOAQUÍN BLAS GASCÓN BONONAD

TUTOR: LEOPOLDO ARMESTO ÁNGEL

**Curso Académico: 2018-19**



## RESUMEN

El presente Trabajo de Final de Grado pretende diseñar una placa electrónica modular con la que poder ensamblar el microcontrolador NodeMCU V3 para, por un lado, facilitar la conexión de servomotores a sus pines digitales para el desarrollo de programas y ensayos y, por otro lado, incorporar un sistema de alimentación mediante una batería de iones de litio, con el que poder cargar, proteger y elevar la tensión de la batería.

El procedimiento llevado a cabo para su realización ha comenzado por el diseño de un esquemático del circuito electrónico, seguido del diseño de la placa de circuito impreso, montaje y ensamblado de los componentes y finalmente, la comprobación de funcionamiento mediante la realización de diversos ensayos.

**Palabras clave:** NodeMCU, electrónica, diseño, shield, Arduino, batería, ESP8266 ,

## RESUM

El present Treball de Fi de Grau pretén dissenyar una placa electrònica modular amb la qual poder acoblar el microcontrolador NodeMCU V3 per a, per una banda, facilitar la connexió de servomotors als seus pins digitals per al desenvolupament de programes i assajos i, per altra banda, incorporar un sistema d'alimentació mitjançant bateries de ions de liti, amb el que poder carregar, protegir i elevar la tensió de la bateria.

El procediment dut a terme per a la seua realització ha començat per el disseny d'un esquemàtic del circuit electrònic, seguit del disseny de la placa de circuit imprès, muntatge i acoblament dels components i finalment, la comprovació de funcionament mitjançant la realització de diversos assajos.

**Paraules clau:** NodeMCU, electrònica, disseny, shield, Arduino, bateria, ESP8266.

## ABSTRACT

The present Final Degree Project proposes the design of a modular electronic board to assemble the microcontroller NodeMCU V3 to, on the one hand, illustrate an easier connection for servomotors to its digital pins to develop programs and tests and, on the other hand, to integrate a power system by means of one lithium battery, which charge, protect and step-up voltage system.

The procedure performed has begun by designing the schematic of the electronic circuitry, followed by designing the printed circuit board, mounting and assembling of the components and finally, by testing its functionalities by the implementation of test.

**Keywords:** NodeMCU, electronics, design, shield, Arduino, battery, ESP8266

# DISEÑO DE UNA PLACA ELECTRÓNICA MODULAR PARA EL MICROCONTROLADOR NODEMCU V3

# **DOCUMENTOS CONTENIDOS EN EL TFG**

Memoria

Presupuesto

Planos

Anexo

# DISEÑO DE UNA PLACA ELECTRÓNICA MODULAR PARA EL MICROCONTROLADOR NODEMCU V3

# **DOCUMENTO Nº 1: MEMORIA**

# ÍNDICE DE LA MEMORIA

1.	INTRODUCCIÓN .....	5
1.1.	Antecedentes y NodeMCU .....	5
1.2.	Motivación.....	6
1.2.1.	Alternativas a NodeMCU.....	6
1.2.2.	Inconvenientes de la NodeMCU.....	9
1.3.	Baterías.....	10
1.4.	Objetivos.....	12
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1.	Componentes .....	13
2.1.1.	Elementos pasivos .....	13
2.1.2.	Transistores .....	13
2.1.3.	Circuitos integrados.....	13
2.1.4.	Microcontrolador .....	13
2.1.5.	Otros elementos.....	13
2.2.	Software .....	14
2.2.1.	KiCad.....	14
2.2.2.	Arduino IDE.....	15
2.2.3.	Matlab .....	15
2.3.	Herramientas.....	15
3.	DISEÑO Y ENSAMBLADO DE LA PLACA.....	16
3.1.	Diagrama esquemático.....	16
3.1.1.	Cálculo de resistencias programables .....	17
3.2.	Diseño de la PCB.....	19
3.2.1.	Distribución de la placa .....	19
3.2.2.	Capas .....	20
3.2.3.	Cálculo de la anchura de pista de la PCB.....	21
3.3.	Diseño final de la placa.....	22
4.	ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLACA.....	23
4.1.	Comprobación del estado de fabricación.....	23
4.2.	Rendimiento de la placa .....	24

4.3.	Metodología de recopilación de datos.....	26
4.4.	Funcionamiento en condición de sobredescarga.....	27
4.5.	Funcionamiento en condición de sobrecarga .....	29
4.6.	Sistema de carga compartida .....	31
4.7.	Prueba de funcionamiento con servomotores.....	33
5.	VALORACIÓN DE RESULTADOS.....	36
5.1.	Conclusiones.....	36
5.2.	Líneas futuras y propuestas de mejora .....	36
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	38

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. NodeMCU V3 LoLin.....	6
Ilustración 2. Comparación entre versiones V2 y V3 .....	7
Ilustración 3. Arduino MKR1010 WiFi .....	7
Ilustración 4. Wemos D1 mini .....	9
Ilustración 5. Colocación de la NodeMCU sobre la protoboard.....	9
Ilustración 6. Shield para la placa de desarrollo NodeMCU V3.....	10
Ilustración 7. Captura del desarrollo del esquemático en KiCad .....	17
Ilustración 8. Croquis de distribución de la placa electrónica modular .....	19
Ilustración 9. Pines de conexión de servomotor .....	20
Ilustración 10. Captura del desarrollo de la placa de circuito impreso en KiCad.....	21
Ilustración 11. Modelo 3D de la placa electrónica modular .....	22
Ilustración 12. Comparación del tamaño entre placas .....	23
Ilustración 13. Rendimiento del elevador .....	25
Ilustración 14. Recopilación y análisis de datos a través de Arduino y Matlab. ....	26
Ilustración 15. Prueba de funcionamiento en sobredescarga .....	28
Ilustración 16. Ciclo de carga de la batería a través del TP4056.....	29
Ilustración 17. Prueba de funcionamiento en sobrecarga .....	30
Ilustración 18. Ensayo de funcionamiento de la carga compartida .....	32
Ilustración 19. Servomotor SG90 .....	33
Ilustración 20. Resultado de la prueba de servomotores a 3,7 V .....	34
Ilustración 21. Prueba servomotores a 4,1 V .....	35

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las características de las placas de desarrollo .....	8
Tabla 2. Lista de componentes de la placa.....	14
Tabla 3. Tensión de salida en ensayo de rendimiento .....	24
Tabla 4. Corriente absorbida en ensayo de rendimiento.....	24
Tabla 5. Corriente de salida en ensayo de rendimiento .....	25

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes y NodeMCU

El mundo de la electrónica y de la programación de hardware comenzó una revolución en 2005 en el Instituto de Diseño Interactivo de Ivrea, con la aparición de *Arduino*. Esta plataforma de hardware libre tenía un propósito educacional, con precios accesibles y fácil lenguaje de programación (basado en C++), para que los estudiantes y usuarios de la plataforma aprendieran a través de la práctica (*learn-by-doing*).

Desde entonces, se ha formado una enorme comunidad mundial alrededor de esta plataforma formada por ingenieros, desarrolladores, diseñadores y estudiantes, que comparten sus conocimientos y proyectos. Además de la comunidad, también ha crecido la propia fundación *Arduino*, desarrollando distintas placas de desarrollo con distintas funciones y especificaciones, creando diversas librerías de software, con el fin de expandir las posibilidades y la creatividad de la comunidad.

Actualmente, la gama de microcontroladores de *Arduino* es muy utilizada en el mercado del Internet de las Cosas (*Internet of Things*). Gracias a la posibilidad de conexión vía Bluetooth y WIFI unidas al bajo coste de estos kits de desarrollo, se ha conseguido acelerar este concepto en un proceso que aproxima cada vez más el día de hoy hacia el futuro.

A raíz de esto, muchas empresas han visto un importante nicho de mercado dentro de mundo del Internet de las Cosas, ya que la plataforma Arduino no está enfocada exclusivamente a esta corriente de desarrollo. Espressif Systems es una multinacional nacida en 2008 que ha desarrollado los dos chips más representativos dentro del Internet de las cosas, el ESP-8266 y el ESP-32. En su interior, se integran diversos componentes, donde destacan un procesador de 32 bits y un módulo con conectividad WIFI completa.

Pero no fue hasta el año 2014, que la presencia de ambos chips tomó cierta relevancia con la aparición de los módulos ESP01 del fabricante Ai-Thinker, que incorporaban al ESP-8266. También tomó importancia con la llegada del firmware de NodeMCU, que permitía programar con Lua (un lenguaje basado en C y Perl). Hasta entonces, la comunicación con este chip era difícil ya que la documentación era escasa y la poca existente se encontraba en chino, además de que su software de desarrollo era poco accesible y complejo. Pero el mayor logro fue la liberación por parte de la comunidad de Kits de Desarrollo de Software alternativos de Libre Acceso basados en la cadena de herramientas GCC (*GNU Compiler Collection toolchain*), con lo que se permitiría programar en el entorno de Arduino.

Con todo ello, diversos fabricantes empezaron a producir placas de desarrollo basadas en estos chips, donde destacan entre otras NodeMCU y WeMos.

NodeMCU es una plataforma dedicada al desarrollo del firmware de código abierto del chip ESP-8266 y de placas basadas en él. En la actualidad, esta plataforma está centrada en la fabricación de hardware de desarrollo debido, a que la posibilidad de programar estos chips en entornos tales como Arduino y

Python han dejado a un lado la presencia e interés de Lua, por no ser un lenguaje de programación tan extendido.

Dentro de la gama de placas de desarrollo NodeMCU, se ha escogido la NodeMCU V3 LoLin. Entre sus características principales destacan:

- Voltaje operativo: 3,3 V.
- Corriente de consumo: 10  $\mu$ A – 170 mA.
- Procesador: Tensilica L106 de 32 bit.
- Velocidad de reloj: 80 – 160 MHz.
- Memoria RAM: 50 kB.
- Memoria Flash: 16 MB.
- Wifi: 2,4 GHz 802.11 b/g/n
- Pines: 17 de entrada y salida de propósito general.
- Precio: 2 – 3 €.



Ilustración 1. NodeMCU V3 LoLin

## 1.2. Motivación

### 1.2.1. Alternativas a NodeMCU

A continuación, se analizan las diferentes alternativas en placas de desarrollo del mercado para mostrar y justificar porque se ha elegido la NodeMCU V3 con respecto a las demás.

Cabe destacar que las diferencias entre el chip ESP-8266 y el chip ESP-32 son que el segundo además de conexión WIFI dispone también de conexión BLE (*Bluetooth Low Energy*) y que el coste de los kits que lo incorporan, triplican o hasta cuadruplican en algunos casos al elegido en nuestro proyecto. Al ya disponer de la conexión WIFI, el Bluetooth no es necesario en la mayoría de proyectos, pero el incremento de precio si supone un gasto a tener en cuenta.

También debe recalcar la diferencia entre la segunda versión (también llamada Amica) y la tercera de la NodeMCU, ya que en las tiendas donde normalmente se adquiere esta clase de productos suele producirse cierta confusión por errores de nomenclatura como, por ejemplo: 'NodeMCU V2 LoLin' o 'NodeMCU Amica V3. En cuanto a especificaciones son prácticamente iguales, solo cambia el precio,

## DISEÑO DE UNA PLACA ELECTRÓNICA MODULAR PARA EL MICROCONTROLADOR NODEMCU V3

que la versión segunda se encuentra entre cincuenta céntimos y un euro superior; el tamaño, donde la versión V2 es más pequeña que versión posterior; y el conversor serial USB/TTL. La anterior versión incorpora el conversor CP2102 mientras que la versión actual integra el CH340G, que según el fabricante consigue mejorar la robustez del puerto USB.

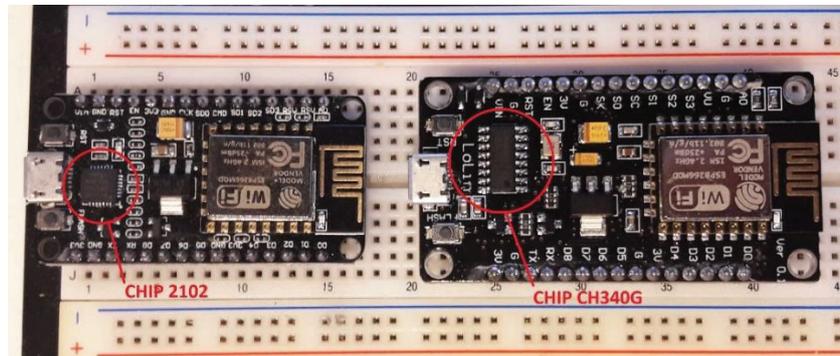


Ilustración 2. Comparación entre versiones V2 y V3

En cuanto a las placas de desarrollo de *Arduino*, las principales y más accesibles no incorporan conexión WIFI, por lo que se deberían buscar módulos compatibles que añadieran esta funcionalidad para poder hacer frente a la NodeMCU, incrementado el coste de futuros proyectos. Por ello, la plataforma ha sido consciente de su importante impacto en la evolución del Internet de las Cosas y ha desarrollado varias alternativas que integran conectividad WIFI completa. Dentro de las diferentes versiones, tan solo existe una, capaz de rivalizar a la NodeMCU, debido a que el rango de precios en el que se encuentran las demás versiones supera los treinta euros, razón suficiente para no mostrar interés hacia ellas.

La placa *Arduino MKR WIFI 1010* está equipada con el módulo ESP-32 nombrado anteriormente, pero además dispone del Cryptochip ECC508 de Microchip, que garantiza la seguridad de la comunicación a través de la encriptación SHA-256. Además, incorpora también un circuito de carga de baterías de polímeros de litio, con el que se puede operar desde una fuente de alimentación externa como de las propias baterías y cambiar de una fuente a otra sin problemas. La carga de las baterías se realiza a través del mismo puerto micro-USB de la MKR WIFI 1010, mientras es provista de cinco voltios por una fuente de alimentación externa, sin añadir puertos adicionales que puedan dar a errores de montaje.



Ilustración 3. Arduino MKR1010 WiFi

	NANO	UNO	MEGA	MKR WIFI 1010	NODEMCU V3
Tensión de alimentación (V)	5	5	5	5	5
Nº pines digitales	22	14	54	8	9
Nº pines analógicos	8	6	16	7	1
Memoria flash (Kb)	32	32	256	256	4096
SRAM (Kb)	2	2	8	32	50
Velocidad de reloj (MHz)	16	16	16	32	80-160
Arquitectura (bits)	16	16	16	32	32
Precio (€)	2,50-3	3-4	6-8	27,90	2-3

Tabla 1. Comparación de las características de las placas de desarrollo

Como puede observarse en la Tabla 1, la NodeMCU supera en prácticamente en todos los aspectos a las de *Arduino*. El único inconveniente que presenta la placa escogida en el trabajo frente a las demás, es el limitado número de pines, tanto analógicos como digitales. En caso de que en futuros proyectos se necesitara una mayor cantidad de pines, se buscaría por otras alternativas más adecuadas a la placa escogida.

Por último, es necesario destacar el microcontrolador *WeMos D1 mini*, que es el competidor más directo a la NodeMCU V3. Esta placa presenta las mismas especificaciones que la escogida para el trabajo. Las diferencias son el precio, que presenta un coste inferior en aproximadamente 50 céntimos, el número de pines es menor, once frente a los diecisiete de la NodeMCU y que el patillaje de los pines (*headers*) no va soldado. Esta opción queda descartada por incorporar menos pines con los que experimentar y por añadir la labor de soldar el patillaje para poder trabajar con ella.

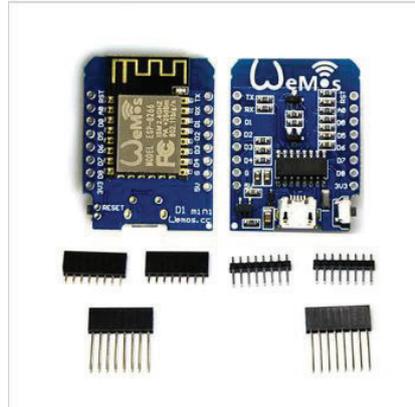


Ilustración 4. Wemos D1 mini

### 1.2.2. Inconvenientes de la NodeMCU

Acto seguido, se describen los problemas que presenta la placa de desarrollo NodeMCU para trabajar con ella, con el propósito de solucionarlos o mermarlos a través de la placa electrónica modular.

En primer lugar, no es posible trabajar con una *protoboard* puesto que el microcontrolador presenta una medida entre pines de 27,94 mm (11\*0,1 pulgadas) ocupando las 10 pistas verticales, sin quedar ninguna libre con la que poder realizar conexiones. Este inconveniente puede ser solucionado colocando el kit de desarrollo en dos *protoboard*, dejando las pistas verticales libres que sean convenientes.

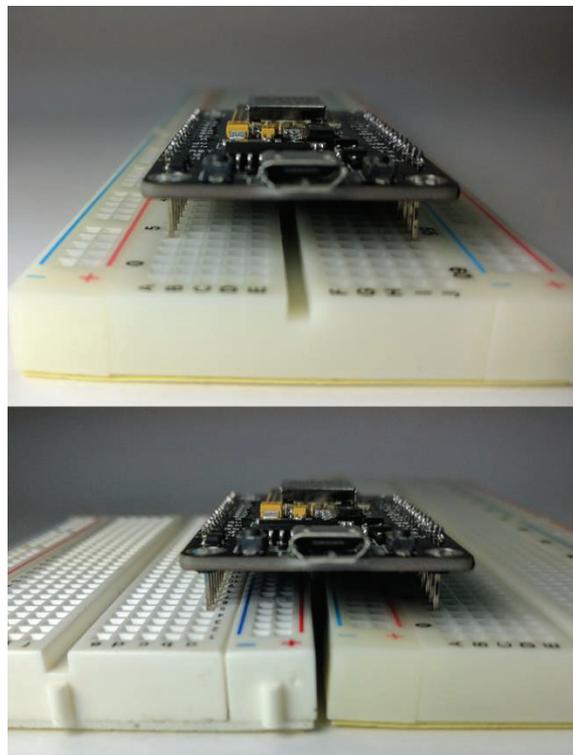


Ilustración 5. Colocación de la NodeMCU sobre la protoboard

En segundo lugar, tan solo existe una única placa electrónica modular en el mercado. Esta placa modular o *shield* no aporta mejoras en lo que concierne a la conexión directa de sensores y actuadores. Particularmente, extiende tan solo los pines digitales en cuatro hileras verticales que extienden los mismos pines cuatro veces, sin aportar ninguna hilera horizontal para la alimentación a cinco o tres voltios ni para la conexión a tierra, maniobra que permitiría la conexión directa de sensores o actuadores, tales como servomotores. Los pines de alimentación que aporta esta *shield* están situados al lado opuesto de los pines digitales, separándolos con una distancia considerable a la hora de realizar conexiones. Cabe destacar que la placa modular incluye un puerto para suministrar alimentación a través de una fuente externa.

