



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



## TRABAJO FIN DE GRADO

# SISTEMA ELECTRÓNICO DE POSICIONAMIENTO DE PLACAS SOLARES MEDIANTE RTC (RELOJ EN TIEMPO REAL) COMUNICADO POR RS485

## GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

**Autor:**

Marcos Andrés Carrascosa

**Director:**

Rafael Masot Peris





## RESUMEN TRABAJO FIN DE GRADO

Se trata de un sistema de control de placas solares, ubicadas en un “Campo Solar” destinado a co-generación eléctrica, con posicionamiento basado en Calendario Solar. Se pueden definir los ángulos de inicio y final del período de luz solar libre de sombras, para cada zona o región local. El calendario solar define todos los períodos solares de cada día, de cada mes, del año.

Es un sistema totalmente programable y ampliable. Originalmente, el sistema mínimo consta de los elementos básicos, incluyendo su propio Reloj de Tiempo Real. Pero, puede ser ampliado dotando al sistema de Realimentación en Bucle Cerrado, mediante sensores de luz para confirmar el posicionado ideal, y mediante encoder indicador de posicionado del servo. Además, se pueden añadir anemómetro y veleta electrónica para controlar el viento, comunicaciones y control remoto, y otras mejoras adicionales.

El sistema es capaz de controlar varias agrupaciones de nodos, o setas, cada uno dotado de su propio servo de posicionado. Cada agrupación puede contener hasta 128 nodos diferentes. Y el sistema puede manejar hasta 8 agrupaciones diferentes, cada una con su propio bus RS-485 de comunicación interna. El sistema máximo puede, por tanto, manejar cerca de 1.000 nodos independientes, siendo un campo solar generador de alta potencia, en MWatios.

En el mercado existen sistemas de posicionamiento basados en reparto proporcional del tiempo, entre el mínimo y máximo determinados por sendos finales de carrera. El proyecto actual aporta una mejora significativa a un coste muy bajo, y gran sencillez.

## PALABRAS CLAVE

Placas solares, Campo solar, Reloj en tiempo real, comunicación RS-485, PIC18F4520, PIC16F88, Calendario solar.

Marcos ANDRÉS CARRASCOSA  
Mayo 2017





## **ÍNDICE PRINCIPAL de DOCUMENTOS**

<b>1. MEMORIA</b>	<b>7</b>
<b>2. PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>77</b>
<b>3. PRESUPUESTO</b>	<b>89</b>
<b>4. PLANOS</b>	<b>100</b>
<b>5. ANEXOS</b>	<b>125</b>





UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

# MEMORIA

**Autor:**

Marcos Andrés Carrascosa



# ÍNDICE CAPÍTULOS

1. OBJETO .....	15
2. ESTUDIO DE NECESIDADES, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES.....	15
2.1. Necesidades.....	16
2.2. Posibilidades y Tabla de Decisión.....	17
3. SOLUCIONES ALTERNATIVAS .....	19
4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA .....	19
5. DETALLE DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	20
5.1. Placa Principal de Control.....	20
5.2. Placa del Servo Motor DC .....	21
5.3. Accesorios: .....	22
5.3.1. Fuentes de Alimentación .....	22
5.3.2. Cables de interconexión .....	23
6. ENTORNO: CONTROL DEL CAMPO SOLAR.....	23
6.1. Hardware de la Placa Principal de Control .....	24
6.1.1. $\mu$ Controlador .....	24
6.1.2. Display LCD .....	27
6.1.3. Comunicación RS-485 .....	28
6.1.5. Líneas de E/S.....	31
6.1.6. Reloj de Tiempo Real (RTC) .....	32
6.1.7. Teclado de Pulsadores .....	32
6.1.8. Etapa de Alimentación del Sistema.....	32
6.1.9. Construcción de la Placa Principal de Control .....	33
6.2. Hardware de la Placa del Servo Motor DC.....	40
6.2.1. $\mu$ Controlador .....	41
6.2.2. Servo Motor DC.....	42
6.2.3. Serie RS-485 .....	45
6.2.6. Micro - Switches .....	45

6.2.7. E/S Adicionales .....	46
6.2.8. Alimentación .....	46
6.2.9. Construcción de la Placa del Servo Motor DC .....	46
6.3. Formato de Tramas de Comunicación .....	50
6.4. Diagramas de Conexiones entre Módulos .....	52
6.5. Simulación con Isis Proteus .....	53
6.5.1 Simulación de Master con Isis Proteus .....	54
6.5.2 Simulación de Esclavo con Isis Proteus.....	59
6.5.3 Simulación de Maestro y 3 Esclavos con Isis Proteus.....	62
6.5.4 Acerca de Proteus y MPLab.....	66
7. ENTORNO: USUARIO .....	67
8. FLUJOGRAMAS .....	67
9. MEJORAS PARA EL PROYECTO.....	73
9.1. Mejora basada en el Estudio de la Simulación .....	73
10. BIBLIOGRAFÍA.....	75

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Detalle de las setas del campo solar.....	15
Figura 2 Diagrama de Módulos Genérico.....	20
Figura 3 Diagrama de Bloques de Placa Principal de Control.....	21
Figura 4 Diagrama de Bloques de Placa del Servo DC. ....	21
Figura 5 Fuentes de alimentación para placas. ....	22
Figura 6 Fuentes de alimentación para motores de las setas. ....	22
Figura 7 Diagrama de Bloques de placa principal de control.....	24
Figura 8 Funcionamiento Maestro Esclavo Bus industrial RS-485.....	29
Figura 9 Condición de bus libre.....	30
Figura 10 Secuencia con bit start. ....	30
Figura 11 Funcionamiento SDA y SCL. ....	30
Figura 12 Condición de cambio.....	31
Figura 13 Cambios de estado producidos por SCL y SDA.....	31
Figura 14 Pantalla de LCD y botonera.....	32
Figura 15 Esquema electrónico Placa Principal de Control.....	34
Figura 16 Serigrafía en la cara de componentes, y cara de pistas.....	38
Figura 17 Diagrama de Bloques por unidades funcionales. ....	40
Figura 18 Arquitectura Harvard y PipeLine.....	42
Figura 19 Cronograma de la señal PWM con T=20ms y D=1...2ms.....	43
Figura 20 Funcionamiento Servomotor tradicional. ....	44
Figura 21 Conexión Motor Servo.....	45
Figura 22 Esquema electrónico de la Placa del Servo Motor DC. ....	47
Figura 23 Serigrafía en la cara de componentes y cara de pistas.....	48
Figura 24 Tramas de comunicación. ....	50
Figura 25 Conexiones necesarias para la placa principal de control. ....	52
Figura 26 Diagrama de conexiones de los nodos.....	53
Figura 27 Esquema de la simulación. ....	53