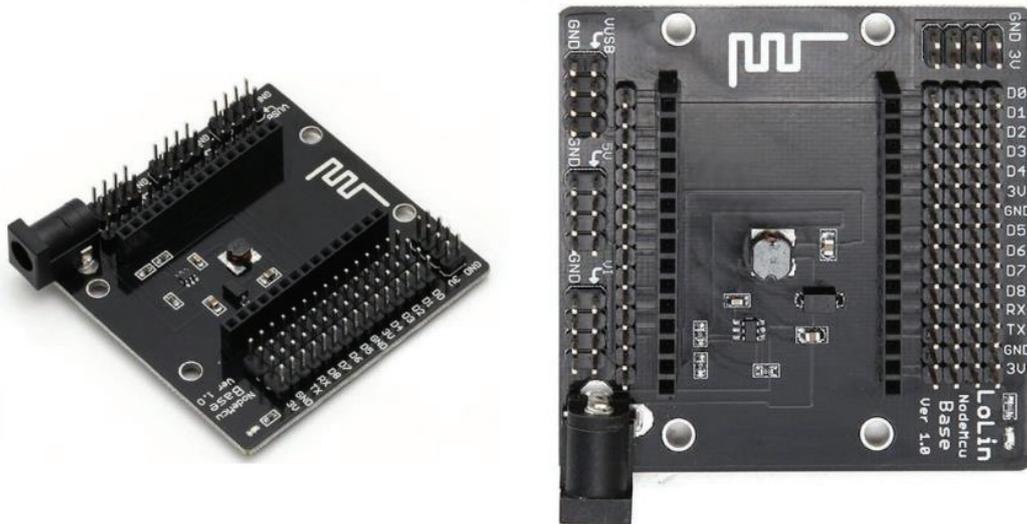


Ilustración 6. Shield para la placa de desarrollo NodeMCU V3

### 1.3. Baterías

Muchos de los proyectos que se llevan a cabo en Arduino requieren de alimentación mediante baterías, ya sea por cuestiones de movilidad y transporte, o por disponer de un sistema de alimentación ininterrumpida con el que poder tolerar desconexiones puntuales en la red eléctrica.

Existen clases de baterías según de que material estén fabricadas las celdas electroquímicas de la misma. La elección del tipo de batería debe efectuarse acorde a las necesidades del proyecto y del presupuesto disponible. Las más empleadas en los proyectos de electrónica con *Arduino* o placas de desarrollo similares son:

### 1.3.1. Baterías de Níquel-Cadmio

Emplean un ánodo de cadmio y un cátodo de hidróxido de níquel. Son recargables y presentan un amplio rango de temperaturas de funcionamiento. Sus principales inconvenientes son su baja densidad energética, alrededor de los 50Wh/kg, un corto ciclo de vida (alrededor de los 500 ciclos de carga), y un efecto memoria elevado, que consiste en la reducción de la capacidad total de las baterías debido a ciclos de recarga incompletos.

### 1.3.2. Baterías alcalinas

Estas baterías (o comúnmente llamadas pilas), utilizan una reacción química de dióxido de magnesio y zinc para poder generar una corriente eléctrica e hidróxido de potasio como electrolito. Su mayor ventaja es la gran estabilidad que presenta la corriente que genera y, además, son fácilmente accesibles en la mayoría de los supermercados.

Su principal inconveniente es que no son recargables y deben ser depositadas en los puntos de recogida correspondientes para poder ser recicladas adecuadamente, ya que en desuso pueden generar fugas de hidróxido de potasio que es altamente contaminante y tóxico.

### 1.3.3. Baterías de litio

Las baterías de litio son las más empleadas en la actualidad puesto que son las que presentan un mayor rendimiento. Existen dos clases de baterías de litio: las de iones de litio y las de polímeros de litio.

Las baterías de iones de litio, como su propio nombre indica, emplean sales de litio, contenidas en un solvente orgánico líquido, como electrolito. Las principales características de esta clase de acumuladores son su largo periodo de vida útil (más de 1000 ciclos de carga), un rendimiento por ciclo superior al 95%, una densidad energética en torno a los 150 Wh/kg y una potencia específica de unos 200 W/kg.

Aunque su coste es más elevado que las anteriores en relación al kWh entregado, existe gran mercado alrededor de estos acumuladores por lo que pueden adquirirse en diversos portales de internet a precios asequibles.

Las baterías de polímeros de litio son muy similares a las de iones en cuanto a rendimiento y capacidad, solo que en estas las sales de litio están contenidas en un compuesto polimérico lo que les permite fabricarse con formas curvas o irregulares.

Dentro de las baterías de iones de litio, las más empleadas son las 18650. Estos números indican sus dimensiones: 18 mm de diámetro y 65 mm de alto. La capacidad media de este estándar de batería se encuentra entre los 2000 y los 3000 mAh y al presentar un tamaño estandarizado, son fácilmente intercambiables.



Ilustración 7. Batería de iones de litio modelo 18650

#### 1.4. Objetivos

De acuerdo con la introducción presentada, el objetivo del presente Trabajo de Final de Grado consiste en diseñar una placa electrónica modular para el microcontrolador NodeMCU V3, para expandir las funcionalidades de la placa y suplir los inconvenientes que presenta, de forma que se pueda trabajar de forma cómoda y eficiente. Adicionalmente, se pretenden cumplir los objetivos parciales siguientes:

- Extender las conexiones de los pines de la placa para facilitar y mejorar su accesibilidad.
- Incorporar una línea horizontal de pines para alimentación a cinco voltios y otra más para la conexión a tierra.
- Alimentar la placa NodeMCU a través de baterías de iones de litio.
- Incluir un circuito de carga seguro para la recarga de las mismas baterías de litio.
- Añadir un circuito convertidor DC-DC Boost con el que poder proveer de cinco voltios estables a la placa modular, para redirigirlos a sensores o actuadores conectados a la misma.
- Priorizar la alimentación de la placa NodeMCU a través de la conexión micro-usb frente a la alimentación por medio de las baterías.
- Evitar la inclusión de puertos micro-usb adicionales para el circuito de carga de las baterías.
- Accionar 8 servomotores SG90 de manera simultánea.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Componentes

#### 2.1.1. Elementos pasivos

Para el siguiente proyecto han sido empleados diversos componentes pasivos, así como resistencias, condensadores de aluminio y cerámicos, bobinas y, por último, diodos LED y Schottky.

#### 2.1.2. Transistores

Los dos transistores utilizados en el circuito pertenecen a la familia de los MOSFET.

El transistor AO3401, MOSFET de enriquecimiento de canal P, se encarga de anteponer la alimentación de la fuente de alimentación frente a las baterías mediante el sistema de carga compartida.

El transistor FS8205, MOSFET dual de canal N, se emplea en la protección de la carga de la batería junto con el integrado FS312-G.

#### 2.1.3. Circuitos integrados

El circuito integrado FP6298 es un circuito elevador (convertidor DC-DC boost) empleado para incrementar la tensión que proviene de la batería desde los 3,7 voltios a los 5 voltios.

El circuito integrado TP4056 es un cargador lineal de baterías de iones de litio y polímeros de litio a tensión y corriente constante.

El circuito integrado FS312F-G es un protector de deterioro y degradado de baterías impidiendo su sobrecarga y descarga completa.

#### 2.1.4. Microcontrolador

El microcontrolador seleccionado para la realización del proyecto es el NodeMCU V3 LoLin. Las razones por las cuales se ha optado por dicha placa han sido justificadas en apartados anteriores.

#### 2.1.5. Otros elementos

De igual manera, también se han utilizado otros componentes para armar la placa modular como son un interruptor, la batería de iones de litio de la serie 18650 y su correspondiente porta-pilas.

También se han empleado conectores de placa a placa macho y hembra de 2,54 mm para facilitar las conexiones.

Nº	COMPONENTE	CANTIDAD	HUELLA
1	Porta-baterias 18650 keystone modelo 1042	1	Huella propia
2	Condensador 0,1 uF	1	SMD 1206
3	Condensador 10 uF	1	SMD 1206
4	Condensador 22 uF	4	SMD 1206
5	Condensador aluminio 100 uF	2	SMD 6,3X5,4 mm
6	Diodo LED Verde	1	SMD 1206
7	Diodo LED Rojo	1	SMD 1206
8	Diodo Schottky BAT60	1	SMD (SOD-323)
9	Diodo Schottky SR54	1	DO-214
10	Conector macho 2,54mm 3 vias negro	11	THT
11	Conector macho 2,54mm 3 vias rojo	6	THT
12	Conector macho 2,54mm 3 vias azul	6	THT
13	Conector hembra 2,54mm 15 vias	2	THT
14	Bobina 3,3 uH	1	SMD 6,6X6,6 mm
15	Resistencia 100Ω	1	SMD1206
16	Resistencia 1kΩ	2	SMD1206
17	Resistencia 1,2kΩ	1	SMD1206
18	Resistencia 2kΩ	1	SMD1206
19	Resistencia 10kΩ	1	SMD1206
20	Resistencia 39kΩ	1	SMD1206
21	Resistencia 80,6kΩ	1	SMD1206
22	Resistencia 100kΩ	1	SMD1206
23	Circuito Integrado FP6298 (Step-Up)	1	SOP-8
24	CI TP4056 (Cargador de Bateria)	1	SOP-8
25	CI FS312F-G (Protector de bateria)	1	SOT-23-6
26	CI FS8205 (Mosfet canal N dual)	1	SOT-23-6
27	CI AO3401 (Mosfet canal P)	1	SOT-23
28	Interruptor	1	SMD 8,6X2mm

Tabla 2. Lista de componentes de la placa

## 2.2. Software

### 2.2.1. KiCad

KiCad constituye un paquete de programas para la automatización del diseño electrónico (EDA) de código abierto. Las principales aplicaciones que componen KiCad son un editor de esquemas, un editor de circuitos impresos y un visor de ficheros Gerber. Este software permite trabajar al mismo tiempo con todas las aplicaciones.

KiCad aloja todas sus librerías en la plataforma GitHub, donde se incluyen símbolos de esquemáticos, huellas de circuitos integrados, modelos 3D para posterior visualización de la placa e incluso plantillas de ejemplo. Estas son accesibles a todo el mundo y se puede contribuir libremente para mejorar los componentes existentes o crear nuevos.

Existen varios programas EDA alternativos como son Eagle, Altium, Fritzing o CircuitMaker. Se ha escogido KiCad de entre todos ellos para el desarrollo de la placa electrónica modular por tres razones: en primer lugar, por ser gratuito y de código abierto; en segundo lugar, por ser el más completo dentro del grupo de los gratuitos pudiendo realizar diseños con hasta 32 capas de cobre; y en tercer y último lugar, por ser ejecutable en múltiples sistemas operativos como Windows, Linux o MacOS.

### 2.2.2. Arduino IDE

Arduino IDE es un entorno de desarrollo integrado (*IDE*) con un lenguaje propio basado en C con el que poder generar los programas o *sketch* de proyectos de la plataforma Arduino.

Como se ha explicado anteriormente, la placa NodeMCU V3 es compatible con el entorno de programación de Arduino. Este ha sido empleado para crear varios *sketches* de prueba para comprobar que la placa de desarrollo funciona correctamente.

### 2.2.3. Matlab

Matlab es un entorno de desarrollo integrado optimizado para resolver problemas científicos y de ingeniería. Este software presenta un lenguaje de programación basado en matrices capaz de expresar de forma manejable las matemáticas computacionales. Adicionalmente, este entorno dispone de multitud de herramientas ya desarrolladas con las que poder trabajar en campos como la visión artificial, el procesamiento de señales, la robótica y los sistemas de control.

Para este proyecto, el software de desarrollo de Matlab ha sido utilizado para analizar los datos recogidos en las pruebas y ensayos de funcionamiento mediante la placa de desarrollo de Arduino UNO.

## 2.3. Herramientas

Para el montaje y soldadura de los componentes en la placa electrónica se ha empleado:

- Estación de soldadura
- Alambre de estaño bobinado de 1 mm
- Alambre de estaño bobinado de 0,56 mm
- Resina de soldadura
- Pinza de precisión 1
- Pinza de precisión 2
- Alicates de corte
- Lámina de cobre para desoldadura

Para comprobar el funcionamiento de la placa electrónica y de los componentes que incorpora se han utilizado:

- Multímetro
- Osciloscopio
- Fuente de Alimentación
- Cables cocodrilo-cocodrilo
- Cables banana-banana
- Cable micro-usb
- Servomotores SG-90
- Arduino UNO
- Cables de puente macho-macho
- Cables de puente macho-hembra

### 3. DISEÑO Y ENSAMBLADO DE LA PLACA

#### 3.1. Diagrama esquemático

Para poder realizar el diseño de la placa debe elaborarse previamente su esquemático, el plano de representación de los componentes característicos que constituyen la PCB y sus conexiones, mediante símbolos estandarizados simples.

En primer lugar, para la elaboración del esquemático, se han incluido en el plano todos y cada uno de los componentes que conforman la placa. Su ubicación no interviene en el diseño definitivo de la PCB por lo que han sido colocados a juicio del autor del proyecto. Los símbolos de la mayoría de los componentes se encuentran dentro de la librería de KiCad. Aquellos que no se han hallado, han sido creados mediante la herramienta de edición y creación que incluye el programa o han sido descargados de repositorios de distintas páginas web. En el presente trabajo, los símbolos del porta-pilas, la NodeMCU V3 han sido descargados de la página 'SnapEDA', mientras que los de los circuitos impresos han sido creados.

A continuación, se han realizado las conexiones entre los símbolos de los componentes por medio de líneas. En este paso, se ha tenido en cuenta la recomendación de conexionado que se especifica en las hojas de características o *datasheets* de los componentes para conseguir un funcionamiento adecuado en su correspondiente aplicación. Asimismo, se incluyen también los valores recomendados de algunos elementos pasivos como resistencias, condensadores o bobinas que contribuyen al correcto funcionamiento del conjunto.

Seguidamente, se ha asignado a cada símbolo una huella o *footprint*, la distribución de las superficies de cobre o *pads* que permiten soldar los componentes electrónicos al circuito impreso. En la librería de *footprints* de KiCad se incluye una gran cantidad de huellas estándar además de otras más específicas. Para aquellos símbolos o componentes de los cuales no se disponga la huella

correspondiente, esta debe crearse desde el editor de huellas del programa o importarse desde los repositorios de internet, de forma similar a los símbolos. Para este proyecto, las huellas de los circuitos impresos se incluían en la librería de KiCad por tratarse de un empaquetado estándar, mientras que las huellas del porta-pilas y la NodeMCU han sido importados desde 'GitHub'.

Finalmente, se ha generado un listado de redes o *netlist*, con el que poder importar al editor de circuitos impresos toda la información recopilada en el esquemático.

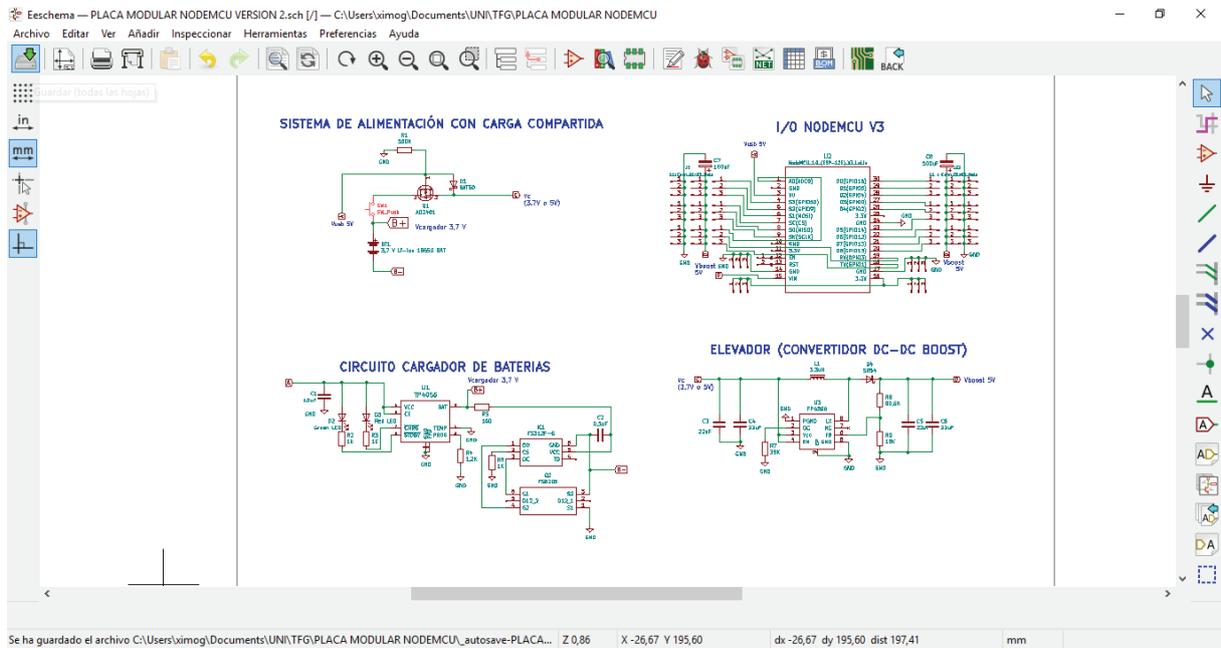


Ilustración 8. Captura del desarrollo del esquemático en KiCad

### 3.1.1. Cálculo de resistencias programables

**TP4056:** Según la hoja de características del circuito integrado, para ajustar la corriente de carga constante de la batería debe recurrirse a la siguiente fórmula:

$$I_{bat} = \frac{V_{prog}}{R_{prog}} \cdot 1200$$

Ecuación 1. Cálculo de intensidad de carga

Donde se especifica que  $V_{prog}$  está fijada a 1 V y que la máxima corriente de carga que puede suministrar el encapsulado es de 1 A, que será la empleada para la carga de las baterías del siguiente proyecto. Por tanto, despejando  $R_{prog}$  se obtiene:

$$R_{prog} = \frac{V_{prog}}{I_{bat}} \cdot 1200 = \frac{1}{1} \cdot 1200 = 1200\Omega = 1,2 K\Omega$$

Ecuación 2. Cálculo de la resistencia programable para el circuito de carga

FP6298: Para este encapsulado debe fijarse tanto la tensión de salida como el pico de corriente de salida.

Primeramente, se calcula la tensión de salida, que según el *datasheet* puede ajustarse hasta los 9 voltios. La expresión que rige este parámetro es programada mediante un divisor resistivo de la manera siguiente:

$$V_{out} = 0,6 \cdot \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

*Ecuación 3. Cálculo de la tensión de salida del convertidor DC-DC*

La tensión de salida requerida del convertidor DC-DC es de 5V y 5,5V para subsanar posibles caídas de tensión. Fijando  $R_2$  a 10 K $\Omega$  y, reordenando y despejando  $R_1$  de la ecuación se obtiene:

$$R_1 = R_2 \cdot \left(\frac{V_{out}}{0,6} - 1\right) = 10^4 \cdot \left(\frac{5,5}{0,6} - 1\right) = 81,67 \text{ K}\Omega$$

*Ecuación 4. Cálculo del divisor resistivo del convertidor DC-DC*

Por lo que se empleará una resistencia de 80,6 K $\Omega$  ya que es el valor más cercano disponible. Con esta resistencia se obtendrá una tensión de salida  $V_{out}=5,45 \text{ V}$ .

Finalmente, se limita la corriente pico mediante otra resistencia. Según la hoja de características, esta puede llegar hasta los 4,5 A. La ecuación de cálculo de la resistencia es la siguiente:

$$I_{OCP} = \frac{110000}{R_3} + 0,3$$

*Ecuación 5. Cálculo de la intensidad pico del convertidor DC-DC*

Con tal de cumplir los requisitos del trabajo, será suficiente una corriente de valor 3 A. Despejando  $R_3$ :

$$R_3 = \frac{110000}{(I_{OCP} - 0,3)} = \frac{110000}{(3 - 0,3)} = 40740,740 \Omega = 40,740 \text{ K}\Omega$$

*Ecuación 6. Cálculo de la resistencia programable del convertidor DC-DC*

En este caso, se tomará una resistencia de valor normalizado  $R=39\text{ K}\Omega$ , quedando  $I_{OCP}=3,1205\text{ A}$ .

### 3.2. Diseño de la PCB

Tras finalizar el diagrama esquemático, es necesario seleccionar todos los componentes y realizar las conexiones entre ellos, entonces se inicia el proceso de diseño de la placa de circuito impreso donde se decidirá la forma que tendrá la placa, la cantidad de capas de cobre disponibles y la disposición de los componentes. De esta forma, se pretende optimizar el diseño de la placa para simplificar el conexionado acorde con el esquemático planteado previamente.

En primer lugar, se decide la forma de la placa. Para el siguiente proyecto la placa presenta forma rectangular y un tamaño superior que el de la placa de desarrollo ya que tan solo el porta-pilas que incorpora es notablemente más grande. Se pretende que la NodeMCU acople superiormente sobre la placa modular de forma que pueda ser retirada o intercambiada sin problema. Además, se añadirán cuatro agujeros de métrica 3 en las cuatro esquinas para que pueda ser atornillada sobre otra superficie.

#### 3.2.1. Distribución de la placa

A continuación, se determina la disposición de los componentes sobre la PCB con objeto de conseguir una distribución eficiente. De este modo se reducirá la longitud de las pistas y el uso de vías, se ubicará la mayor cantidad de componentes posible en la capa superior.

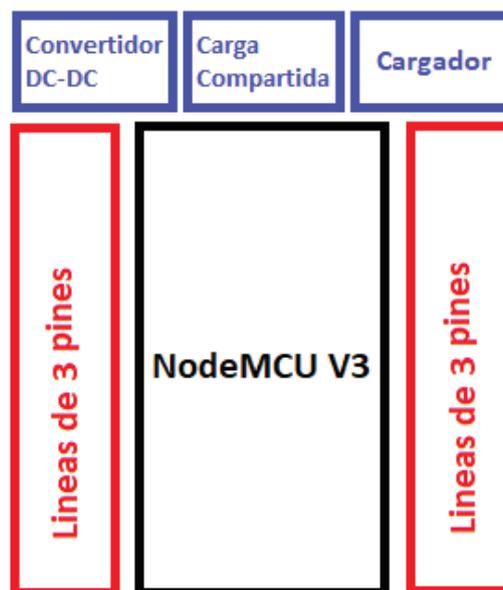


Ilustración 9. Croquis de distribución de la placa electrónica modular

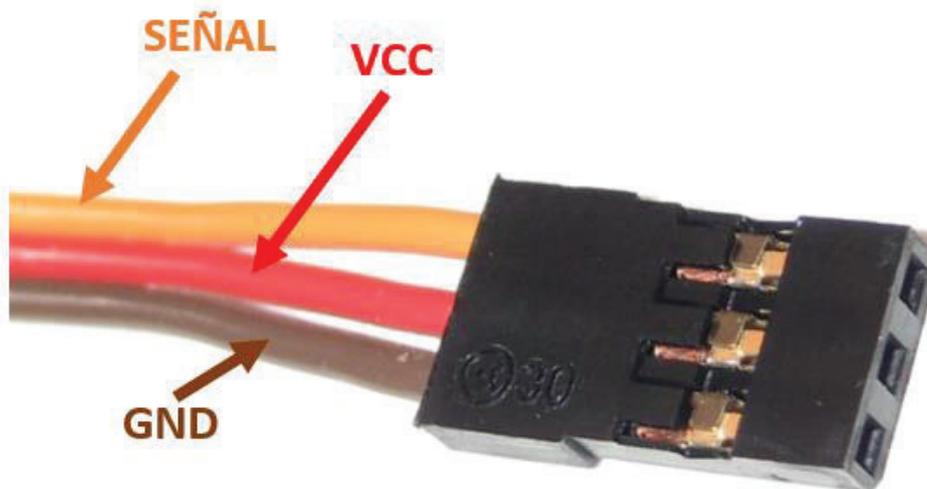
En la imagen se muestra un croquis sobre la estrategia llevada a cabo en la disposición de los componentes de la placa. De este modo se consigue un cómodo acceso a los pines de conexión de los servomotores. También se reduce el recorrido desde el sistema de carga de la batería hasta el convertidor DC-DC. El porta-pilas será colocado en la parte trasera para minimizar la superficie de la placa.

Cabe destacar la colocación de ciertos componentes del circuito debido a que se ha puesto especial interés en su posición por motivos concretos.

Se han ubicado dos condensadores de *bulk* de valor 100  $\mu\text{F}$  en paralelo a entradas a las líneas de 3 pines, en otras palabras, a la salida del convertidor DC-DC boost. Estos condensadores pretenden actuar como reservas de energía para la alimentación tanto de la placa como de las líneas de 3 pines ante transitorios propios o externos, proporcionando o absorbiendo tensión producida por dicho régimen.

El transistor MOSFET de enriquecimiento de canal P, AO3401, ha sido situado entre el circuito cargador y en convertidor DC-DC boost. La función de este MOSFET es conseguir un sistema de carga compartida tal como la empleada en dispositivos móviles como los ordenadores portátiles o los teléfonos inteligentes, donde la fuente de alimentación principal es la batería, pero cuando es conectada una fuente externa se aísla la batería de la carga. Por ende, el MOSFET AO3401 ha sido colocado en punto intermedio entre la salida del circuito cargador, el pin de alimentación externa VU y la entrada del convertidor DC-DC boost.

Las líneas de 3 pines se encuentran lo más cerca posible de los pines de placa NodeMCU V3. Estas líneas de pines han sido implementadas para conectar en ellas servomotores SG90 de forma directa sin necesidad de soldaduras ni extensiones.



*Ilustración 10. Pines de conexión de servomotor*

### 3.2.2. Capas

La PCB diseñada está compuesta por 5 capas: Una capa de corte, dos capas de cobre y dos capas de serigrafía.

La capa de corte define la forma y el tamaño que dispone la capa.

En las capas de cobre se localizan las pistas y las vías que conectan los componentes que forman la *shield*. Para el siguiente proyecto tan solo se emplean dos capas de cobre, una superior y otra inferior. En la capa superior se hallan la gran mayoría de las pistas y conexiones del circuito. La capa inferior se emplea como recurso de unión entre componentes para acortar el trazado de la pista entre componentes y para conectar huellas aisladas o que no pueden conectarse por el paso de otra pista independiente de la cara superior.

En las capas de serigrafía se anota la enumeración de cada uno de los componentes de la PCB, los pines tanto de la placa de desarrollo NodeMCU como de las conexiones de los servomotores y, aunque estén marcados los pines de conexión del microcontrolador, se ha trazado la marca de la antena WIFI del chip ESP8266 para indicar la colocación correcta de un modo más visual. También se indica la polaridad de las baterías 18650 para ser posicionadas de forma correcta en el porta-pilas. Por último, se ha añadido a las capas de serigrafía el logotipo de la Universitat Politècnica de València y el de Hardware de acceso abierto u *Open Source Hardware*, con intención de mejorar la estética de la placa electrónica e indicar tanto su lugar de origen como su propósito de libre acceso.

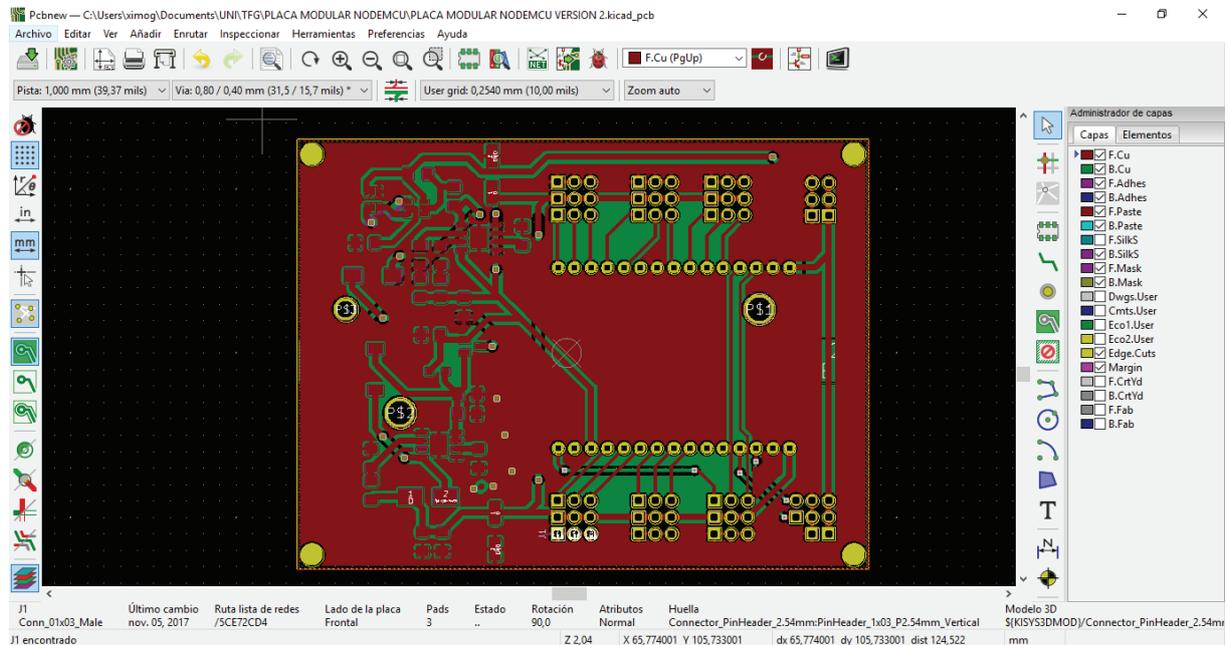


Ilustración 11. Captura del desarrollo de la placa de circuito impreso en KiCad

### 3.2.3. Cálculo de la anchura de pista de la PCB

Previamente, se calculará el ancho de las pistas de la etapa de potencia, para ello se empleará la siguiente ecuación:

$$\text{Ancho(milésimas de pulgada)} = \frac{\left(\frac{I}{K_1 \cdot \Delta T^{K_2}}\right)^{1/K_3}}{\text{Alto} \cdot 1,378}$$

Ecuación 7. Fórmula de cálculo del ancho de pista

Donde  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  son constantes que dependen de la posición de las pistas de cobre. En este caso, al tratarse de pistas de cobre externas su valor será  $K_1=0,0647$ ,  $K_2=0,4281$ ,  $K_3=0,6732$ . Para una corriente de 3 A y un diferencial de temperaturas de 15°C se obtiene:

$$\text{Ancho} = \frac{\left(\frac{3}{0,0647 \cdot 150,4281}\right)^{1/0,6732}}{1 \cdot 1,378} = 38,72 \text{ milésimas de pulgada} = 0,9835 \text{ mm}$$

Ecuación 8. Cálculo del ancho de pista

Por lo que se empleará un ancho de pista de 1 milímetro. Finalmente, para el ancho de las pistas de la etapa de control se empleará la mitad del valor obtenido para la etapa de potencia, siendo este de: ancho = 0,5 mm.

### 3.3. Diseño final de la placa

El programa de diseño KiCad dispone de una herramienta con la que poder visualizar en tres dimensiones el resultado final de la placa diseñada.

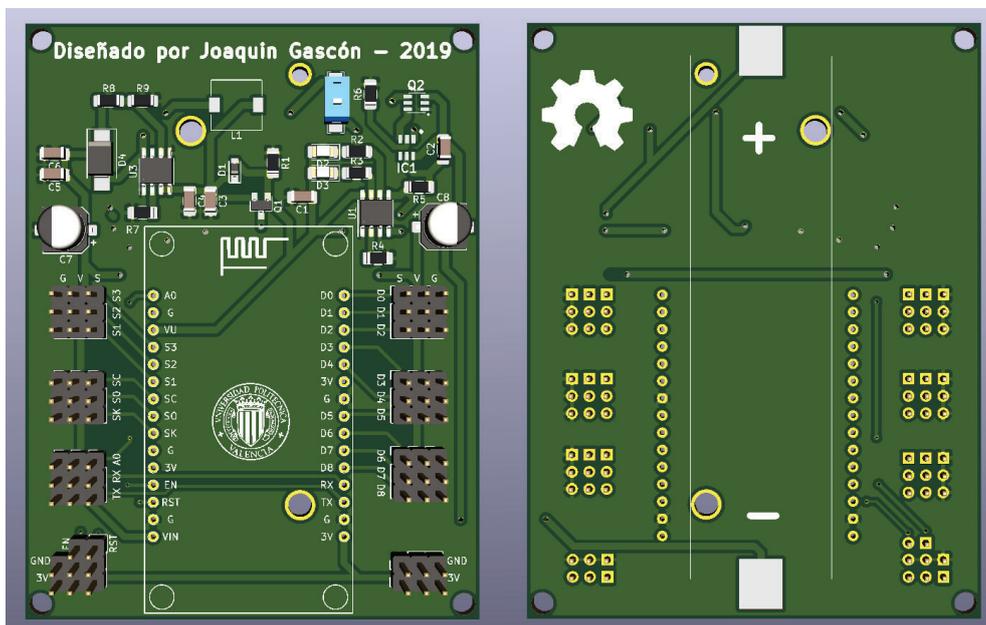


Ilustración 12. Modelo 3D de la placa electrónica modular

En el siguiente trabajo, algunos de los componentes que incorpora la *shield*, como el portapilas o la propia placa de desarrollo NodeMcu V3, no son visualizados. Estos componentes concretos son aquellos cuyas huellas han sido adquiridas a través de páginas web. En estos repositorios no se disponía de su modelado y al no ser más que una representación simbólica cuyo cometido no influye en el resultado final de la placa, se ha prescindido de su diseño por cuenta propia.

## 4. ANÁLISIS DEL FUNCIONAMIENTO DE LA PLACA

### 4.1. Comprobación del estado de fabricación

Para el siguiente proyecto, se ha decidido encargar la fabricación de la placa a una empresa externa ubicada en China llamada *JLC PCB*<sup>®</sup> debido a sus bajos costes y a su alta calidad de fabricación. La adquisición de los componentes que integran el conjunto de la placa electrónica se ha realizado a través de una empresa del mismo grupo llamada *LCSC Components*<sup>®</sup>, por disponer de un amplio catálogo de componentes de diversas marcas, así como de las correspondientes hojas de sus características.

Una vez recibida, se han examinado, por medio del multímetro, las conexiones de la placa con el propósito de confirmar que el proceso de fabricación ha sido correcto y que la placa es apta para el funcionamiento.

En la primera versión de la placa, se ha detectado que al colocar el porta-pilas en la parte superior de la placa junto con los demás componentes, la extensión de la placa electrónica modular era considerable en comparación con las dimensiones de la NodeMCU V3. Para solucionarlo, se ha decidido colocar el porta-pilas en la cara trasera de la placa al ser el componente más amplio del conjunto.

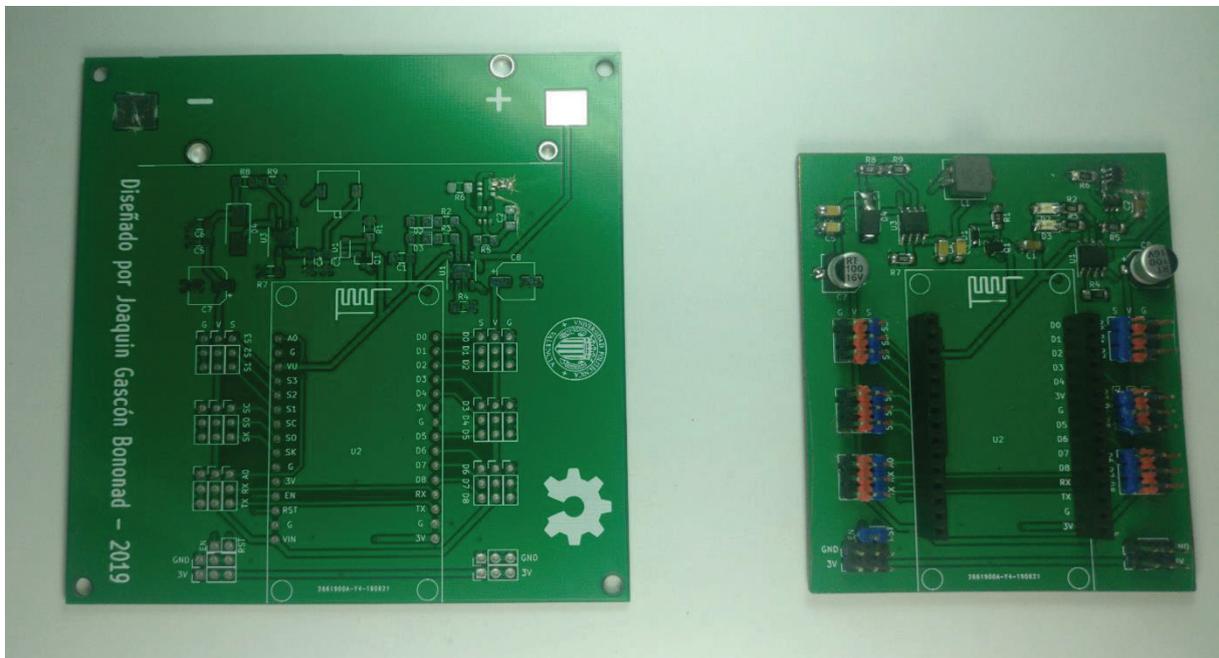


Ilustración 13. Comparación del tamaño entre placas

En la ilustración 10 se muestra una comparación entre el tamaño final del circuito impreso colocando el porta-pilas en la parte superior de la placa (izquierda) o colocarlo en la parte inferior de la placa (derecha), donde es notable la reducción de la superficie total optimizando el espacio disponible y reduciendo el coste final de la placa de circuito impreso. Cabe resaltar que la placa de la derecha es el resultado de cortar al tamaño deseado.

#### 4.2. Rendimiento de la placa

Con el fin de estimar la eficiencia media del circuito para la conversión del voltaje, se han conectado varias resistencias de baja resistividad (menos de  $75 \Omega$ ) a distintas tensiones de entrada, para medir la corriente generada por la fuente de alimentación regulable y la corriente consumida por las distintas resistencias.

Con estos datos, se han calculado la potencia útil y la potencia absorbida por la placa y a partir del resultado de realizar el cociente entre ambas se ha obtenido el valor del rendimiento de la conversión.