Figura 28 Base de tiempos y cronograma de comunicación SPI con el RTC. .....	54
Figura 29 Cronograma de PIC actualiza la hora del propio RTC. ....	55
Figura 30 Cronograma de cómo el PIC actualiza la hora del propio RTC. ....	55
Figura 31 Cronograma de una trama completa del RTC. ....	56
Figura 32 Cronograma de puesta en marcha del sistema. ....	57
Figura 33 Envío de una línea completa al LCD. ....	57
Figura 34 trama enviada a los nodos con las órdenes pertinentes. ....	58
Figura 35 Cronograma Chip Select del MAX1487 y el bus diferencial RS485. ....	59
Figura 36 Pulso correspondiente a la orden “Oeste”. ....	59
Figura 37 Pulso correspondiente a la orden “Este”. ....	60
Figura 38 Pulso correspondiente a la orden “Stop”. ....	60
Figura 39 trama que el máster envía a los nodos. ....	61
Figura 40 Cronograma trama compuesta de 128 subtramas. ....	62
Figura 41 Cronograma de la comunicación half-duplex completa entre maestro y nodos. ....	63
Figura 42 Cronograma con el segundo bus diferencial. ....	64
Figura 43 Esquema definitivo con bus full-duplex. ....	65
Figura 44 Cronograma muestra la trama reducida Este. ....	66
Figura 45 Funcionamiento del LCD. ....	68
Figura 46 Generación de Órdenes. ....	69
Figura 47 Control de Tiempo RTC. ....	70
Figura 48 Gestión del Teclado. ....	71
Figura 49 Generación TX y RX de Tramas. ....	72

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tabla de decisión en función del ratio.....	18
Tabla 2	Tabla de conexionado de los pines del PIC 18F4520. ....	25
Tabla 3	El 18F4520 es un micro de la gama alta de 8 bits.....	26
Tabla 4	Comparativa del PIC con un modelo similar de Atmel (basado en Intel MCS51).....	27
Tabla 5	Valor y Orden entre Master y Nodos.....	29
Tabla 6	Respuesta y orden entre Nodos y Master. ....	29
Tabla 7	Lista de componentes electrónicos.Conectores numerados trigonométricamente en placa, desde ángulo 0° y cara de serigrafía: .....	39
Tabla 8	Conectores y sus funciones. ....	40
Tabla 9	Tabla de conexionado de los pines del PIC 16F88.....	41
Tabla 10	Lista de componentes electrónicos.Conectores numerados trigonométricamente en placa, desde ángulo 0° y cara de serigrafía: .....	49
Tabla 11	Conectores y sus funciones. ....	50



## 1. OBJETO

Se ha realizado el diseño del sistema de control de un campo solar en funcionamiento durante varios años, mediante dos placas micro controladas por PIC, con capacidad de orientación diaria de las "setas" de placas solares, y respuesta a eventos climáticos. Además, hay posibilidad de ampliación para mejoras sustanciales que aumenten la producción de energía eléctrica fotovoltaica.



**Figura 1** Detalle de las setas del campo solar.

Todas las posibilidades de ampliación y mejoras se explican en detalle más adelante.

## 2. ESTUDIO DE NECESIDADES, LIMITACIONES Y CONDICIONANTES

El propósito del diseño inicial es sustituir la circuitería existente para aumentar la eficiencia de control del campo solar.

La circuitería inicial de origen alemán, no se diseñó para controlar centralizadamente las setas, desde un cuadro común de control, sino individualmente,

con una placa de circuitos para cada seta. Posterior modificación, situó una placa de circuitos para una columna formada por 7 setas, todas ellas controladas de forma conjunta actuando sobre los motores en paralelo, y sin posibilidad de recibir pulsos cuenta-vueltas. Cada motor posee un final de carrera en cada sentido de giro, que lo desconecta al rebasar la capacidad de giro máximo de cada seta. Las setas son de eje único de orientación Este-Oeste.

Una de las limitaciones que existen es la de la detención de toda la maquinaria del campo solar y por ende la producción de electricidad. Está terminantemente prohibido detenerla sin causa justificada, que tiene que ser de carácter fortuito. No obstante, La empresa eléctrica a la que se le efectúa la venta de electricidad, permite detener la explotación o bien por causa fortuita, anteriormente comentada, o por haber conseguido el mínimo requerido de producción eléctrica firmado en el contrato, entendiendo que como a partir de ese momento la empresa eléctrica no va a abonar la parte que corresponde a la producción adicional.

La otra limitación afecta a las imposiciones del cliente. Por ejemplo de índole económica, si se trata de un desembolso elevado y no puede llevarlo a cabo, es necesario adecuar el proyecto a sus posibilidades. Esta característica marca la diferencia entre un proyecto teórico y un proyecto basado en venta a un tercero en base a las restricciones de este. De ahí que el estudio se realice para un sistema mínimo y un sistema máximo de inversión y características del referido cliente.

Las inversiones son a largo plazo, por ello se debe realizar el proyecto enfocado a no efectuar cambios, que conlleven inversión económica, durante un dilatado periodo de tiempo. Es decir, que el cliente recupere la inversión inicial y obtenga beneficios durante un tiempo aceptable para él, antes de volver a invertir capital en la instalación.

## **2.1. Necesidades**

Surgen varias necesidades (Fases) a cumplir.

### **Fase 1:**

El control de la orientación de las setas debe estar centralizado, en un cuadro de control situado dentro de una caseta de transformación eléctrica. Inicialmente se ejecutará mediante una placa microcontrolada por cada seta fotovoltaica, cumpliendo

los requerimientos de corriente de los motores, e identificando la actuación de los finales de carrera. La situación actual es de trabajo en sobrecarga de corriente, resultando en averías. Cada placa original alemana está sobredimensionada para su propósito de controlar 1 seta, pero no para 7 setas a la vez.

### **Fase 2:**

La orientación debe ser precisa, hacia el punto de máxima radiación de energía solar, y no un reparto proporcional del tiempo de luz-día aproximado, como sucede actualmente. Se deben tener en cuenta las situaciones de fin de carrera de los motores, para calcular la posición horaria de las setas, y la posición Sur aproximada. Para ello, se tendrá en cuenta un calendario de luz diaria conteniendo todo el año. Se calculará el ángulo de orientación mediante ángulo solar, ángulo máximo de final de carrera, y un ajuste diario de inicio de luz y otro de fin de luz, para compensación geográfica local. Y también, el momento nocturno de retorno a posición de inicio para el día siguiente.

### **Fase 3:**

No deben existir sobrecargas en los Servos, para reducir averías, situación que existe actualmente. La programación está orientada a reducir al mínimo el consumo de corriente del campo solar

### **Fase 4:**

La placa principal de control debe ser sencilla de manejar, reprogramable en cualquier momento.

## **2.2. Posibilidades y Tabla de Decisión**

Existen varias posibilidades para cumplir los requerimientos técnicos y necesidades, de entre los que se extraen un **sistema mínimo** y un **sistema máximo**.

- El **sistema mínimo** sustituye al sistema alemán original existente, y aporta algunas mejoras de posicionado por programación y protección térmica.
- El **sistema máximo** además incorpora notables mejoras para el rendimiento en la producción de energía eléctrica.

Con estas premisas, se construye una Tabla de Decisión, comparando con el

sistema original.

<b>Producto / Característica</b>	<b>Sistema Alemán Actual</b>	<b>Sistema Español Mínimo</b>	<b>Sistema Español Máximo</b>	<b>Suma Filas (Base 100)</b>
Precio	10	50	40	100
Documentación	20	40	40	100
Modificable / Reprogramable	10	50	40	100
Cumple Fase 1	20	30	50	100
Cumple Fase 2	25	30	45	100
Cumple Fase 3	15	30	55	100
Cumple Fase 4	20	35	45	100
<b>Total Puntuación</b>	<b>120</b>	<b>265</b>	<b>305</b>	

**Tabla 1** Tabla de decisión en función del ratio.

A partir de los resultados de la tabla, el sistema máximo es el óptimo, pero se **elige el sistema mínimo** por economía y escalabilidad.