Los valores de las resistencias empleadas han sido de  $7,4 \Omega$ ,  $11 \Omega$ ,  $22 \Omega$ ,  $44 \Omega$  y  $66 \Omega$ . Los valores de las tensiones de entrada empleadas han sido de  $3,2 \text{ V}$ ,  $3,7 \text{ V}$  y  $4,2 \text{ V}$  desde el porta-pilas, y  $5 \text{ V}$  desde el pin Vusb. Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

##### **Tensión de salida**

$R(\Omega) \parallel T_{\text{entrada}}(\text{V})$	3,2	3,7	4,2	5
2,35	0	3,93	4,4	4,82
4,7	4,62	5	5,48	5,5
7,3	5,5	5,5	5,5	5,5
11	5,5	5,5	5,5	5,5
22	5,5	5,5	5,5	5,5
44	5,5	5,5	5,5	5,5
66	5,5	5,5	5,5	5,5

Tabla 3. Tensión de salida en ensayo de rendimiento

##### **Corriente absorbida (A)**

$R(\Omega) \parallel T_{\text{entrada}}(\text{V})$	3,2	3,7	4,2	5
2,35	0	2,55	2,58	2,61
4,7	2,24	2,12	1,9	1,52
7,3	1,9	1,55	1,28	1,05
11	1,29	1	0,83	0,67
22	0,52	0,44	0,39	0,33
44	0,24	0,21	0,19	0,17
66	0,17	0,14	0,13	0,12

Tabla 4. Corriente absorbida en ensayo de rendimiento

**Corriente de salida (A)**

$R(\Omega)   Tentrada(V)$	3,2	3,7	4,2	5
2,35	0	1,46	1,57	1,91
4,7	1,01	1,02	1	0,84
7,3	0,74	0,74	0,74	0,74
11	0,5	0,5	0,5	0,5
22	0,25	0,25	0,25	0,25
44	0,13	0,13	0,13	0,13
66	0,08	0,08	0,08	0,08

Tabla 5. Corriente de salida en ensayo de rendimiento

Con los resultados obtenidos en las tablas se ha calculado el rendimiento respecto la tensión de entrada y en función de la carga, obteniéndose la gráfica mostrada a continuación:

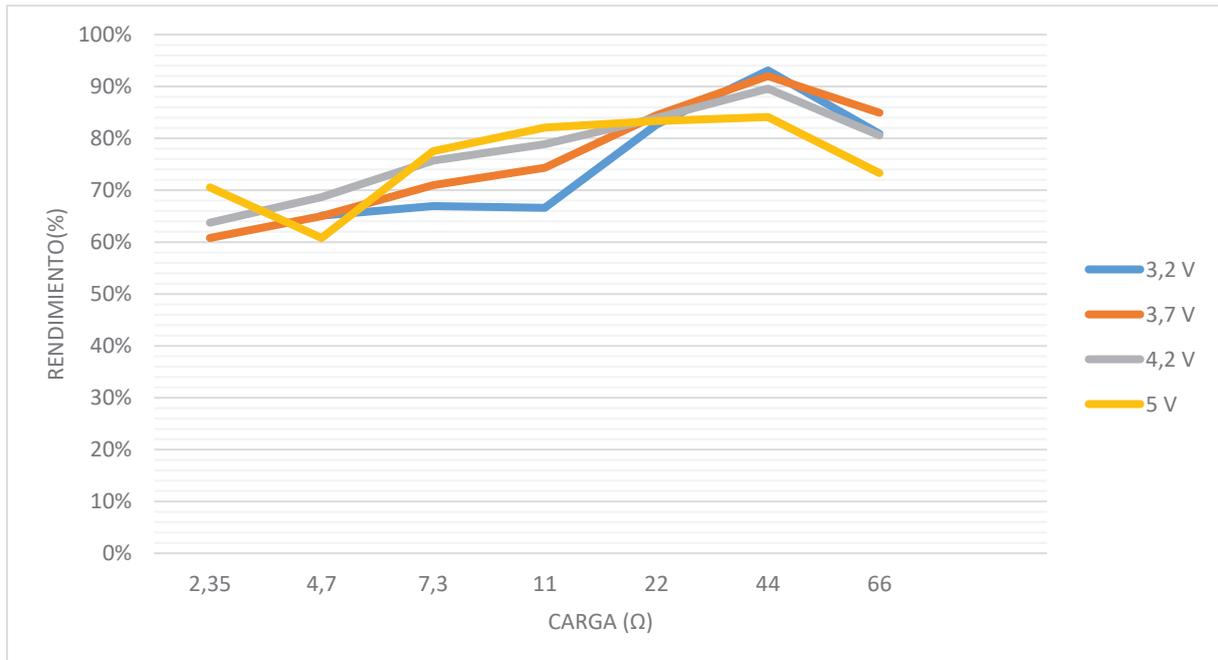


Ilustración 14. Rendimiento del elevador

En el gráfico de la ilustración 11, se observa que el rendimiento del convertidor DC-DC se sitúa en torno al 70 y el 85 por ciento, superando el 90% en algunos casos y descendiendo hasta el 70% o menos en las circunstancias más extremas.

Por consiguiente y, como conclusión, el rendimiento de la conversión de tensión realizada por el circuito integrado FP6298 es adecuado para el siguiente proyecto.

Es necesario aclarar que no se ha podido realizar el siguiente ensayo con una tensión de entrada de 3,2 V y una carga de 2,35  $\Omega$ , ya que la caída de tensión a la entrada del elevador se alcanzaba los 500mV, con lo que se superaba el límite de tensión mínima para el convertidor. Al no disponer de cargas con valores menores, no se ha podido comprobar el límite para las demás tensiones de entrada.

### 4.3. Metodología de recopilación de datos

Los ensayos realizados a continuación requieren del uso de herramientas distintas a las convencionales, como el multímetro para la toma de mediciones y de datos. Por ello, se ha empleado una placa de desarrollo de *Arduino* modelo UNO que, a través de sus pines analógicos y un ordenador, se han medido tensiones en puntos concretos de la placa. Los datos han sido recopilados de forma continua en periodos de 300 milisegundos y mostrados en la pantalla del ordenador a través del monitor serie del IDE de *Arduino*.

De este modo, la cantidad de datos acumulada ha sido elevada en varias ocasiones, es por ello por lo que se ha empleado el software *Matlab*, mediante el cual se ha podido analizar la información recopilada por el *Arduino* UNO y organizarla por medio de gráficas con las que visualizar la evolución de la tensión en distintos puntos de la placa.

En el anexo del trabajo se ha añadido un ejemplo de programa de recopilación de datos, dado que mecánica de funcionamiento es la misma en los distintos ensayos, tan solo cambian las variables de entrada.

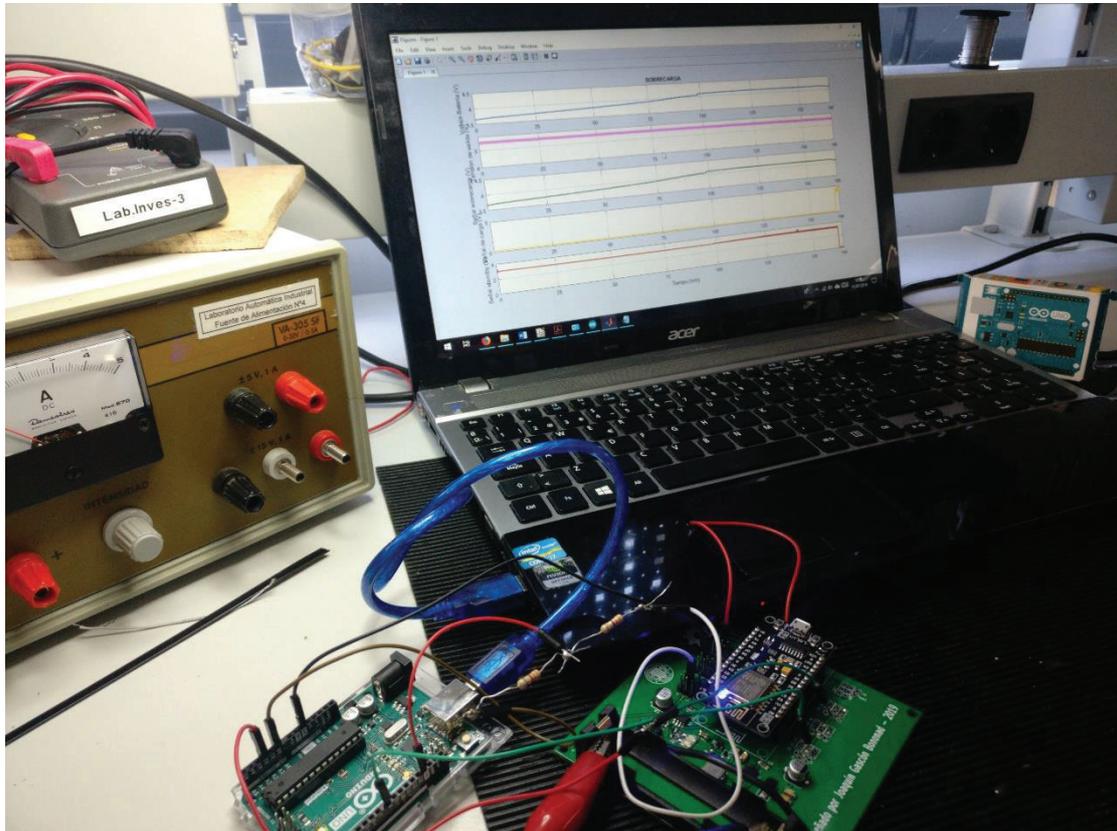


Ilustración 15. Recopilación y análisis de datos a través de *Arduino* y *Matlab*.

#### 4.4. Funcionamiento en condición de sobredescarga

Con el propósito de proteger la batería de los efectos del deterioro y del degradado de su vida útil producidos por la sobredescarga de la misma, se ha empleado el circuito integrado FS312-G. En estas condiciones, al descender la tensión de entrada del umbral de la tensión de protección de sobredescarga de 2,9 V, se inhibe la descarga desconectando el controlador de descarga del MOSFET FS8205.

Para liberar el circuito de la condición de protección y permitir de nuevo la descarga, debe recibirse una recarga de la batería a través del circuito cargador y, además, el voltaje de la batería debe superar el umbral de la tensión de desbloqueo de descarga de 3 V.

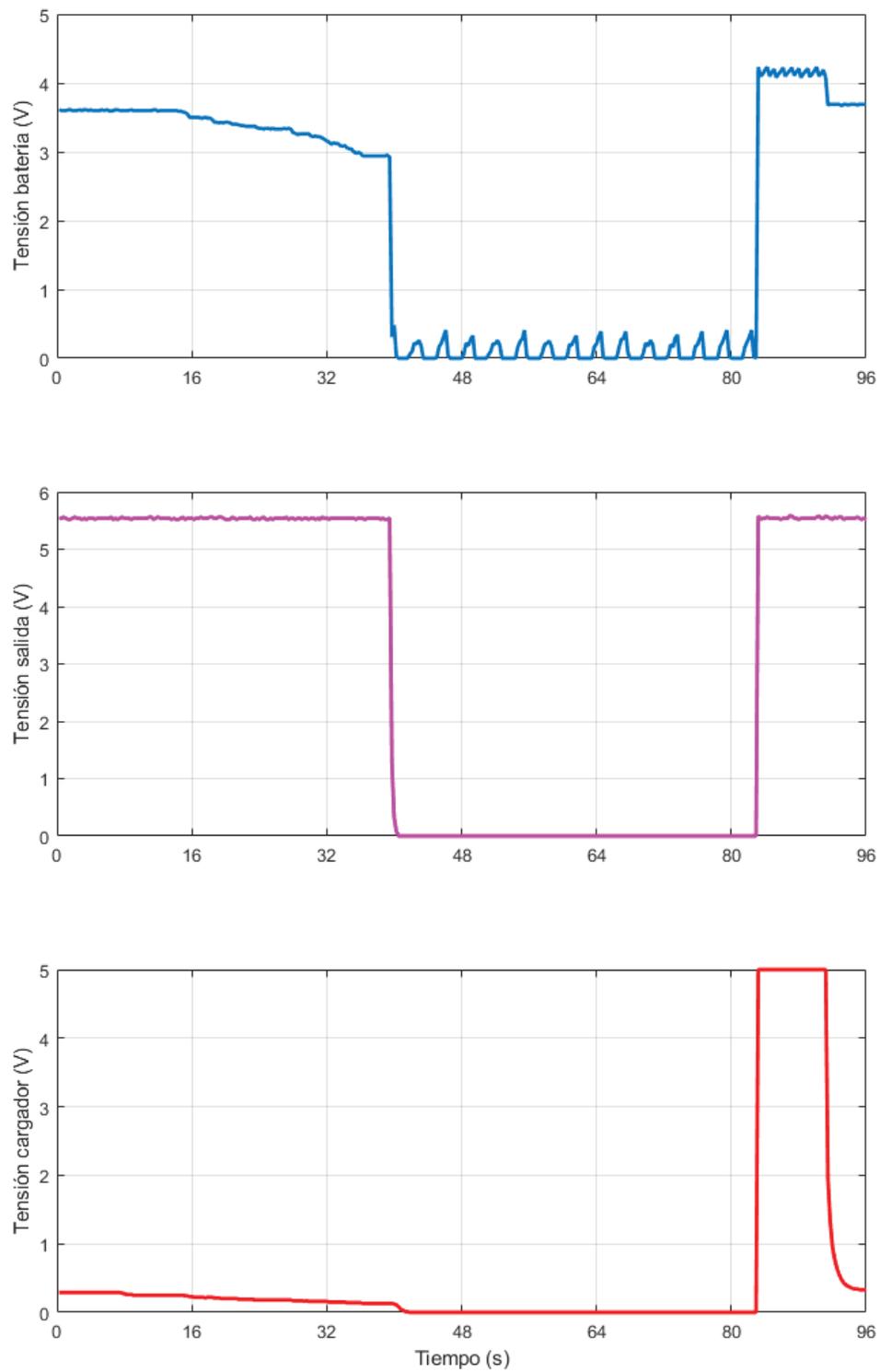


Ilustración 16. Prueba de funcionamiento en sobredescarga

En el gráfico de la ilustración 12, se muestra el comportamiento del circuito ante un suceso de sobredescarga. La primera gráfica muestra la tensión de la batería. Se observa que, cuando el voltaje de esta desciende la barrera de los 2,9 V, se impide la descarga de la batería. Además, aunque la tensión de la batería aumente, el circuito FS212-G no el modo de protección.

Para poder volver a emplear la batería, es necesario recibir una recarga de una fuente externa a través del micro-USB y superar la tensión mínima umbral de 3V. Al retirar la fuente de alimentación exterior, el modo de protección queda desactivado permitiendo funcionar en condiciones normales. Puede observarse, en el tramo final del gráfico, el regreso al modo normal de funcionamiento al retirar la tensión del cargador.

#### 4.5. Funcionamiento en condición de sobrecarga

Con el fin de preservar la batería del deterioro y no provocar el degradado de su vida útil por la sobrecarga de la batería, el circuito integrado FS312-G y el integrado TP4056 trabajan conjuntamente en caso de alcanzarse tal condición. El estado de sobrecarga ocurre cuando el voltaje de la batería supera el umbral de los 4,2 V.

Según la hoja de características del integrado TP4056, al alcanzar la batería un voltaje de 4 V, comienza a reducirse gradualmente la corriente suministrada para la recarga desde el valor programado (en este caso 1000 mAh) hasta alcanzar una décima parte del valor, mientras la tensión sigue aumentando, también de forma gradual, hasta que alcanza los 4,2 V y manteniéndolos constantes durante un periodo de tiempo aproximado de 30 minutos. En este instante, la corriente de alimentación desciende hasta los 0 mAh.

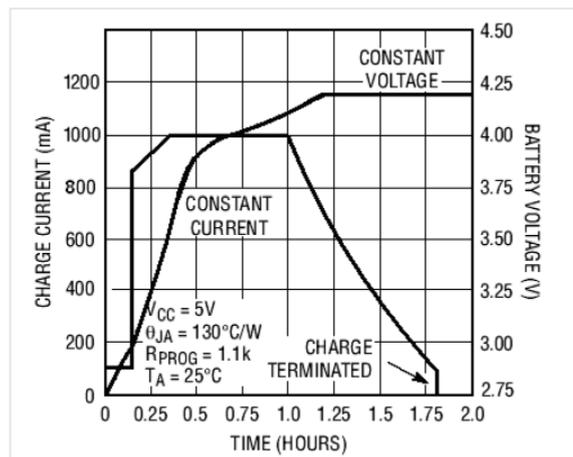


Ilustración 17. Ciclo de carga de la batería a través del TP4056

En cuanto al integrado FS312-G, al alcanzar el voltaje de la batería los 4,25 V, se inhibe la recarga de la batería desconectando el controlador de carga del MOSFET FS8205, al cambiar la señal OC a nivel bajo. Existen dos casos para desactivar el estado de protección y autorizar de nuevo la carga de la batería:

- Cuando el voltaje de la batería se autodescarga por si solo hasta descender los 4,15 V.
- Cuando la tensión de la batería cae por debajo de los 4,2 V y se conecta una carga.

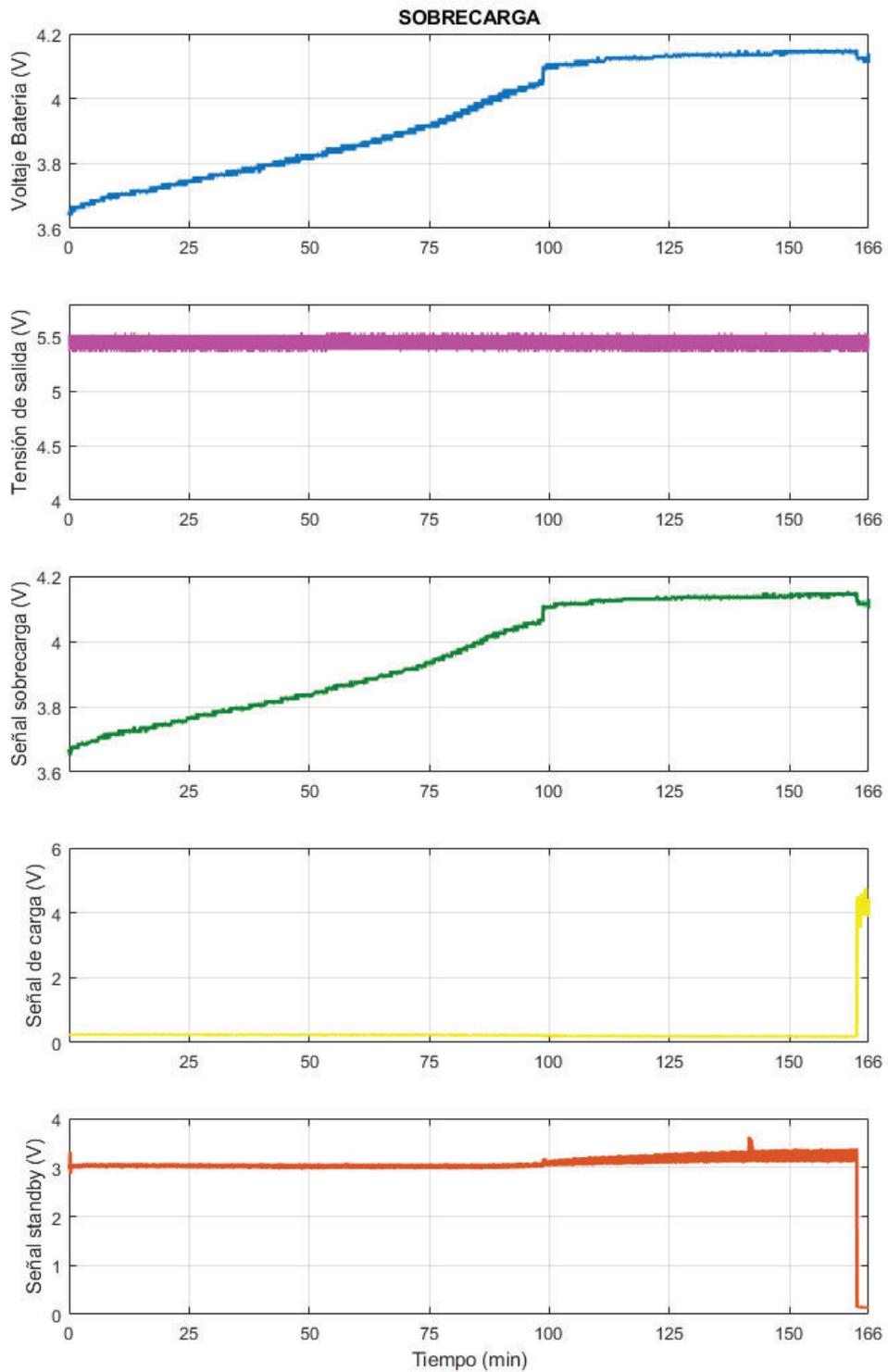


Ilustración 18. Prueba de funcionamiento en sobrecarga

En el gráfico de la ilustración 14, se muestran los resultados del ensayo realizado, para comprobar el comportamiento del circuito al alcanzar la condición de sobrecarga. En la primera gráfica, el voltaje de la batería asciende de manera constante desde los 3,65 V. Al superar aproximadamente los 4,05 V, la pendiente de recarga empieza a descender. En cuanto se sobrepasan los 4,15 V, la señal de carga del circuito TP4056 pasa a nivel alto, así como la señal de standby pasa a nivel bajo, deteniendo internamente el ciclo de recarga de la batería.

Al no superar los 4,25 V, la señal de sobrecarga del circuito FS312-G no llega a activarse a nivel bajo para cortar por completo la recarga de la batería. De este modo, se conforma el conjunto de protección, que presenta dos niveles de seguridad en condición de sobrecarga, donde en el nivel inferior se sitúa el integrado TP4056 mientras que en el superior el FS312-G.

En cuanto al tiempo de carga del ensayo, es superior en comparación al mostrado por el gráfico del *datasheet* de la ilustración 13 debido a que se ha utilizado una batería con una capacidad. En el ensayo realizado se ha empleado una batería con una capacidad de 2000 mAh, que con una corriente de carga de 1 A debería haber completado el ciclo en unas 2 horas. Aunque el ciclo se ha cerrado a las dos horas y cuarenta minutos aproximadamente, se ha alcanzado un voltaje en la batería de 4,1 V en un periodo en torno a los 130 minutos, que puede considerarse un comportamiento correcto.

### 4.6. Sistema de carga compartida

Para el presente proyecto se pretende alimentar el circuito electrónico a través de una batería o mediante el mismo puerto micro-usb de la placa de desarrollo NodeMCU. Para poder gestionar y coordinar las fuentes que interactúan con la carga, el sistema se ha compuesto por un transistor MOSFET de enriquecimiento canal P, un diodo Schottky y una resistencia de *pull-down*.

El esquema se comporta de modo que la batería sea la fuente de alimentación principal, pero, en cuanto se conecte una fuente externa a través del puerto micro-usb, la batería quede aislada de la carga.

En caso de no emplear este sistema, podría dañarse tanto la batería como el circuito de carga al poder puesto que el acumulador no debe suministrar corriente al mismo tiempo que está siendo cargado, ya que puede que nunca se terminara el ciclo de carga o se le exija al circuito cargador una corriente mayor de la que puede proveer.

El funcionamiento del sistema de carga compartida funciona del siguiente modo:

- Cuando la única fuente de alimentación conectada es la batería, la corriente pasa por el diodo interno del MOSFET, de modo que la tensión pasa del drenador a la fuente. Siendo la tensión en la puerta cero por la resistencia de *pull up*, el voltaje entre la puerta y la fuente ( $V_{GS}$ ) quedará en el valor negativo de la tensión de la batería ( $-V_{bat}$ ), suficiente para polarizar el transistor y que la resistencia entre el drenador y la fuente ( $R_{DS}$ ) sea prácticamente nula.
- Al suministrar alimentación a través del puerto micro-usb, se polariza el diodo Schottky, consiguiendo que el voltaje entre la puerta y la fuente sean prácticamente idénticos ( $V_{GS}=0$ ), con lo que no se polariza el MOSFET. Al ser la tensión de la fuente de alimentación externa superior a la de la batería, no circula corriente desde el acumulador hasta la carga, quedando este aislado. Al mismo tiempo, la fuente externa conectada al puerto micro-usb carga la batería al alimentar también el circuito cargador.

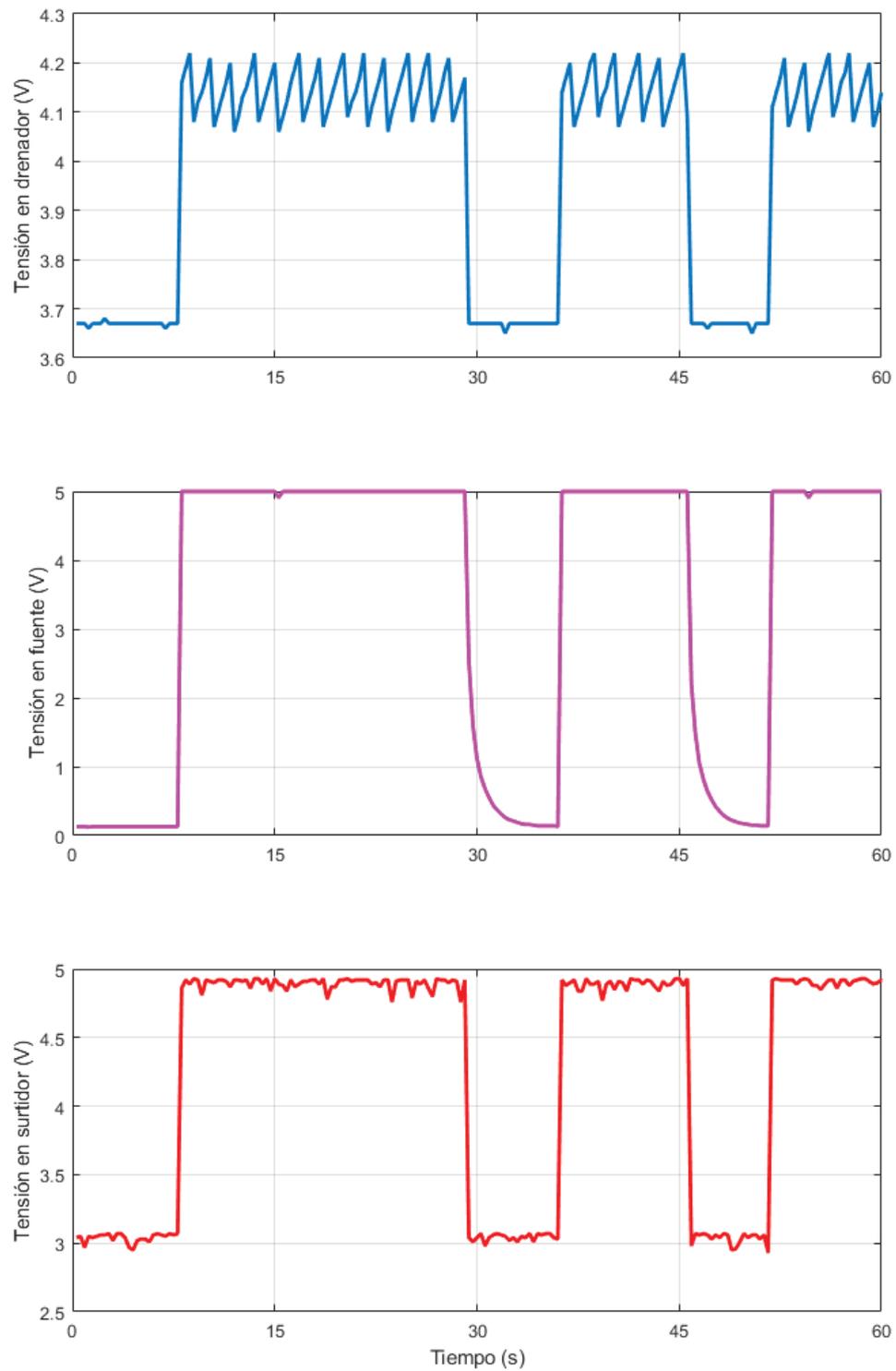


Ilustración 19. Ensayo de funcionamiento de la carga compartida

En el gráfico de la ilustración 15 se muestra el resultado del ensayo del sistema de alimentación mediante carga compartida. Se observa que, la tensión en la fuente varía según si existe tensión en la puerta. También es evidente que, al conectar la fuente externa a través del puerto micro-usb, la batería comienza a cargarse al encontrarse la tensión en esos intervalos en torno a los 4,2 V. Las oscilaciones en forma de dientes de sierra que se muestran en el primer gráfico son consecuencia de la utilización de la fuente de alimentación regulable en los pines de la batería durante los ensayos por cuestiones de seguridad, ya que la fuente de alimentación variable no es un elemento recargable. El inconveniente que conlleva el empleo de esta práctica es la caída de tensión producida en el MOSFET de enriquecimiento de canal P. Para la placa modular, este peaje se tasa entre 300 y 500 mV, un intervalo que influye considerablemente en el rendimiento final del conjunto, pero necesario para garantizar protección y seguridad en el uso de la batería.

#### 4.7. Prueba de funcionamiento con servomotores

Con tal de finalizar el conjunto de pruebas de funcionamiento de la placa electrónica modular, se ha realizado un ensayo de actuación con servomotores. Como se ha especificado en apartados anteriores, uno de los principales objetivos que debía cumplir el *shield* es mover 8 servomotores SG90, de modo que, empleando el microcontrolador junto con la placa electrónica modular, se puedan realizar proyectos de robótica y electrónica.



*Ilustración 20. Servomotor SG90*

La prueba de funcionamiento ha consistido en medir a través del multímetro tanto la corriente consumida por los 8 servos más el microcontrolador, como la caída de tensión provocada y también la corriente absorbida de la fuente de alimentación variable a diferentes voltajes de entrada. El programa desarrollado para esta prueba se encuentra en el primer apartado del anexo del presente trabajo.

Las tensiones empleadas han sido 3,2 V, 3,7 V y 4,1 V, entregadas desde los pines de la porta-pilas simulando el empleo de baterías.

El resultado a 3,2 V no ha resultado del todo satisfactorio debido a que la caída de tensión provocada por los 8 servomotores ha sido suficiente como para no poder alimentar al mismo tiempo el microcontrolador NodeMCU. El máximo número de servomotores que ha sido capaz de mover ha sido de 3 en total.

Sin embargo, las pruebas realizadas con una tensión de entrada de 3,7 V y de 4,1 V si han resultado ser eficaces en ambos casos. Los valores resultantes obtenidos son los siguientes:

En el primer caso, la corriente absorbida se ha encontrado entorno los 2,55 A, con una intensidad de salida de 1,42 A aproximadamente. La tensión de salida ha llegado en ocasiones a caer hasta los 4,4 V, algo distante de los 5 V, pero aun así suficientes para poder actuar indefinidamente. Con todo esto, el rendimiento de la prueba a un voltaje de entrada de 3,7 es del 66%.

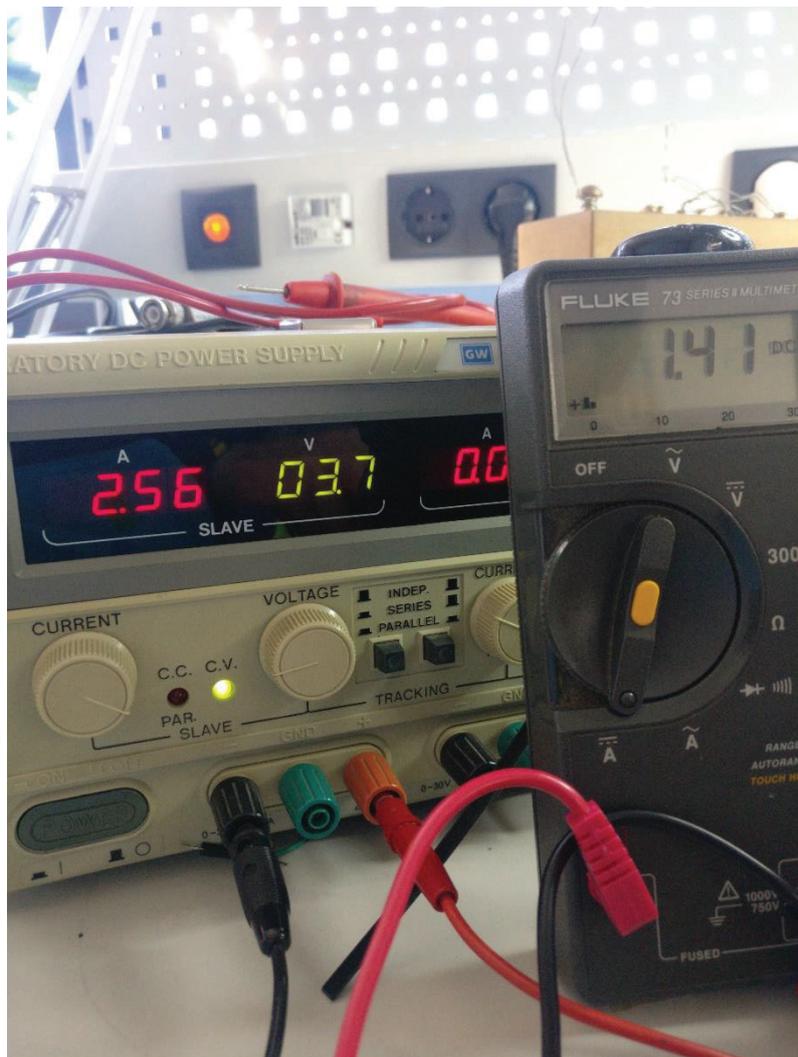
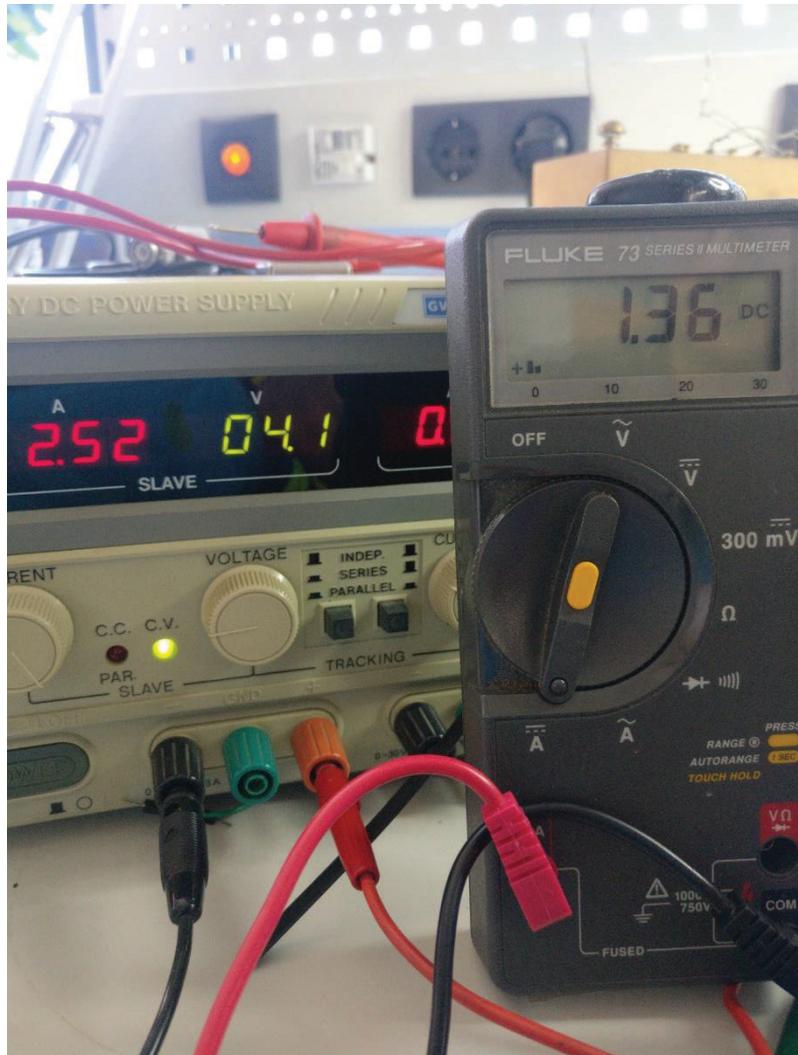


Ilustración 21. Resultado de la prueba de servomotores a 3,7 V

De igual modo, el segundo caso ha entregado una corriente a los motores en torno a los 1,35 A, mientras que la corriente absorbida se ha mantenido alrededor de los 2,5 A. Por lo que respecta a la caída de tensión, tan solo ha flanqueado hasta los 4,8 V, lo que resulta un valor admisible al hallarse próximo a los 5V. El rendimiento de la prueba en este segundo caso ha sido de 65%.



*Ilustración 22. Prueba servomotores a 4,1 V*

En último lugar, debe esclarecerse que, aunque la placa ha sido capaz de mover los 8 servomotores, el funcionamiento general es relativo, debido a que el consumo total depende en gran parte del programa implementado y de las cargas aplicadas o soportadas sobre los servomotores, ya que no es muy habitual mover 8 servomotores al mismo tiempo en proyectos de robótica, como los brazos robot sino de manera secuencial.

## 5. VALORACIÓN DE RESULTADOS

### 5.1. Conclusiones

Como resultado, tras la realización del siguiente proyecto se extraen las siguientes conclusiones:

En primer lugar, se ha observado que la placa electrónica modular cumple las condiciones de funcionamiento, de alimentación y de protección de la batería y, además presenta un rendimiento de trabajo adecuado. También ha sido capaz de mover 8 servomotores modelo SG90 tal y como se requería en el apartado de objetivos. Por ende, se concluye que el proyecto realizado es solvente.

En segundo lugar, se han puesto en práctica los conocimientos de distintas asignaturas del grado, especialmente los pertenecientes a Tecnología electrónica, Sistemas electrónicos, Ingeniería gráfica, Tecnología Informática Industrial y Proyectos. Como resultado, se ha apreciado tanto la versatilidad como la polivalencia en los distintos ámbitos de la ingeniería que han sido adquiridos desde el inicio del grado hasta la realización del presente trabajo.

En tercer lugar, la ventaja económica de la fabricación de la PCB y adquisición de componentes en China, ha supuesto por otra parte una desventaja en términos de cumplimiento de plazos, ya que los largos tiempos de envío han ralentizado y limitado considerablemente la realización del siguiente trabajo.

En cuarto lugar, aunque el coste unitario de los materiales de la placa ha sido reducido, el desembolso inicial realizado para la adquisición de los materiales ha sido notable debido a que la compra de componentes debe realizarse en grandes cantidades, a lo que hay que sumar la diversidad de componentes empleados, así como la necesidad de herramientas de trabajo específicas.

Finalmente, la introducción en el campo del diseño de circuito electrónicos a través del siguiente proyecto ha conllevado un largo proceso de investigación con el que se han logrado comprender todas las etapas y procedimientos a seguir desde el planteamiento de un problema hasta el desenlace de su resolución. Como consecuencia, con las competencias obtenidas será posible resolver en un futuro proyectos similares e incluso de mayor dificultad.

### 5.2. Líneas futuras y propuestas de mejora

Por lo que se refiere a la línea de evolución del proyecto, la placa electrónica modular desarrollada para el siguiente trabajo presenta gran posibilidad de modificaciones con las que adaptar y mejorar el diseño, según la tarea que se le quiera atribuir. Algunas de las posibilidades planteadas son:

- Rediseñar la placa electrónica modular para poder ser empleada por otros kits de desarrollo como la NodeMCU V2 Amica, la Wemos D1 mini o el kit de desarrollo que incorpora chip ESP32.

- Emplear de manera independiente el circuito de carga y el circuito elevador de tensión para otros proyectos que requieran tensiones alrededor de los 5 V y que precisen de alimentación por medio de baterías.
- Intercambiar el porta-pilas de las baterías modelo 18650 por una clavija estándar para baterías de polímeros de litio, como la XT60 o la XH2.54, o dejar las huellas de la batería libres para soldar en ellas cualquier modelo.
- Emplear el microcontrolador NodeMCU V3 junto la presente placa electrónica modular para desarrollar proyectos de robótica y electrónica como brazos robot o robots cuadrúpedos.

Por lo que respecta a las propuestas de mejora del diseño de la placa, se han detectado caídas de tensión previas a la entrada al convertidor DC-DC producidas especialmente por los transistores y los diodos empleados, por lo cual se investigarán alternativas a los componentes empleados que provoquen menores caídas de tensión y se buscará ensanchar al máximo las pistas de la alimentación para reducir también al mínimo las caídas de tensión que provocan. Para optimizar el diseño de la placa, se estudiará el uso de componentes pasivos con empaquetados menores al utilizado, hasta alcanzar el mínimo permisible, así como su redistribución dentro de la placa electrónica con el fin de disminuir al máximo el tamaño final de la placa.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

1. Garcerá G, Figueres E, Abellán A, editores. Conversores conmutados: circuitos de potencia y control. Valencia: Universitat Politècnica de València; 268 p.
2. Mohan N, Undeland T, Robbins WP, editores. Power Electronics: Converters, Applications and Design. New Jersey: John Wiley & Sons; 684 p.
3. Pareja Aparicio M, editor. Diseño y desarrollo de circuitos impresos con KiCad. Madrid: RC Libros; 2010. 220 p.