**Precio:** Todos buscan la competitividad de mercado, pero el diseño español está sujeto a menores costes de ingeniería y programación.

**Documentación:** Dificultad de obtener la documentación alemana necesaria, sin embargo, completa memoria de proyecto español junto a los componentes y flujogramas, de fácil uso para cualquier ingeniero con pocos conocimientos de programación.

**Modificable / Reprogramable:** Imposible en el diseño alemán, pero el español muy asequible a cualquier ingeniero con mínimos conocimientos.

**Cumple Fase 1:** El diseño alemán no soporta centralización.

**Cumple Fase 2:** El diseño alemán no contempla calendario anual, ni recorrido solar, ni compensaciones locales, sólo ángulo de recorrido fin de carrera.

**Cumple Fase 3:** Existe sobrecarga de corriente, y no hay reducción de consumo al mínimo, por optimización de software.

**Cumple Fase 4:** La placa principal del diseño alemán no proporciona al usuario

la información y manejo necesarios, y deseables, ya que omite display e indicadores de algún tipo.

### **3. SOLUCIONES ALTERNATIVAS**

Después de revisar en el mercado fotovoltaico, nos encontramos con tres tipos de sistemas de seguimiento solar: por punto luminoso, por programación astronómica y por tiempos. La de menor exactitud es por tiempos, es una aproximación a la astronómica, la más robusta y fiable es por programación astronómica, aunque sin dudas siempre la mejor elección es una solución mixta que contenga ambos sistemas (por punto luminoso y astronómico), con el objetivo de adaptarse mejor a las condiciones diarias meteorológicas, ya que el seguimiento por punto luminoso es más exacto para días soleados.

En cualquier caso la gran mayoría de sistemas no son españoles y se basan en un tipo de seguimiento, normalmente por tiempos, también por punto luminoso aunque menos frecuentes, y tanto uno como el otro, contienen poca documentación técnica o ninguna, y no son asequibles económicamente.

Tras la investigación en el mercado, se ha llegado a la conclusión de que no existe un modelo económico asequible que reúna todas las características exigidas, y las soluciones existentes tienen un precio muy elevado.

El sistema no existente en el mercado hoy en día, es el mixto, que es contemplado en el **Sistema Máximo** propuesto en este proyecto.

El **Sistema Mínimo** que contempla la programación astronómica, es el elegido ya que permite dar comienzo a este proyecto, y realizar un prototipo sencillo, robusto, fiable, económico y completamente funcional.

### **4. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA**

Dado que no existen soluciones alternativas con similares características en el mercado, resulta ser un proyecto **innovador** en el área fotovoltaica. Dota al sistema de capacidad de programación, centralización con la consiguiente reducción de los costes de mantenimiento, escalabilidad, y aumento del rendimiento energético. Incluso, la

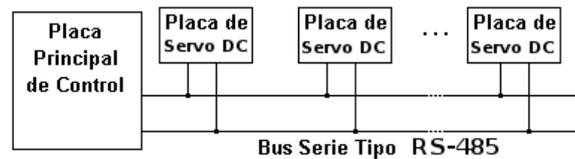
posibilidad de dotar de inteligencia artificial al sistema de control de las setas fotovoltaicas.

Las innovaciones indicadas justifican el proyecto de control fotovoltaico propuesto.

## 5. DETALLE DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La elección del sistema mínimo es la más económica y sencilla posible. Divide el campo solar en 10 setas fotovoltaicas cada una.

Se trata de un sistema modular compuesto por 1 placa principal de control, 1 bus de comunicación serie RS-485 para media distancia, y de 10 placas de posicionado con servo motor DC a 12..24 V.

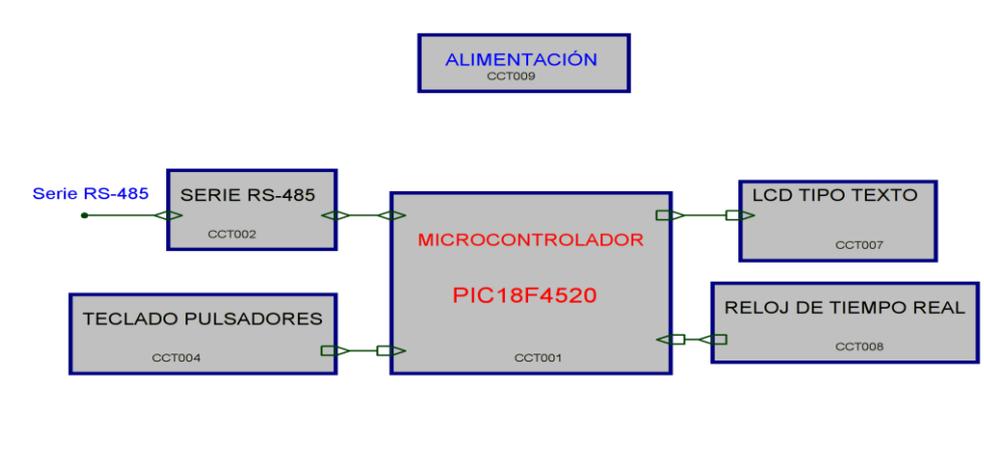


**Figura 2** Diagrama de Módulos Genérico.

En la solución adoptada se usarán: 1 placa principal de control, 1 bus de comunicación serie protocolo RS-485, y 10 placas de Servo DC, una para cada seta.

### 5.1. Placa Principal de Control

Todo el control se construye en torno a un micro controlador, que requiere muy pocos elementos auxiliares para funcionar. El micro controlador posee las E/S necesarias para conectar a un teclado de pulsadores para controlar directamente las funciones, un bus serie RS-485, y sobran algunas líneas para ampliaciones o añadiduras posteriores. El micro controlador se comunica con el usuario mediante un display LCD, que visualiza la información necesaria para controlar el campo solar. Además, de la circuitería de alimentación eléctrica, existe un RTC con la fecha - hora actual.