### PÁGINAS WEB

1. Amoedo, D. KiCad 5.0.2, un programa para la automatización del diseño electrónico [Blog]. Uibunlog. 2019. [citado 16 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://ubunlog.com/guia-de-ubuntu/>
2. ESP8266EX [Internet]. Espressif System; 2008 [citado 15 de abril de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.espressif.com/en>
3. KiCad. [Internet]. 1992 [ citado 5 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <http://www.kicad-pcb.org/about/kicad/>
4. Luis Llamas. ESP8266, la alternativa a Arduino Wifi [Internet]. 2018 [ citado 2 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.luisllamas.es/esp8266/>
5. Luis Llamas. NodeMCU, la popular placa de desarrollo con ESP8266 [Internet]. 2018 [citado 2 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.luisllamas.es/esp8266-nodemcu/>
6. Luis Llamas. Wemos D1 Mini, una genial placa de desarrollo con ESP8266. ESP8266 [Internet]. 2018 [citado 2 de mayo de 2019]. Recuperado a partir de: <https://www.luisllamas.es/wemos-d1-mini-una-genial-placa-de-desarrollo-con-esp8266/>
7. SnapEDA [Internet]. 2019. Recuperado a partir de : <https://www.snapeda.com/home/>
8. What is Arduino? [Internet]. 2019. Recuperado a partir de : <https://www.arduino.cc/>

### LEGISLACIÓN

1. Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de Ley de Contratos de las Administraciones Públicas (Boletín Oficial del Estado, de 26 de octubre de 2001).

DISEÑO DE UNA PLACA ELECTRÓNICA MODULAR PARA EL MICROCONTROLADOR NODEMCU  
V3

**DOCUMENTO Nº 2:  
PRESUPUESTO**



## ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. Descripción de las unidades de obra.....	4
2. Cuadro de precios unitarios .....	4
3. Cuadro de precios descompuestos .....	5
4. Presupuesto base de licitación.....	9

El siguiente presupuesto ha sido elaborado conforme al Real Decreto 1098/2001, de 12 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento general de Ley de Contratos de las Administraciones Públicas. Concretamente, teniendo en cuenta los artículos:

- Artículo 130. Cálculo de precios de las distintas unidades de obra.
- Artículo 131. Presupuesto de ejecución material y presupuesto base de licitación.

Se ha asumido un periodo de amortización de 10 proyectos para las herramientas del laboratorio, como osciloscopio y fuente de alimentación regulable, para el ordenador y para las licencias de software.

## 1. Descripción de las unidades de obra

1. Diseño de la placa electrónica modular
  - 1.1. Planteamiento del diseño
  - 1.2. Elaboración del esquemático
  - 1.3. Distribución de la placa
2. Ensamblado de la placa
3. Evaluación de la placa electrónica modular
  - 3.1. Comprobación del circuito electrónico
  - 3.2. Ensayo de funcionamiento

## 2. Cuadro de precios unitarios

Código	Unidad	Descripción	Importe
1.		<i>Diseño de la placa electrónica modular</i>	
1.1.	ud.	Planteamiento del diseño	744,60 €
1.2.	ud.	Elaboración del esquemático	2.282,25 €
1.3.	ud.	Distribución de la placa	1.690,65 €
		Total Diseño de la placa electrónica modular	4.717,50 €
2.		<i>Ensamblado de la placa</i>	
2.1.	ud.	Proceso de soldadura de componentes	1.419,80 €
		Total Ensamblado de la placa	1.419,80 €
3.		<i>Evaluación de la placa electrónica modular</i>	
3.1.	ud.	Comprobación del circuito electrónico	1.228,08 €
3.2.	ud.	Ensayo de funcionamiento	2.492,49 €
		Total Evaluación de la placa electrónica modular	3.720,57 €
<b>TOTAL</b>			<b>9.857,87 €</b>

### 3. Cuadro de precios descompuestos

#### 1. Diseño de la placa electrónica modular

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
1.1.		<i>Planteamiento del proyecto</i>			
	h	Director del proyecto	12	40,00 €	480,00 €
	h	Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	10	25,00 €	250,00 €
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	730,00 €	14,60 €
TOTAL:					744,60 €
1.2.		<i>Elaboración del esquemático</i>			
	h	Director del proyecto	5	40,00 €	200,00 €
	h	Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	80	25,00 €	2.000,00 €
	ud.	Ordenador	0,0375	1.000,00 €	37,50 €
	ud.	Software KiCad	0,5	- €	0,00 €
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	2.237,50 €	44,75 €
TOTAL:					2.282,25 €
1.3.		<i>Distribución de la placa electrónica modular</i>			
	h	Director del proyecto	3	40,00 €	120,00 €
	h	Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	60	25,00 €	1.500,00 €
	ud.	Ordenador	0,0375	1.000,00 €	37,50 €
	ud.	Software KiCad	0,5	- €	0,00 €
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1.657,50 €	33,15 €
TOTAL:					1.690,65 €
TOTAL DISEÑO DE LA PLACA ELECTRÓNICA MODULAR					4.717,50 €

## 2. Ensamblado de la PCB

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
2.1.		<i>Proceso de soldadura de componentes</i>			
	h	Técnico de laboratorio	10	30,00 €	300,00 €
	h	Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	40	25,00 €	1.000,00 €
	ud.	Estación de soldadura	0,1	403,00 €	40,30 €
	ud.	Pinza de precisión	2	0,85 €	1,70 €
	ud.	Bobina de estaño 100 g. Ø1 mm.	1	10,24 €	10,24 €
	ud.	Bobina de estaño 100 g. Ø0,56 mm.	1	9,50 €	9,50 €
	ud.	Pasta de soldadura	1	8,35 €	8,35 €
	ud.	Malla de cobre para desoldadura	1	4,74 €	4,74 €
	ud.	Condensador 0,1 uF	1	0,01 €	0,01 €
	ud.	Condensador 10 uF	1	0,04 €	0,04 €
	ud.	Condensador 22 uF	4	0,07 €	0,29 €
	ud.	Condensador aluminio 100 uF	2	0,03 €	0,06 €
	ud.	Diodo LED Verde	1	0,03 €	0,03 €
	ud.	Diodo LED Rojo	1	0,02 €	0,02 €
	ud.	Diodo Schottky BAT60	1	0,04 €	0,04 €
	ud.	Diodo Schottky SR54	1	0,09 €	0,09 €
	ud.	Conector macho 2,54mm 15 vias negro	3	0,07 €	0,22 €
	ud.	Conector macho 2,54mm 15 vias rojo	2	0,14 €	0,28 €
	ud.	Conector macho 2,54mm 15 vias azul	2	0,29 €	0,57 €
	ud.	Conector hembra 2,54mm 15 vias	2	0,10 €	0,21 €
	ud.	Bobina 3,3 uH	1	0,11 €	0,11 €
	ud.	Resistencia 100Ω	1	0,01 €	0,01 €
	ud.	Resistencia 1kΩ	2	0,01 €	0,03 €

## 2. Ensamblado de la PCB

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
2.1.		<i>Proceso de soldadura de componentes</i>			
	ud.	Resistencia 1,2kΩ	1	0,01 €	0,01 €
	ud.	Resistencia 2kΩ	1	0,01 €	0,01 €
	ud.	Resistencia 10kΩ	1	0,01 €	0,01 €
	ud.	Resistencia 39kΩ	1	0,04 €	0,04 €
	ud.	Resistencia 80,6kΩ	1	0,06 €	0,06 €
	ud.	Resistencia 100kΩ	1	0,02 €	0,02 €
	ud.	Microcontrolador NodeMCU V3 Lolin	1	3,33 €	3,33 €
	ud.	Circuito Integrado FP6298 (Step-Up)	1	0,23 €	0,23 €
	ud.	Circuito Integrado TP4056 (Cargador de Batería)	1	0,13 €	0,13 €
	ud.	Circuito Integrado FS312F-G (Protector de batería)	1	0,10 €	0,10 €
	ud.	Circuito Integrado FS8205 (Mosfet canal N dual)	1	0,11 €	0,11 €
	ud.	Circuito Integrado AO3401 (Mosfet canal P)	1	0,04 €	0,04 €
	ud.	Porta-baterías 18650 keystone modelo 1042	1	1,94 €	1,94 €
	ud.	Interruptor	1	0,08 €	0,08 €
	ud.	Alicates de corte	1	9,00 €	9,00 €
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1.391,96 €	27,84 €
				TOTAL:	1.419,80 €

TOTAL ENSAMBLADO DE LA PCB

1.419,80 €

### 3. Evaluación de la placa

Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe	
3.1.		<i>Comprobación del circuito electrónico</i>				
	h	Técnico de laboratorio	5	30,00 €	150,00 €	
	h	Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	40	25,00 €	1.000,00 €	
	ud.	Osciloscopio	0,1	425,00 €	42,50 €	
	ud.	Fuente de alimentación variable	0,1	65,00 €	6,50 €	
	ud.	Multímetro	0,05	40,00 €	2,00 €	
	ud.	Batería Li-ion modelo 18650	1	3,00 €	3,00 €	
	%	Costes Directos Complementarios	0,02	1.204,00 €	24,08 €	
				Total:		1.228,08 €
	3.2.		<i>Ensayo de funcionamiento</i>			
h		Director del proyecto	10	40,00 €	400,00 €	
h		Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales	70	25,00 €	1.750,00 €	
ud.		Ordenador	0,025	1.000,00 €	25,00 €	
ud.		Servomotor SG90	9	1,80 €	16,20 €	
ud.		Multímetro	0,05	40,00 €	2,00 €	
ud.		Cable micro-usb	1	1,30 €	1,30 €	
ud.		Software Arduino IDE	1	- €	0,00 €	
ud.		Resistencia 4,7 $\Omega$	2	11,28 €	22,56 €	
ud.		Resistencia 22 $\Omega$	3	0,52 €	1,56 €	
ud.		Licencia de software MATLAB	0,1	2.000,00 €	200,00 €	
ud.		Batería Li-ion modelo 18650	1	3,00 €	3,00 €	
ud.		Arduino UNO	1	20,00 €	20,00 €	
ud.		Cables de puente macho-macho	10	0,10 €	1,00 €	
ud.		Cables de puente macho-hembra	10	0,10 €	1,00 €	
%		Costes Directos Complementarios	0,02	2.443,62 €	48,87 €	
				Total:		2.492,49 €

TOTAL EVALUACIÓN DE LA PLACA

3.720,57 €

## 4. Presupuesto base de licitación

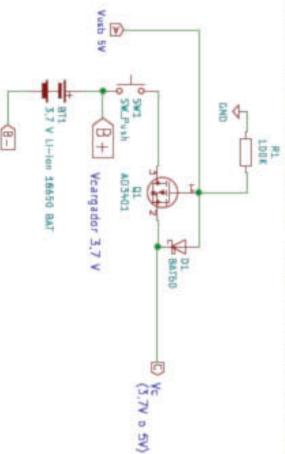
Código	Descripción	Importe
1	Diseño de la placa electrónica modular	4.717,50 €
2	Ensamblado de la placa	1.419,80 €
3	Evaluación de la placa electrónica modular	3.720,57 €
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>		<b>9.857,87 €</b>
	Gastos generales (13%)	1.281,52 €
	Beneficio industrial (6%)	591,47 €
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)</b>		<b>11.730,87 €</b>
	IVA (21%)	2.463,48 €
<b>Presupuesto base de licitación</b>		<b>14.194,35 €</b>

El presupuesto base de licitación asciende a la cantidad de **CATORCE MIL CIENTO NOVENTA Y CUATRO CON TREINTA Y CINCO CÉNTIMOS.**

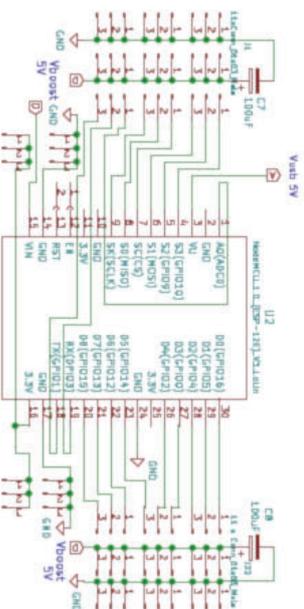
**DOCUMENTO Nº 3:**  
**PLANOS**



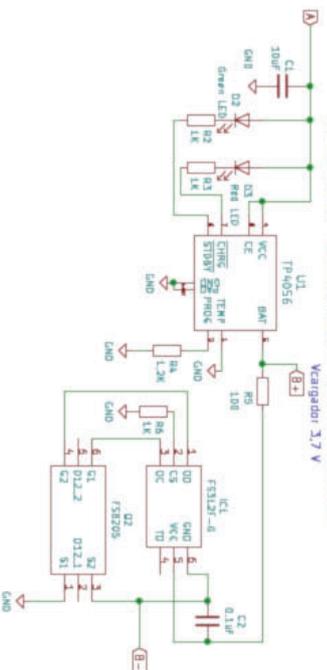
## SISTEMA DE ALIMENTACIÓN CON CARGA COMPARTIDA



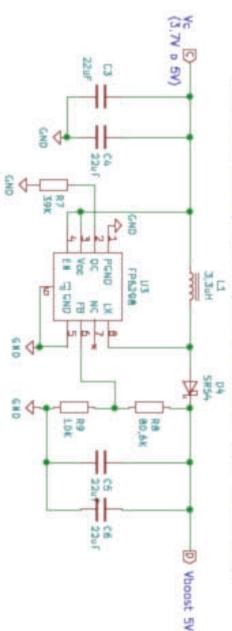
## I/O NODEMCU V3

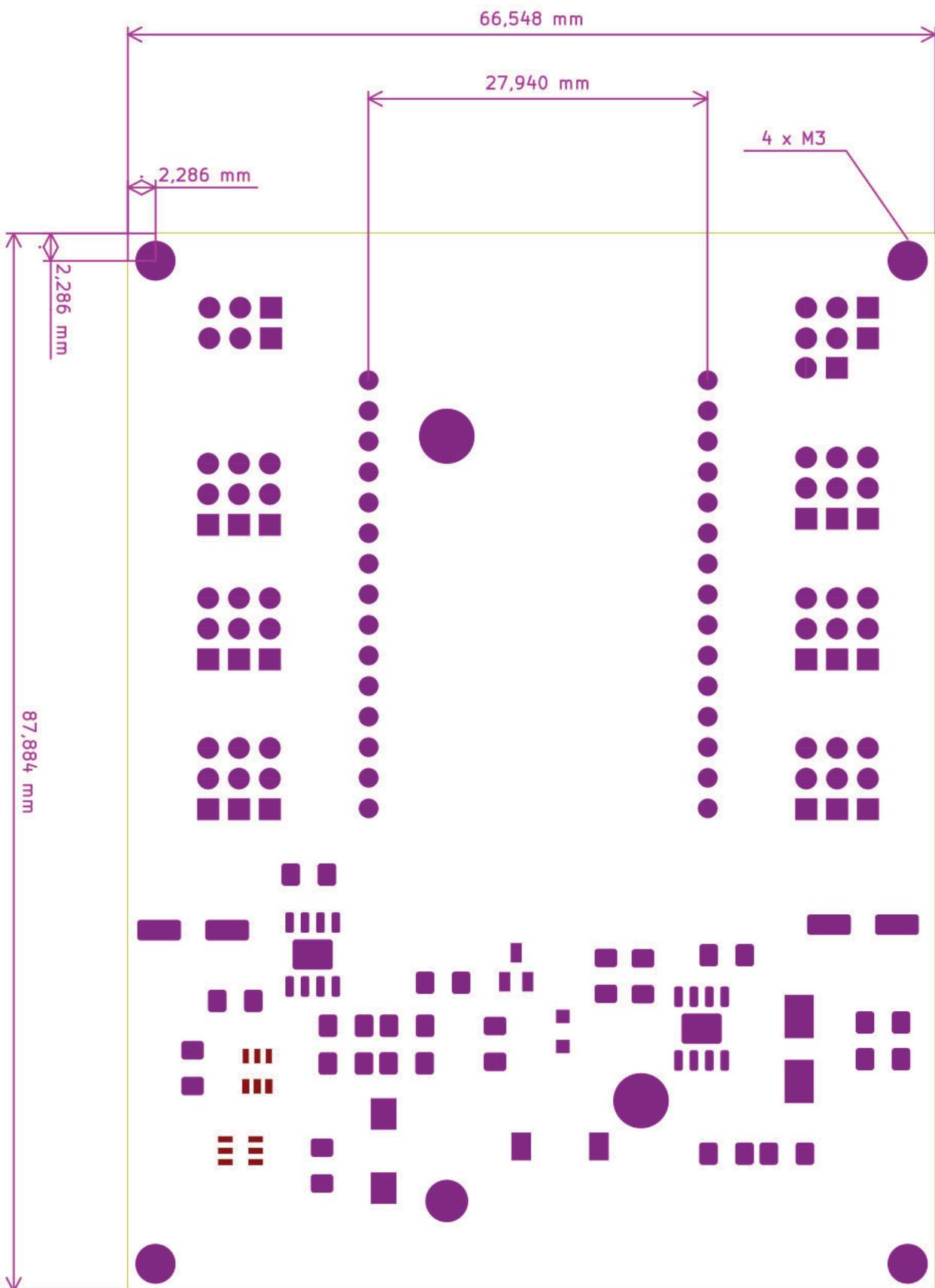


## CIRCUITO CARGADOR DE BATERIAS



## ELEVADOR (CONVERTIDOR DC-DC BOOST)







UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

Proyecto:

DISEÑO DE UNA PLACA ELECTRÓNICA  
MODULAR PARA EL MICROCONTROLADOR  
NODEMCU V3

Plano:

Pistas en la capa de cobre superior

Autor:

Joaquín Blas Gascón Bononad

Fecha:

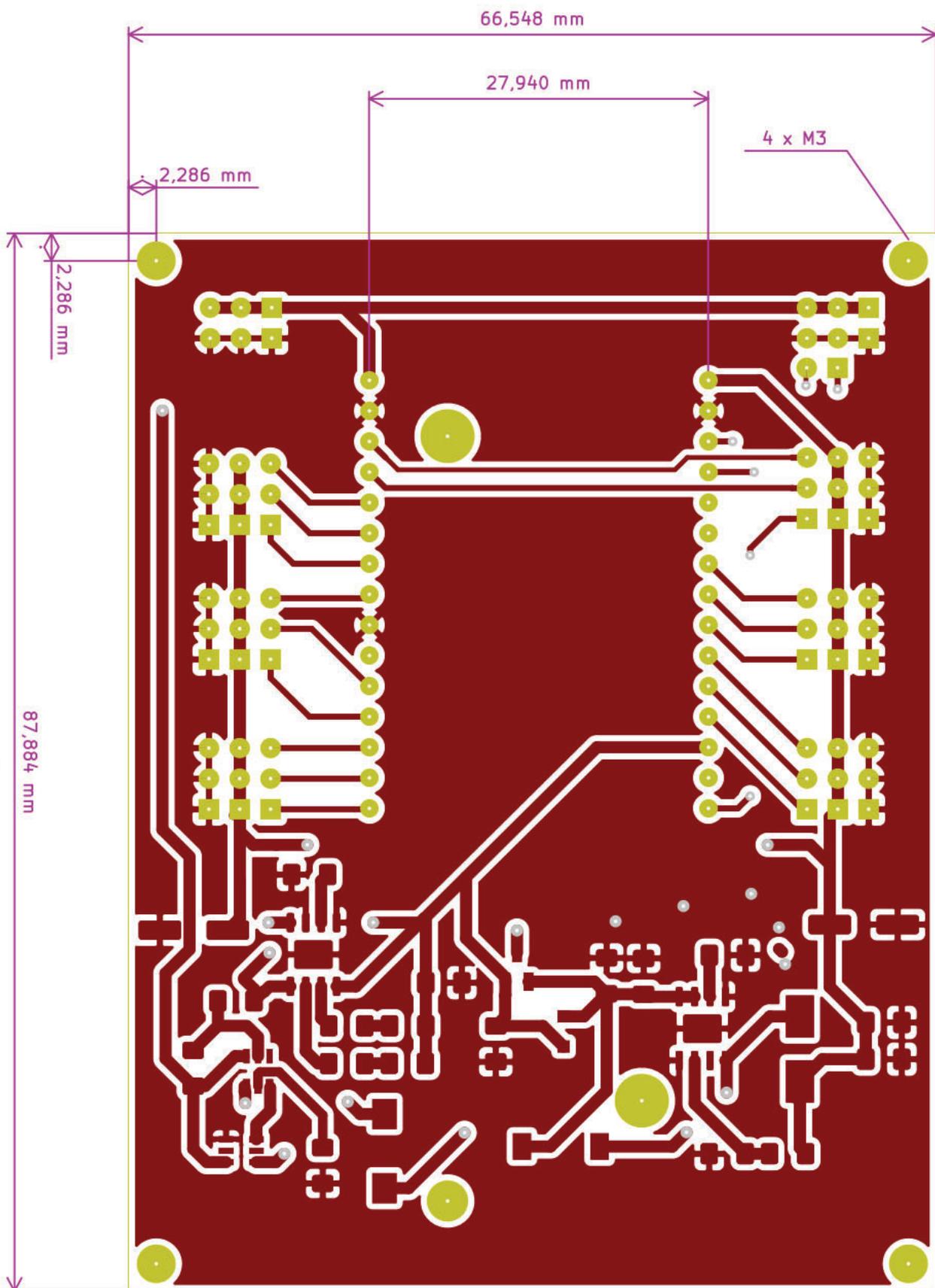
Julio 2019

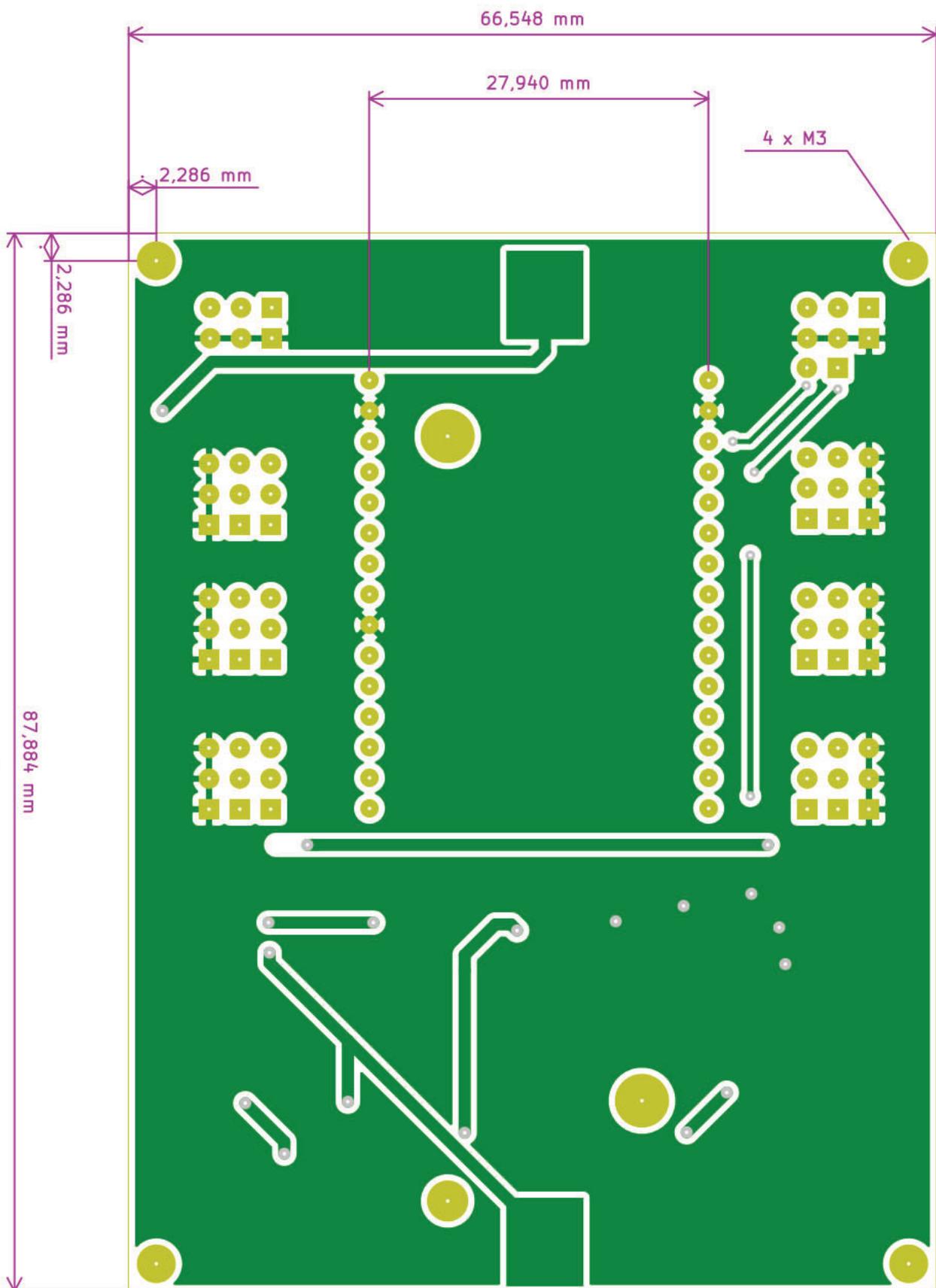
Escala:

3:1

Nº Plano:

3





**DOCUMENTO Nº 4:**  
**ANEXO**

## ÍNDICE DEL ANEXO

1. PROGRAMA DE PRUEBA SERVOMOTORES.....	3
2. PROGRAMA DE MEDICIÓN DE TENSIONES .....	4
3. CÁLCULO DE RENDIMIENTO DEL ELEVADOR.....	5
4. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS.....	6

# 1. PROGRAMA DE PRUEBA SERVOMOTORES

CONTROL\_SERVOMOTORES §

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servo0;  
Servo servo1;  
Servo servo2;  
Servo servo3;  
Servo servo4;  
Servo servo5;  
Servo servo6;  
Servo servo7;
```

```
void setup() {
```

```
servo0.attach(16);  
servo1.attach(5);  
servo2.attach(4);  
servo3.attach(0);  
servo4.attach(2);  
servo5.attach(14);  
servo6.attach(12);  
servo7.attach(13);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
servo0.write(0);  
servo1.write(10);  
servo2.write(20);  
servo3.write(30);  
servo4.write(40);  
servo5.write(50);  
servo6.write(60);  
servo7.write(70);
```

```
delay(2000);
```

```
servo0.write(180);  
servo1.write(170);  
servo2.write(160);  
servo3.write(150);  
servo4.write(140);  
servo5.write(130);  
servo6.write(120);  
servo7.write(110);
```

```
delay(2000);
```

```
}
```

## 2. PROGRAMA DE MEDICIÓN DE TENSIONES

```
Voltmetro_5_V
int pinVin = A0;
int pinVout = A5;
int pinOD = A4;
int pincharge = A2;

float escala = 100; //100 para voltios, 0.1 para milivoltios

void setup() {
  // put your setup code here, to run once:

  Serial.begin(9600);

  pinMode(pinVin, INPUT);
  pinMode(pinVout, INPUT);
  pinMode(pinOD, INPUT);
  pinMode(pincharge, INPUT);
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:

  float lecturaVin = analogRead(pinVin);
  float lecturaVout = analogRead(pinVout);
  float lecturaOD = analogRead(pinOD);
  float lecturacharge = analogRead(pincharge);

  lecturaVin = map(lecturaVin, 0, 1023, 0, 500);
  lecturaVout = map(lecturaVout, 0, 1023, 0, 500);
  lecturaOD = map(lecturaOD, 0, 1023, 0, 500);
  lecturacharge = map(lecturacharge, 0, 1023, 0, 500);

  float Vin = lecturaVin/escala;
  float Vout = lecturaVout/escala;
  float OD = lecturaOD/escala;
  float charge = lecturacharge/escala;

  Serial.print(Vin);
  Serial.println(",");
  Serial.print(Vout);
  Serial.println(",");
  Serial.print(OD);
  Serial.println(",");
  Serial.print(charge);
  Serial.println(",");