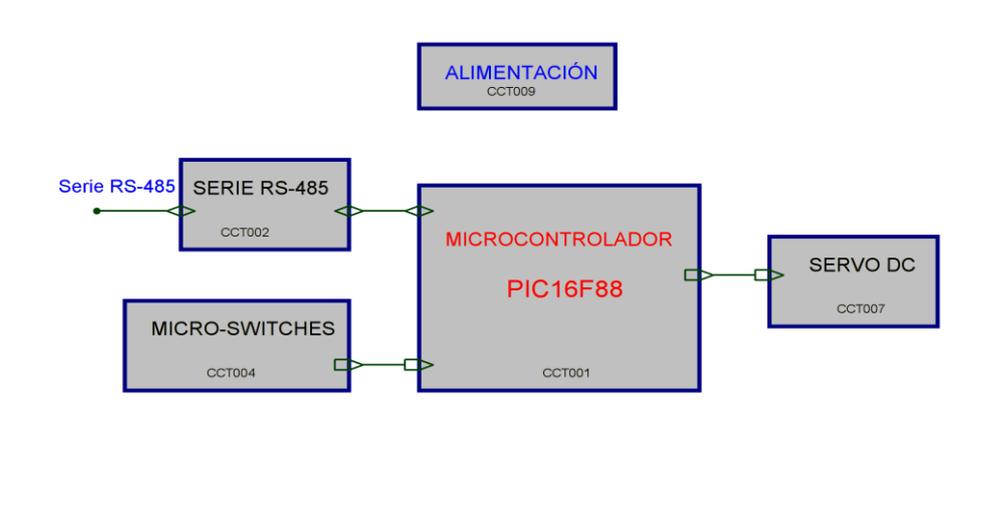


**Figura 3** Diagrama de Bloques de Placa Principal de Control.

El RTC (Reloj de Tiempo Real) es un componente muy compacto, capaz de puesta en hora y espacio de almacenamiento de variables del sistema. Se precisa alimentación ininterrumpida para que el RTC no pierda la hora actual, y se reinicie el sistema. La fuente de alimentación deberá incorporar una batería para tal fin.

## 5.2. Placa del Servo Motor DC

Está basada en un micro controlador que ataca al Servo DC, y junto a unos pocos componentes necesarios, regulan el posicionado de las setas. Incluye un bus serie RS-485 para comunicar con la placa principal de control, un pack de micro switches para fijar su dirección de nodo, y el propio servo motor.



**Figura 4** Diagrama de Bloques de Placa del Servo DC.

Bajo el control de la CPU, se realiza el posicionado de las setas, el PWM de control del servo motor, la posición Sur cuando exista condición de viento fuerte que pueda dañar la instalación, y se gestionan todas las funciones y ordenes de la placa principal de control.

### 5.3. Accesorios:

#### 5.3.1. Fuentes de Alimentación

- Fija de 7'5..12 V / 2 A, puede ser o no conmutada, y de funcionamiento ininterrumpido. Sirve para alimentar las placas: principal y de servos DC.



**Figura 5** Fuentes de alimentación para placas.

- Fija de 24 V / 20 A, puede ser o no conmutada, y de funcionamiento ininterrumpido. Sirve para alimentar los motores de las setas fotovoltaicas.



**Figura 6** Fuentes de alimentación para motores de las setas.

### 5.3.2. Cables de interconexión

Los cables para interconectar las alimentaciones de las placas electrónicas desde la fuente de alimentación #1, serán de hilo multifilar de 1'5 mm<sup>2</sup> de sección. A una densidad eléctrica de 7 A/mm<sup>2</sup> = 10 A aproximadamente (1'5\*7).

Los cables para interconectar los nodos al bus RS-485, serán de cable de doble hilo multifilar apantallado de 0'25 mm<sup>2</sup> de sección. A una densidad eléctrica de 7 A/mm<sup>2</sup> = 1'7 A aproximadamente.

Los cables para interconectar los motores a los respectivos puentes en H y desde la fuente de alimentación #2, serán de hilo multifilar de 1'5..2'5 mm<sup>2</sup> de sección. A una densidad eléctrica de 9 A/mm<sup>2</sup> = (13...22) A aproximadamente.

## 6. ENTORNO: CONTROL DEL CAMPO SOLAR

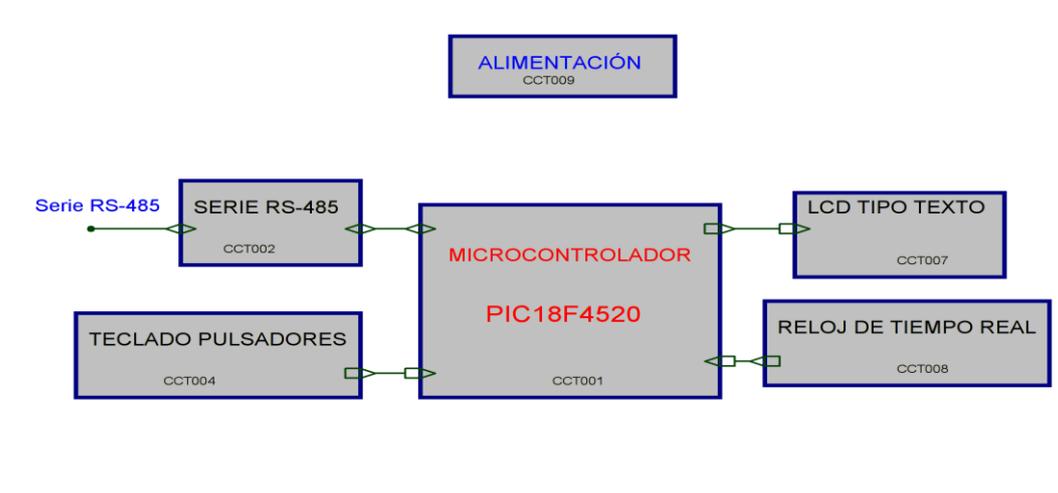
Se diferencian dos partes principales en el prototipo: Placa Principal de Control y Placa del Servo Motor DC.

Las unidades funcionales contemplan: la comunicación serie RS-485, alimentación de las placas electrónicas, unidad central de proceso de las placas (PIC 18F4520), unidad central de proceso de los Servos DC (PIC 16F88), RTC, unidades entradas / salidas, teclado de pulsadores, micro-switches, y display LCD.

Sigue a continuación, una descripción detallada de cada bloque funcional.

## 6.1. Hardware de la Placa Principal de Control

Diagrama de Bloques por unidades funcionales:



**Figura 7** Diagrama de Bloques de placa principal de control.

### 6.1.1. $\mu$ Controlador

Se usa el PIC 18F4520 de Microchip (de 40 pines) para contener el programa principal de control implementado en lenguaje C. Para la programación del  $\mu$ Controlador se ha usado el PIC-Kit 3 de MicroChip que ha dado excelentes resultados en rapidez y fiabilidad. Para una rápida programación se ha hecho una placa con un zócalo de inserción rápida para el  $\mu$ Controlador, y un conector para el programador, para programar directamente "in-circuit".

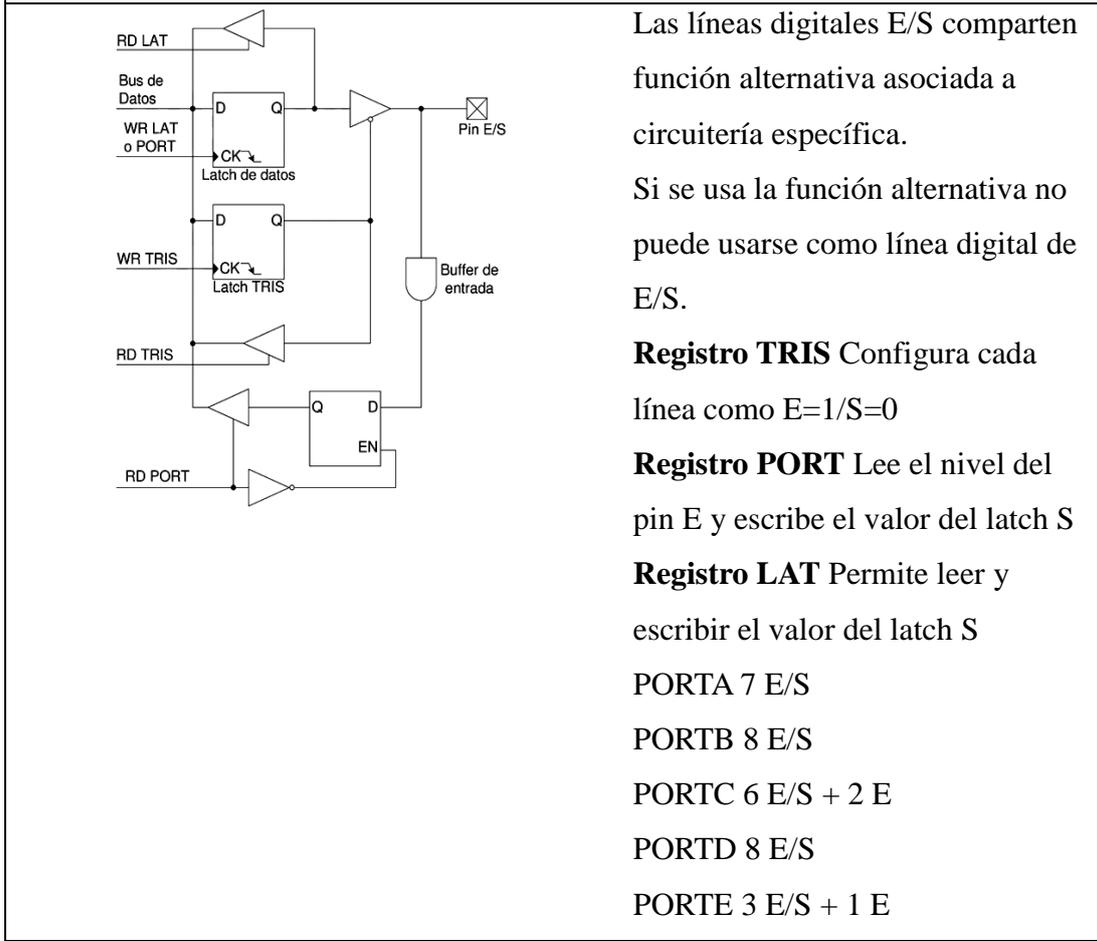
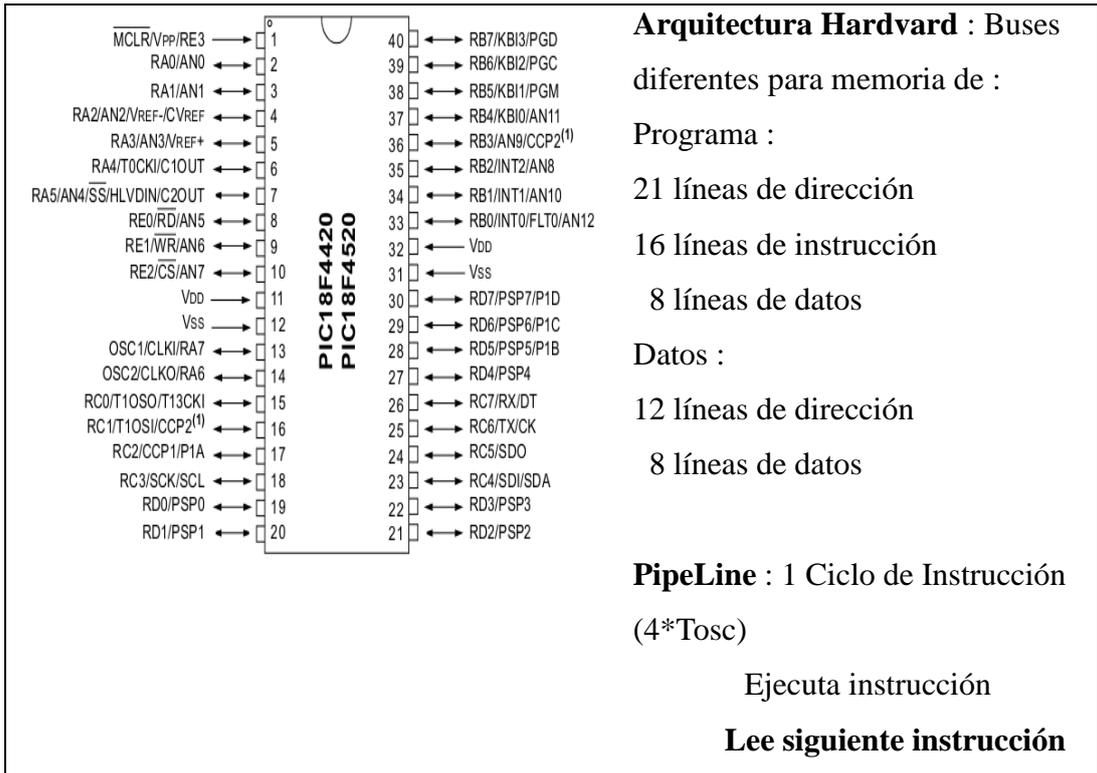


<b>RA0</b> LCD BL	<b>RB0</b> Tecla Izquierda	<b>RC</b> <b>0</b>	<b>RD0</b> LCD D0	<b>RE</b> Max487 <b>0</b> -RE/DE
<b>RA1</b> LCD RS	<b>RB1</b> Tecla Derecha	<b>RC</b> <b>1</b>	<b>RD1</b> LCD D1	<b>RE</b> <b>1</b>
<b>RA2</b> LCD E	<b>RB2</b> Tecla OK	<b>RC</b> <b>2</b>	<b>RD2</b> LCD D2	<b>RE</b> <b>2</b>
<b>RA3</b>	<b>RB3</b> Tecla Arriba	<b>RC</b> RTC <b>3</b> SCLK	<b>RD3</b> LCD D3	<b>RE</b> PickIT3 Vpp <b>3</b>
<b>RA4</b>	<b>RB4</b> Tecla Abajo	<b>RC</b> RTC <b>4</b> DOUT	<b>RD4</b> LCD D4	
<b>RA5</b> RTC -CS	<b>RB5</b> Tecla Auxiliar	<b>RC</b> RTC DIN <b>5</b>	<b>RD5</b> LCD D5	
<b>RA6</b>	<b>RB6</b> PickIT3 PGC	<b>RC</b> Max487 <b>6</b> DI	<b>RD6</b> LCD D6	
<b>RA7</b>	<b>RB7</b> PickIT3 PGD	<b>RC</b> Max487 <b>7</b> RO	<b>RD7</b> LCD D7	

**Tabla 2** Tabla de conexionado de los pines del PIC 18F4520.

### Acerca del PIC 18F4520

El fabricante MicroChip proporciona muestras gratuitas de la mayoría de sus productos, con total sencillez y comodidad para el electrónico. De forma rápida envía sus muestras para prototipado, con un coste de componentes y portes, totalmente gratuito.