  delay(300);
}
```

### 3. CÁLCULO DE RENDIMIENTO DEL ELEVADOR

<i>Tension de salida</i>		3,2		3,7		4,2		5	
R(Ω) Tentrada(V)									
2,35	0	3,93	4,4	4,82					
4,7	4,62	5	5,48	5,5					
7,3	5,5	5,5	5,5	5,5					
11	5,5	5,5	5,5	5,5					
22	5,5	5,5	5,5	5,5					
44	5,5	5,5	5,5	5,5					
66	5,5	5,5	5,5	5,5					
<b>Vin=3,2 V</b>									
Potencia absorbida (W)	Potencia útil (W)	Rendimiento (%)							
7,168	4,6662	65%							
6,08	4,07	67%							
4,128	2,75	67%							
1,664	1,375	83%							
0,768	0,715	93%							
0,544	0,44	81%							
<b>Vin=3,7 V</b>									
Potencia absorbida (W)	Potencia útil (W)	Rendimiento (%)							
9,435	5,7378	61%							
7,844	4,07	71%							
5,735	2,75	74%							
1,628	1,375	84%							
0,777	0,715	92%							
0,518	0,44	85%							
<b>Vin=4,2 V</b>									
Potencia absorbida (W)	Potencia útil (W)	Rendimiento (%)							
10,836	6,908	64%							
7,98	5,48	69%							
5,376	4,07	76%							
3,486	2,75	79%							
1,638	1,375	84%							
0,798	0,715	90%							
0,546	0,44	81%							
<b>Vin=5 V</b>									
Potencia absorbida (W)	Potencia útil (W)	Rendimiento (%)							
13,05	9,2062	71%							
7,6	4,62	61%							
5,25	4,07	78%							
3,35	2,75	82%							
1,65	1,375	83%							
0,85	0,715	84%							
0,6	0,44	73%							
<b>Corriente de entrada (A)</b>									
R(Ω) Tentrada(V)		3,2	3,7	4,2	5				
2,35	0	2,55	2,58	2,61					
4,7	2,24	2,12	1,9	1,52					
7,3	1,9	1,55	1,28	1,05					
11	1,29	1	0,83	0,67					
22	0,52	0,44	0,39	0,33					
44	0,24	0,21	0,19	0,17					
66	0,17	0,14	0,13	0,12					
<b>Corriente de salida (A)</b>									
R(Ω) Tentrada(V)		3,2	3,7	4,2	5				
2,35	0	1,46	1,57	1,91					
4,7	1,01	1,02	1	0,84					
7,3	0,74	0,74	0,74	0,74					
11	0,5	0,5	0,5	0,5					
22	0,25	0,25	0,25	0,25					
44	0,13	0,13	0,13	0,13					
66	0,08	0,08	0,08	0,08					

**Potencia absorbida=(Tension entrada\*Corriente entrada)**

**Potencia útil=(Tension salida\*Corriente salida)**

**Rendimiento=(Potencia útil/Potencia absorbida)\*100**

## 4. HOJAS DE CARACTERÍSTICAS DE COMPONENTES ELECTRÓNICOS

En el siguiente apartado se adjunta la información más relevante de los principales componentes que monta la placa, como son la tabla de características eléctricas y la asociación de pines. Se añade también el enlace a las hojas de características completas por si se requiere la consulta de otros datos.

Los componentes son los siguientes:

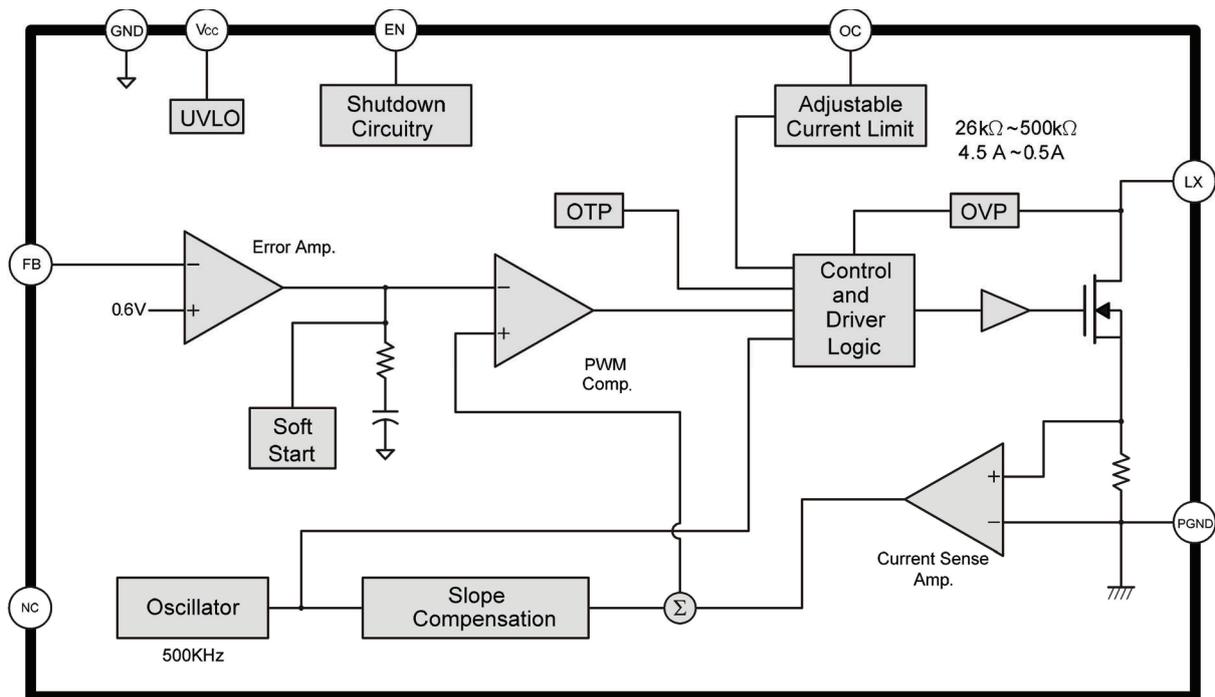
1. Circuito integrado elevador **FP6298**: [https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/Feeling-Tech-FP6298XR-G1\\_C88319.pdf](https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/Feeling-Tech-FP6298XR-G1_C88319.pdf)
2. Circuito integrado cargador **TP4056**:  
<https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>
3. Circuito de protección de la batería **FS312-G**:  
[https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1811191832\\_Fortune-Semicon-FS312F-G\\_C82736.pdf](https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1811191832_Fortune-Semicon-FS312F-G_C82736.pdf)
4. MOSFET dual de canal N **FS8205**: [https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/Fortune-Semicon-FS8205\\_C32254.pdf](https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/Fortune-Semicon-FS8205_C32254.pdf)
5. MOSFET de enriquecimiento de canal P **AO3401**: [https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/SK-AO3401\\_C122851.pdf](https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/SK-AO3401_C122851.pdf)

Adicionalmente se añade una hoja de información relativa al porta-pilas utilizado en la placa electrónica modular.

# **CIRCUITO INTEGRADO ELEVADOR**

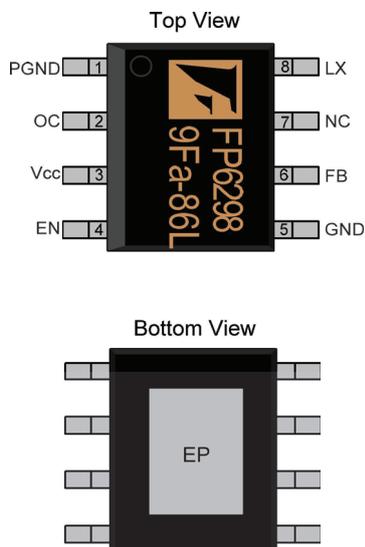
**FP6298**

## Function Block Diagram



## Pin Descriptions

### SOP-8L(EP)



Name	No.	I / O	Description
PGND	1	P	IC Ground
OC	2	I	Adjustable Current Limit (Floating Available)
Vcc	3	P	IC Power Supply
EN	4	I	Enable Control (Active High)
GND	5	P	IC Ground
FB	6	I	Error Amplifier Inverting Input
NC	7	NA	Not Connected
LX	8	O	Power Switch Output
EP	9	P	Exposed PAD (Must connect to Ground)

This datasheet contains new product information. Feeling Technology reserves the rights to modify the product specification without notice. No liability is assumed as a result of the use of this product. No rights under any patent accompany the sales of the product.

## Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply Voltage	V <sub>IN</sub>		2.6		5.5	V
Operating Temperature Range	T <sub>A</sub>	Ambient Temperature	-40		+85	°C

## DC Electrical Characteristics (V<sub>CC</sub>=3.3V, T<sub>A</sub>=25°C, unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
<b>System Supply Input</b>						
Input Supply Range	V <sub>CC</sub>		2.6		5.5	V
Under Voltage Lockout	V <sub>UVLO</sub>			2.2		V
UVLO Hysteresis				0.1		V
Quiescent Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>FB</sub> =0.66V, No switching		0.2		mA
Average Supply Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>FB</sub> =0.55V, Switching		6.5		mA
Shutdown Supply Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>EN</sub> =GND		0.1		μA
<b>Oscillator</b>						
Operation Frequency	F <sub>OSC</sub>		400	500	600	KHz
Frequency Change with Voltage	Δf / ΔV	V <sub>CC</sub> =2.6V to 5.5V		5		%
Maximum Duty Cycle	T <sub>DUTY</sub>			90		%
<b>Reference Voltage</b>						
Reference Voltage	V <sub>REF</sub>		0.588	0.6	0.612	V
Line Regulation		V <sub>CC</sub> =2.6V ~ 5.5V		0.2		% / V
<b>Enable Control</b>						
Enable Voltage	V <sub>EN</sub>		0.96			V
Shutdown Voltage	V <sub>EN</sub>				0.6	V
<b>MOSFET</b>						
On Resistance of Driver	R <sub>DS(ON)</sub>	I <sub>LX</sub> =2A		0.08		Ω
<b>Protection</b>						
OCP Current	I <sub>OCP</sub>			4.5		A
Adjustable OCP Current	I <sub>OCP</sub>	With External Resistor : 26k~500k	0.5		4.5	A
OTP Temperature	T <sub>OTP</sub>			+150		°C

This datasheet contains new product information. Feeling Technology reserves the rights to modify the product specification without notice. No liability is assumed as a result of the use of this product. No rights under any patent accompany the sales of the product.

**CIRCUITO INTEGRADO CARGADOR**  
**TP4056**

## TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

### DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

### FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or impending

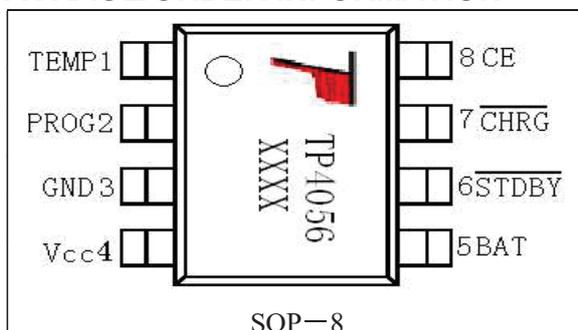
### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage( $V_{CC}$ ):  $-0.3V \sim 8V$
- TEMP:  $-03V \sim 10V$
- CE:  $-03V \sim 10V$
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature:  $145^{\circ}C$
- Operating Ambient Temperature Range:  $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$
- Lead Temp.(Soldering, 10sec):  $260^{\circ}C$

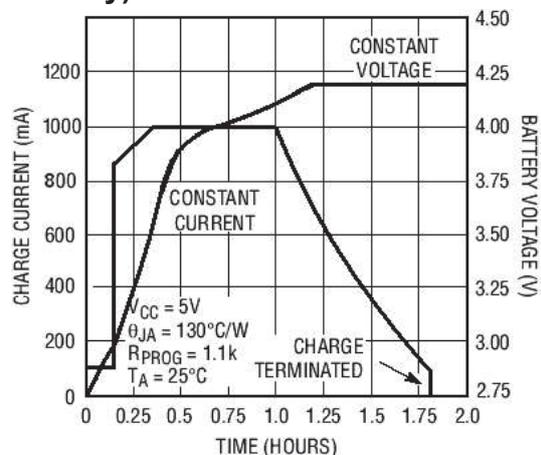
### APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers,Chargers

### PACKAGE/ORDER INFORMATION

 <p>TEMP1 PROG2 GND3 <math>V_{CC}</math>4</p> <p>8 CE 7 CHRG 6 STDBY 5 BAT</p> <p>SOP-8</p>	
photo	<b>ORDER PART NUMBER</b> TP4056-42-SOP8-PP
	<b>PART MARKING</b> TP4056

### Complete Charge Cycle (1000mAh Battery)



**TEMP(Pin 1) :Temperature Sense Input** Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in Lithium ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 45% or above 80% of supply voltage  $V_{IN}$  for more than 0.15S, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

**PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin** charge current is set by connecting a resistor  $R_{ISET}$  from this pin to GND. When in precharge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 0.2V. When in constant charge current mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V. In all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \times 1200 \quad (V_{PROG}=1V)$$

**GND(Pin3): Ground Terminal**

**Vcc(Pin 4): Positive Input Supply Voltage**  $V_{IN}$  is the power supply to the internal circuit. When  $V_{IN}$  drops to within 30mv of the BAT pin voltage, TP4056 enters low power sleep mode, dropping BAT pin's current to less than 2uA.

**BAT(Pin5): Battery Connection Pin.** Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 2uA current in chip disable mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

**STDBY(Pin6): Open Drain Charge Status Output** When the battery Charge Termination, the  $\overline{STDBY}$  pin is pulled low by an internal switch, otherwise  $\overline{STDBY}$  pin is in high impedance state.

**CHRG (Pin7): Open Drain Charge Status Output** When the battery is being charged, the  $\overline{CHRG}$  pin is pulled low by an internal switch, otherwise  $\overline{CHRG}$  pin is in high impedance state.

**CE(Pin8): Chip Enable Input.** A high input will put the device in the normal operating mode. Pulling the CE pin to low level will put the YP4056 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at  $T_A=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC}=5V$ , unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{CC}$	Input Supply Voltage		● 4.0	5	8.0	V	
$I_{CC}$	Input Supply Current	Charge Mode, $R_{PROG} = 1.2k$	●	150	500	$\mu\text{A}$	
		StandbyMode(Charge Terminated)	●	55	100	$\mu\text{A}$	
		Shutdown Mode ( $R_{PROG}$ Not Connected, $V_{CC} < V_{BAT}$ , or $V_{CC} < V_{UV}$ )	●	55	100	$\mu\text{A}$	
$V_{FLOAL}$	Regulated Output (Float) Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ , $I_{BAT}=40\text{mA}$	4.137	4.2	4.263	V	
$I_{BAT}$	BAT Pin Current Text condition: $V_{BAT}=4.0V$	$R_{PROG} = 2.4k$ , Current Mode	●	450	500	550	mA
		$R_{PROG} = 1.2k$ , Current Mode	●	950	1000	1050	mA
		Standby Mode, $V_{BAT} = 4.2V$	●	0	-2.5	-6	$\mu\text{A}$
$I_{TRIKL}$	Trickle Charge Current	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$ , $R_{PROG}=1.2K$	●	120	130	140	mA
$V_{TRIKL}$	Trickle Charge Threshold Voltage	$R_{PROG}=1.2K$ , $V_{BAT}$ Rising		2.8	2.9	3.0	V
$V_{TRHYS}$	Trickle Charge Hysteresis Voltage	$R_{PROG}=1.2K$		60	80	100	mV
$T_{LIM}$	Junction Temperature in Constant Temperature Mode			145		$^\circ\text{C}$	

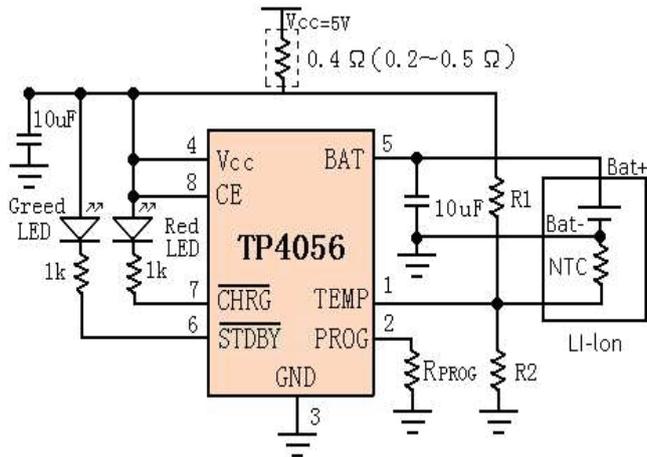
### indicator light state

Charge state	Red LED $\overline{\text{CHRG}}$	Green LED $\text{STDBY}$
charging	bright	extinguish
Charge Termination	extinguish	bright
Vin too low; Temperature of battery too low or too high; no battery	extinguish	extinguish
BAT PIN Connect 10u Capacitance; No battery	Green LED bright, Red LED Coruscate T=1-4 S	

### Rprog Current Setting

R <sub>PROG</sub> (k)	I <sub>BAT</sub> (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000

### TYPICAL APPLICATIONS



# **CIRCUITO DE PROTECCIÓN DE LA BATERÍA**

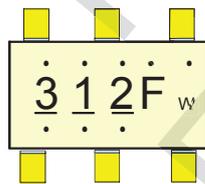
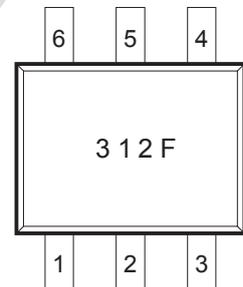
## **FS312-G**

5. Product Name List

Model	Package	Overcharge detection voltage [VOCP] (V)	Overcharge release voltage [VOCR] (V)	Overdischarge detection voltage [VODP] (V)	Overdischarge release voltage [VODR] (V)	Overcurrent detection voltage [VOI1] (mV)
	SOT-23-6					
FS312F-G	FS312F-G	4.250±0.025	4.145±0.050	2.90±0.080	3.0±0.080	150±30

6. Pin Configuration and Package Marking Information

Pin No.	Symbol	Description
1	OD	MOSFET gate connection pin for discharge control
2	CS	Input pin for current sense, charger detect
3	OC	MOSFET gate connection pin for charge control
4	TD	Test pin for reduce delay time
5	VCC	Power supply, through a resistor (R1)
6	GND	Ground pin



Top Point : Lot No.  
 Bottom Point : Year  
 w : week, A~Z & A ~ Z

**10. Electrical Characteristics**

(Ta=25 °C unless otherwise specified)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SYMBOL	Min	Typ	Max	UNIT
Supply Current	VCC=3.9V	ICC		3.0	6.0	μA
Power-Down Current	VCC=2.0V	IPD			0.1	μA
Overcharge Protection Voltage	FS312F-G	VOCP	4.225	4.25	4.275	V
Overcharge Release Voltage		VOCR	4.095	4.145	4.195	V
Overdischarge Protection Voltage		VODP	2.82	2.90	2.98	V
Overdischarge Release Voltage		VODR	2.92	3.00	3.08	V
Overcurrent Protection Voltage		VOIP (VOI1)	120	150	180	mV
Short Current Protection Voltage	VCC=3.6V	VSIP (VOI2)	1.00	1.35	1.70	V
Overcharge Delay Time		TOC		200	300	ms
Overdischarge Delay Time	VCC=3.6V to 2.0V	TOD		40	100	ms
Overcurrent Delay Time (1)	VCC=3.6V	TOI1		10	20	ms
Overcurrent Delay Time (2)	VCC=3.6V	TOI2		5	50	μs
Charger Detection Threshold Voltage		VCHA	-1.2	-0.7	-0.2	V
OD Pin Output "H" Voltage		VDH	VCC-0.1	VCC-0.02		V
OD Pin Output "L" Voltage		VDL		0.1	0.5	V
OC Pin Output "H" Voltage		VCH	VCC-0.1	VCC-0.02		V
OC Pin Output "L" Voltage		VCL		0.1	0.5	V

**MOSFET DUAL DE CANAL N**

**FS8205**

**1. Features**

1.1 Low on-resistance

1.1.1  $R_{DS(ON)} = 28\text{ m}\Omega$  MAX. ( $V_{GS} = 4.5\text{V}$ ,  $I_D = 4\text{A}$ )

1.1.2  $R_{DS(ON)} = 37\text{ m}\Omega$  MAX. ( $V_{GS} = 2.5\text{V}$ ,  $I_D = 3\text{A}$ )

**2. Applications**

- Li-ion battery management applications

**3. Ordering Information**

Product Number	Description	Package Type	Quantity/Reel
FS8205	SOT23-6 package version	SOT23-6	3,000

**4. Pin Assignment**



**5. Absolute Maximum Ratings**

Symbol	Parameter	Rating	Units
VDS	Drain-Source Voltage	20	V
VGS	Gate-Source Voltage	±12	V
ID @TA = 25°C	Continuous Drain Current <sup>3</sup>	6	A
ID @TA = 70°C	Continuous Drain Current <sup>3</sup>	5	A
IDM	Pulsed Drain Current <sup>1</sup>	25	A
PD @TA = 25°C	Total Power Dissipation	1	W
	Linear Derating Factor	0.008	W/°C
TSTG	Storage Temperature Range	-55 to 150	°C
TJ	Operating Junction Temperature Range	-55 to 150	°C

**6. Thermal Data**

Symbol	Parameter	Value	Unit
Rthj-a	Thermal Resistance Junction-ambient <sup>3</sup>	Max. 125	°C/W

**7. Electrical Characteristics**

Electrical Characteristics @T<sub>j</sub> = 25°C ( unless otherwise specified )

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
<b>Static Characteristics</b>						
$BV_{DSS}$	Drain-Source Breakdown Voltage	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$	20	-	-	V
$\Delta BV_{DSS}/\Delta T_j$	Breakdown Voltage Temperature Coefficient	Reference to 25°C, $I_D = 1mA$	-	0.1	-	V/°C
$R_{DS(ON)}$	Static Drain-Source On-Resistance <sup>2</sup>	$V_{GS} = 4.5V, I_D = 4A$	-	23	28	mΩ
		$V_{GS} = 2.5V, I_D = 3A$	-	30	37	mΩ
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$	0.45	-	1.2	V
$I_{DSS}$	Drain-Source Leakage Current ( $T_j = 25^\circ C$ )	$V_{DS} = 16V, V_{GS} = 0V$	-	-	1	μA
	Drain-Source Leakage Current ( $T_j = 70^\circ C$ )	$V_{DS} = 16V, V_{GS} = 0V$	-	-	25	μA
$I_{GSS}$	Gate-Source Leakage	$V_{GS} = \pm 10V$	-	-	±0.1	μA

**8. Source-Drain Diode**

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	$V_D = V_G = 0V, V_S = 1.2V$	-	-	0.83	A
$V_{SD}$	Forward On Voltage <sup>2</sup>	$T_j = 25^\circ C, I_S = 1.25A, V_{GS} = 0V$	-	-	1.2	V

**Notes :**

1. Pulse width limited by Max. junction temperature.
2. Pulse width  $\leq 300\mu s$ , duty cycle  $\leq 2\%$ .
3. Surface mounted on 1 in<sup>2</sup> copper pad of FR4 board ; 208°C/W when mounted on Min. copper pad.

**MOSFET DE ENRIQUECIMIENTO DE  
CANAL P  
AO3401**

## P-Channel Enhancement Mode MOSFET

### Feature

- 30V/-4.2A,  $R_{DS(ON)} = 55\text{m}\Omega(\text{MAX}) @V_{GS} = -10\text{V}$ .
- $R_{DS(ON)} = 70\text{m}\Omega(\text{MAX}) @V_{GS} = -4.5\text{V}$ .
- $R_{DS(ON)} = 120\text{m}\Omega(\text{MAX}) @V_{GS} = -2.5\text{V}$ .

Super High dense cell design for extremely low  $R_{DS(ON)}$

Reliable and Rugged

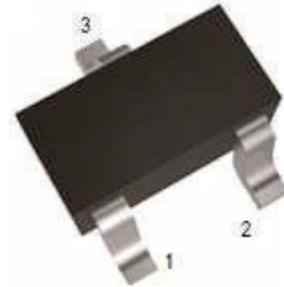
SC-59 for Surface Mount Package

### Applications

Power Management

Portable Equipment and Battery Powered Systems.

### SC-59



1 : Gate 2 : Source 3 : Drain

### Absolute Maximum Ratings TA=25°C Unless Otherwise noted

Parameter	Symbol	Limit	Units
Drain-Source Voltage	$V_{DS}$	-30	V
Gate-Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 12$	V
Drain Current-Continuous	$I_D$	-4.2	A

### Electrical Characteristics TA=25°C Unless Otherwise noted

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ.	Max	Units
<b>Off Characteristics</b>						
Drain to Source Breakdown Voltage	BVDSS	$V_{GS}=0\text{V}, I_D=-250\mu\text{A}$	-30	-	-	V
Zero-Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$	$V_{DS}=-24\text{V}, V_{GS}=0\text{V}$	-	-	-1	$\mu\text{A}$
Gate Body Leakage Current, Forward	$I_{GSSF}$	$V_{GS}=12\text{V}, V_{DS}=0\text{V}$	-	-	100	nA
Gate Body Leakage Current, Reverse	$I_{GSSR}$	$V_{GS}=-12\text{V}, V_{DS}=0\text{V}$	-	-	-100	nA
<b>On Characteristics</b>						
Gate Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	$V_{GS}=V_{DS}, I_D=-250\mu\text{A}$	-0.7	-	-1.3	V
Static Drain-source On-Resistance	$R_{DS(ON)}$	$V_{GS}=-10\text{V}, I_D=-4.2\text{A}$	-	50	55	$\text{m}\Omega$
		$V_{GS}=-4.5\text{V}, I_D=-4.0\text{A}$	-	60	70	$\text{m}\Omega$
		$V_{GS}=-2.5\text{V}, I_D=-1.0\text{A}$	-	80	120	$\text{m}\Omega$
<b>Drain-Source Diode Characteristics and Maximum Ratings</b>						
Drain-Source Diode Forward Voltage	VSD	$V_{GS}=0\text{V}, I_S=-1.0\text{A}$			-1.0	V

SHIKE MAKE CONSCIOUS PRODUCT

CONSCIOUS PRODUCTS BEGIN WITH CONSCIOUS PEOPLE

REV.07



www.shike.tw

# **INFORMACIÓN DEL PORTA-PILAS**

**1042**

# "18650" LITHIUM-ION BATTERY HOLDERS

## THM Leaf Springs



1049 (Dual Cell)  
Not Shown

## THM Polarized



1049P (Dual Cell)  
Not Shown

## Solder Lugs\*



1047 (Dual Cell)  
Not Shown

## SMT Leaf Springs



1048 (Dual Cell)  
Not Shown

## SMT Polarized



1048P (Dual Cell)  
Not Shown

### FEATURES

- Low profile surface mount holder for Cylindrical Lithium and alkaline batteries
- UL 94V-0 heat resistant nylon housing well suited for reflow soldering
- Battery installation and removal does not require tools
- Securely holds battery in place

- Accommodates cells with or without built-in PCB protection circuits
- Polarity clearly marked for orientation
- Polarized holders available for protection against improper battery installation

**Operating Temp Range:**  
-60°F to +290°F (-50°C to +145°C)

### APPLICATIONS

- Computer memory, power backup systems
- Digital readers
- Laptop and touch pad computers
- PLC and industrial controls
- Electronic cigarette/vapor industry

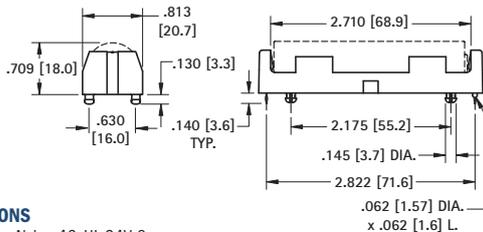


PC Battery Clip  
Available  
See Page 11.

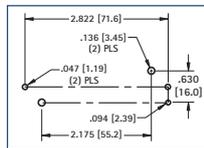
## THRU HOLE MOUNT

## SURFACE MOUNT

### SINGLE CELL



#### Mounting Detail



### SPECIFICATIONS

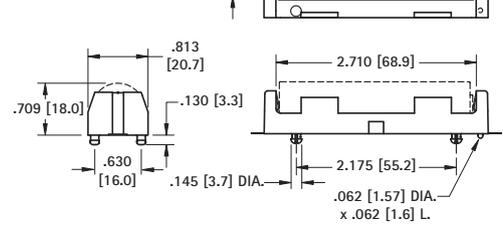
**Base:** High Temp Nylon 46, UL 94V-0  
**Contacts:** .012 (.30) Stainless Steel, Tin-Nickel Plate

**CAT. NO. 1043** Leaf Springs

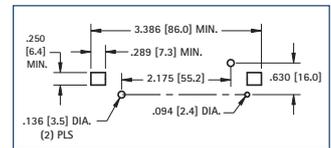
**CAT. NO. 1043P** Polarized Holder

**CAT. NO. 1044** Solder Lugs \*see image above

**Packaging Spec's:** 50 pieces per tray



#### Pad Layout



### SPECIFICATIONS

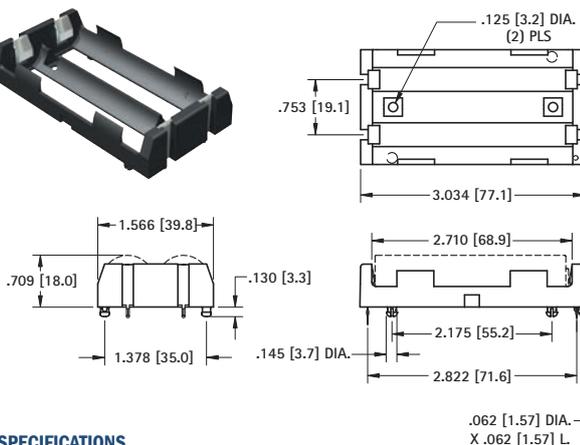
**Base:** High Temp Nylon 46, UL 94V-0  
**Contacts:** .012 (.30) Stainless Steel, Gold Plate (Flash)

**CAT. NO. 1042** Leaf Springs

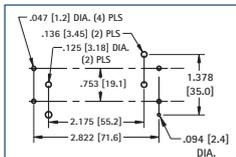
**CAT. NO. 1042P** Polarized Holder

**Packaging Spec's:** 50 pieces per tray

### DUAL CELL



#### Mounting Detail



### SPECIFICATIONS

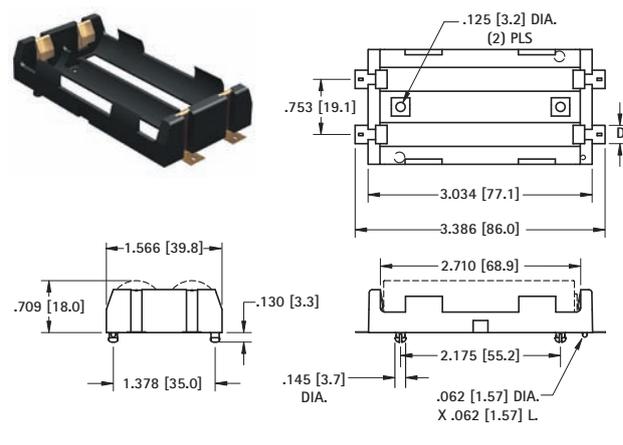
**Base:** High Temp Nylon 46, UL 94V-0  
**Contacts:** .012 (.30) Stainless Steel, Tin-Nickel Plate

**CAT. NO. 1049** Dual Springs

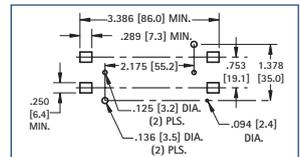
**CAT. NO. 1049P** Polarized Holder

**CAT. NO. 1047** Solder Lugs \*see image above

**Packaging Spec's:** 25 pieces per tray



#### Pad Layout



### SPECIFICATIONS

**Base:** High Temp Nylon 46, UL 94V-0  
**Contacts:** .012 (.30) Stainless Steel, Gold Plate (Flash)

**CAT. NO. 1048** Dual Springs

**CAT. NO. 1048P** Polarized Holder

**Packaging Spec's:** 25 pieces per tray