**Tabla 3** El 18F4520 es un micro de la gama alta de 8 bits.

	<b>PIC18F4520 (12 MIPS)</b>	<b>C8051F310 (25 MIPS)</b>
<b>Frecuencia de Reloj</b>	≤48 MHz	25 MHz interno
<b>ROM FLASH Programa</b>	32 kBytes	16 kBytes
<b>RAM Datos</b>	2.048 Bytes	1.280 Bytes
<b>EEPROM Datos</b>	256 Bytes	
<b>Interrupciones</b>	20	14
<b>Líneas E/S</b>	35	29
<b>Temporizadores</b>	4	4 (16bit)
<b>Módulos de Comparación / Captura</b>	PWM, CCP, ECCP, PWM Mejorado	PCA, 5x CCP
<b>Canales Serie</b>	MSSP, EUSART, I <sup>2</sup> C, ESPI	SMB, EUSART, I <sup>2</sup> C, ESPI
<b>Convertor A/D</b>	10 bits, 13 Canales Mux	10 bits, 25 Canales Mux, 200ksps

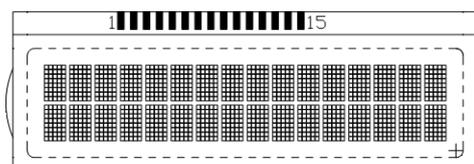
**Tabla 4** Comparativa del PIC con un modelo similar de Atmel (basado en Intel MCS51).

Se trata de fabricantes totalmente distintos. El PIC, fabricado por microchip, está construido de manera que sean lo más económicos posibles, pero su rendimiento no es muy elevado, no es un micro de grandes prestaciones, pero para aplicaciones de usuario resulta de fácil implementación. El consumo es reducido, puesto que microchip fue de los primeros en implementar software y hardware de bajo consumo.

En relación con el Intel, Atmel utiliza el núcleo del Intel 8051, el cual Intel lleva comercializando desde principios de los años 80. La comparación entre ambos se efectúa porque se trata de microcontroladores de 3ª generación, con consumo reducido, tecnología similar y actual y características similares.

### 6.1.2. Display LCD

El display LCD de 4 líneas muestra al usuario toda la información del sistema de control. Junto con el teclado de pulsadores proporciona toda la interacción que el usuario



necesita. Es un dispositivo de muy bajo consumo, y retro-iluminado. Cada acción del

usuario acciona la luz del Back-Light, que ilumina la pantalla del LCD durante un tiempo, haciendo muy visible la información que visualiza. Es un componente esencial en la electrónica moderna.

Es posible la utilización de otros modelos de LCD con dos líneas de texto, el problema es que la información es menor. Por otra parte, también es posible utilizar LCD gráficos, la dificultad de la programación es mayor, aunque el principal problema radica en el aumento de precio.

### **Acerca del Display LCD**

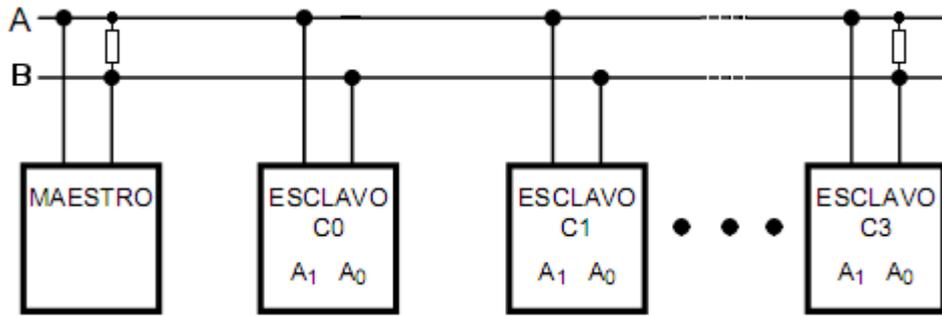
Es un dispositivo visualizador de 2..4 líneas de 16..20 caracteres, de bajo consumo y sencillo uso. La programación para mostrar las órdenes recibidas, resulta breve. Aunque, debe tenerse en cuenta que no es un dispositivo rápido, sino bastante lento. Por ello, el programa principal envía los caracteres secuencialmente, a baja velocidad. Dicha velocidad no es crítica, y puede aumentarse a la del propio ojo humano.

Su bajo consumo de menos de 1 mA, aconseja utilizarlo en dispositivos alimentados a baterías. Se ha usado el Back Light que lo ilumina, como respuesta a las acciones del usuario sobre el mini teclado incluido, para aumentar la visibilidad de los mensajes. Su consumo es de unos 100 mA. También se puede variar el contraste girando la R-ajus., indicada en el esquema de la placa principal de control, pre-ajustada a un nivel bastante cómodo de visión.



### **6.1.3. Comunicación RS-485**

La transmisión y recepción de datos serie usa protocolo RS-485 para comunicar con las placas de Servo Motores. El bus serie se compone de sólo 2 líneas diferenciales. Permite comunicar a corta y media distancia, y reduce los conexiones al mínimo imprescindible. Es recomendable usar cable apantallado de 2 hilos y malla, para interconectar los nodos al bus.



**Figura 8** Funcionamiento Maestro Esclavo Bus industrial RS-485.

Órdenes del Máster a los Nodos (Placas de Servos):

Valor	Orden
0	Stop
1..32767	Este 1..32767 Pulsos
32768..65534	Oeste -1..-32767 Pulsos

**Tabla 5** Valor y Orden entre Master y Nodos.

Respuestas de los Nodos al Máster (Placa Principal de Control):

Respuesta	Orden
0	Stop
1..32767	Este Número Pulsos
32768..65534	Oeste Número Pulsos
65535	No Nodo

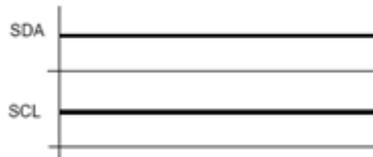
**Tabla 6** Respuesta y orden entre Nodos y Master.

### Acerca del SPI

SPI es un bus serie de comunicaciones entre CPU y elementos periféricos o entre principal y esclavos. Consta de cuatro líneas, una línea **MOSI** transmite datos serie de principal a esclavos, otra línea **MISO** transmite datos serie de esclavo a principal, otra línea **SCLK** transmite el reloj del principal para sincronizar la información hacia y desde los esclavos y adaptar la velocidad entre dispositivos, y la última señal de

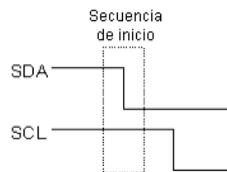
selección de chip para activar los esclavos situados cerca del principal, si están lejos no tiene utilidad.

Es una transmisión unipolar con valores lógicos TTL, el estado de bus libre se caracteriza, porque tanto **SDA** (MOSI y MISO) como **SCLK** presentan un 1 lógico.



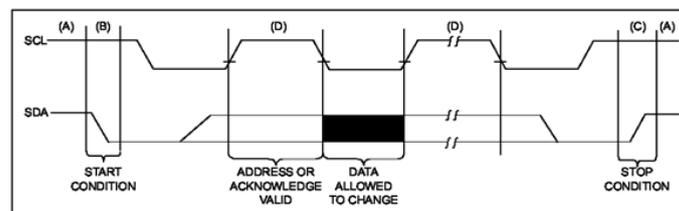
**Figura 9** Condición de bus libre.

Cuando un **maestro** inicia una transacción (bit start), que en concreto, consiste en un cambio de nivel alto a bajo en la línea SDA mientras SCL permanece a alto. A partir de que se dé una condición de inicio se considerará que el bus está ocupado y ningún otro maestro deberá intentar generar su condición de inicio.



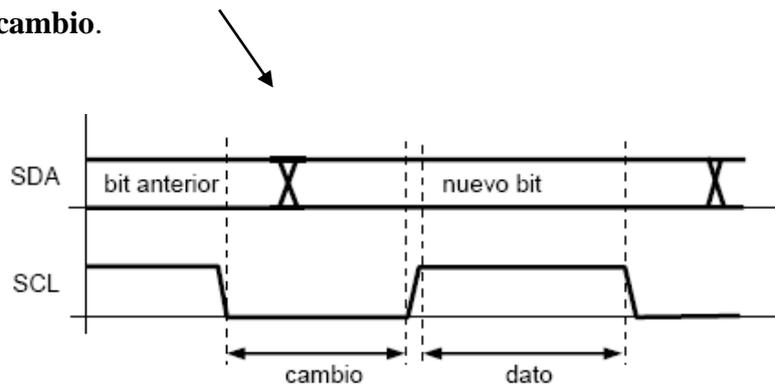
**Figura 10** Secuencia con bit start.

En este momento el maestro empezará a escribir su información en SDA mientras SCL se convierte en una señal de reloj generada por el propio maestro.



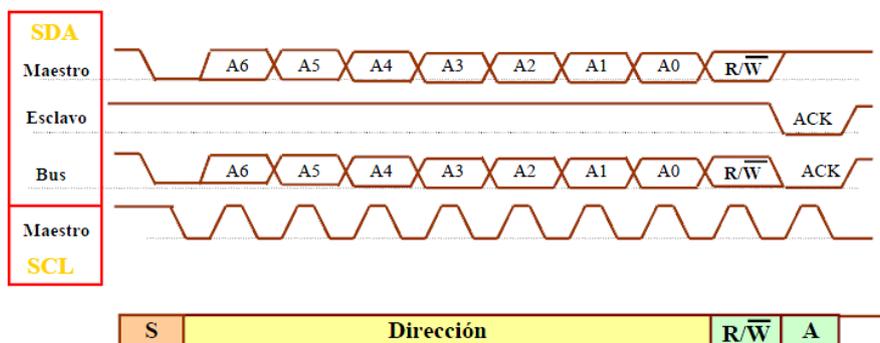
**Figura 11** Funcionamiento SDA y SCL.

El maestro seguirá escribiendo la trama hasta el bit stop, momento en que se da la **condición de cambio**.



**Figura 12** Condición de cambio.

Se produce una condición de **cambio** cuando, estando a nivel bajo la línea SCL, la línea SDA cambia de estado. En la transferencia de datos por un bus SPI éste es el único instante en el que el sistema emisor (que podrá ser tanto un maestro como un esclavo) podrá poner en la línea SDA cada bit de la trama a transmitir, contestando así al maestro.



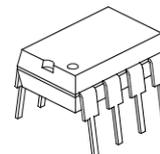
**Figura 13** Cambios de estado producidos por SCL y SDA.

### 6.1.5. Líneas de E/S

Quedan varias líneas de E/S adicionales para futura expansión, de momento están libres de asignación, y se les puede dar un uso futuro. Permiten conectar elementos ahora no previstos, capaces de proporcionar nuevas funciones de mejora para el campo solar.

### 6.1.6. Reloj de Tiempo Real (RTC)

Es un versátil circuito integrado de sólo 8 pines que contiene un preciso reloj, como el de un ordenador personal. Se puede poner en hora y fecha, y funciona con buena precisión. También incluye una pequeña memoria RAM escribible. Esto permite almacenar información vital para el sistema de control, además de la fecha y hora actual.



### 6.1.7. Teclado de Pulsadores

El teclado consta de 6 teclas individuales que permiten al usuario dar órdenes manuales de posicionado que se ejecutarán inmediatamente. Junto al display LCD, permite al usuario tener un control total sobre el campo solar. El uso es muy sencillo e intuitivo. Y se pueden programar funciones verdaderamente útiles para el usuario, y para dotar al sistema de control inteligente.

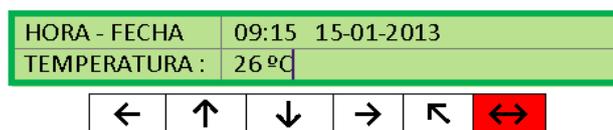
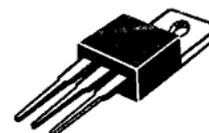


Figura 14 Pantalla de LCD y botonera.

### 6.1.8. Etapa de Alimentación del Sistema

En base a todos los componentes semiconductores, se precisan 5 V, como la mejor opción para alimentar a toda la circuitería. Se elige la serie 7805, por ser muy popular, económica y son numerosos los fabricantes que la producen. Por otra parte, la información que dan los usuarios, es que produce muy pocos problemas como regulador estabilizado para proporcionar la tensión de alimentación necesaria.

Es un regulador integrado que produce los 5 V de alimentación para el sistema, a partir de los 7'5...35 V de entrada, con una corriente máxima de hasta 1 ó 1'5 A, según modelo y fabricante, y el encapsulado es el TO220. Se ha elegido el TO220 porque ofrece muy buenas características de disipación en baja-media potencia y los pines son de tamaño reducido. Incluye los condensadores de filtro de alimentación de cada integrado, para filtrar los picos de corriente debidos a la conmutación de los elementos digitales y de



potencia, y reducir el sobre-calentamiento de los componentes.

#### 6.1.9. Construcción de la Placa Principal de Control

El esquema se ha diseñado con el programa para PC: Isis Proteus. El diseño de la placa de circuito impreso se ha realizado con el programa Ares Proteus, y a partir de dicho diseño se ha impreso el fotolito. La placa se ha insolado, se ha tratado con el revelador y el atacador rápido y se ha limpiado. Una vez realizado el circuito impreso, la placa se ha taladrado y se han insertado los componentes electrónicos, soldándolos mediante estaño-plomo al 60-40%, hilo de 1 mm de diámetro con alma de resina. Finalmente, se ha tropicalizado toda la placa para aislamiento ante agentes externos corrosivos, en ambas caras.

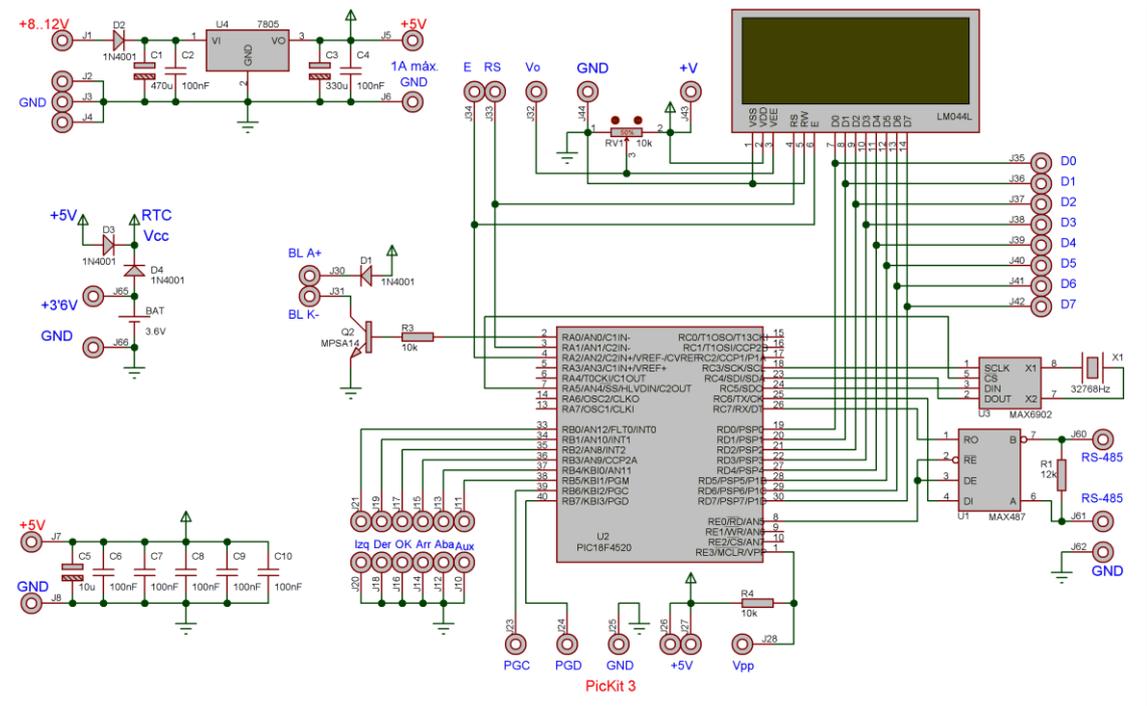


Figura 15 Esquema electrónico Placa Principal de Control.

Se colocan los condensadores de desacoplo: uno en el pin 32 del PIC, otro se coloca en pin 8 del RTC y el tercero al pin 2 del LCD. Por tanto, están conectados como anteriormente se explica, es decir lo más cerca de la alimentación positiva de los integrados digitales. Con ello lo que se logra los picos de consumo de corriente en las conmutaciones digitales. Todos están conectados entre alimentación y masa. Los condensadores que se precisan para este punto del circuito son de tipo cerámico. Se eligen estos condensadores porque se precisa que suministren poca corriente, eso sí, con la máxima rapidez posible. Esto se da, porque los componentes digitales conmutan a muy altas velocidades, es decir, que la frecuencia es del orden de MHz o GHz.

Se coloca otro condensador de desacoplo, pero este de capacidad distribuida o desacoplo distribuido. Este se debe colocar lo más alejado posible de la pista de entrada de alimentación y almacena carga que suministra cuando se demanda desde varias direcciones distintas del PCB. En concreto se coloca en la parte inversa a la entrada de alimentación de la placa. Este también se halla entre alimentación y masa.

Se elige una capacidad de 100 nF para los condensadores cerámicos, ya que es un punto intermedio que va desde 10 nF hasta 300 nF. Hay que tener en cuenta la escala logarítmica para entender que es un valor intermedio. Para el caso del electrolítico se elige 100 µF, se elige también como valor intermedio, pero será necesario comprobarlo

empíricamente, haciendo uso por ejemplo de un osciloscopio.

El proceso a seguir para determinar esa capacidad es:

- Una vez montado todos los componentes del circuito a excepción de esta capacidad distribuida, se coloca el osciloscopio entre los terminales de 5V de alimentación.
- Se mide el rizado existente.
- Se empieza a probar condensadores desde 1  $\mu\text{F}$  hasta varios cientos de  $\mu\text{F}$ .
- En el momento que hay la mínima amplitud de rizado, ese es el valor idóneo.

Nota.- El valor no es crítico, se admite un rango bastante amplio de valores posibles. Se debe evitar elegir un condensador de excesiva capacidad, si con uno menor el rizado ya es reducido, ya que en caso contrario se encarecerá el proyecto.

Se ha elegido anteriormente el regulador integrado 7805. Este componente tiene su propio filtrado doble en este caso, un filtro para la entrada y otro para la salida. Ambos filtros cuentan con un condensador cerámico y otro electrolítico con el mismo fin mencionado anteriormente.

Los condensadores de la entrada del regulador se conectan puesto que, de acuerdo con el datasheet del fabricante, es necesario colocar condensador de desacoplo cuando la distancia a la fuente de alimentación sea apreciable, como es el caso. A la salida hay que poner también una capacidad de acuerdo a la necesidad de realizar un filtrado. Se coloca uno de cada tipo, tanto en la salida como en la entrada, ya que se necesita velocidad y capacidad. Cuanto más cerca de los pines se coloquen, mayor será el filtrado, no obstante hay que tener en cuenta una serie de restricciones:

- El calor generado por el regulador puede llegar a descapacitar los condensadores, especialmente los electrolíticos. Los condensadores deben estar siempre lo más refrigerados posibles.
- El regulador lleva un radiador en forma de U, con lo cual se debe dejar el espacio pertinente para que quepan tanto este como el resto de componentes.
- El radiador del regulador necesita que fluya el aire para refrigerar. Por otra parte,

cualquier condensador pegado a éste puede sufrir la misma suerte que si se encuentra pegado al regulador, es decir, se descapacite.

El valor de los condensadores facilitado por el fabricante es para baja intensidad. En el caso de este proyecto la corriente de salida puede ser de 1A...1,5 A, por tanto, las capacidades deben ser más elevadas.

La condición es que la salida debe ser menor a la entrada. Por tanto, para estandarizar el circuito se decide utilizar el mismo valor para los condensadores cerámicos. Por otra parte, para el electrolítico de salida se utiliza uno con el mismo valor que el utilizado anteriormente y a la entrada se coloca uno de valor 1000  $\mu$ F, que es de valor más elevado a la salida como se puede comprobar.

Hay que tener en cuenta, que los condensadores, con el paso del tiempo cuando se utilizan, bajan de capacidad. En especial los electrolíticos. Por tanto, conviene sobre dimensionarlos en capacidad.

El regulador que va conectado a la fuente de alimentación, que suministra 9 V. Esta fuente no necesita estar filtrada ni regulada, de tal manera que se abaratan costes. Está formada por un transformador y un puente de diodos. Se elige 9 V que se encuentra por encima del valor mínimo del fabricante que es 7,5 V, por tanto, no se roza el límite inferior. No se introduce más voltaje porque no es necesario y se disiparía el excedente de voltaje en calor.

En relación con el LCD, se tiene que hacer uso de una resistencia ajustable, entre 0 y 5 V para establecer el contraste. De acuerdo al estándar se tiene que utilizar una resistencia de 10  $k\Omega$ . Para ajustarle el valor correcto es necesario hacerlo empíricamente, esto es, una vez encendido ir modificando la resistencia por medio de un destornillador hasta lograr la calidad deseada. Los extremos de la resistencia ajustable van uno a alimentación positiva 5 V y otro a masa, no importa la polaridad. El cursor, por su parte, va a la patilla  $V_o$  (VEE) del LCD.

Hay que tener en cuenta que el LCD no va en la misma placa que el PIC, por tanto, en Proteus se indican los Pines.

El RTC tiene su propio oscilador interno que precisa el cristal de cuarzo interno junto con uno o dos condensadores. De acuerdo con el fabricante se van a colocar dos condensadores. Se debe asegurar que se puede realizar el arranque de la oscilación, ya

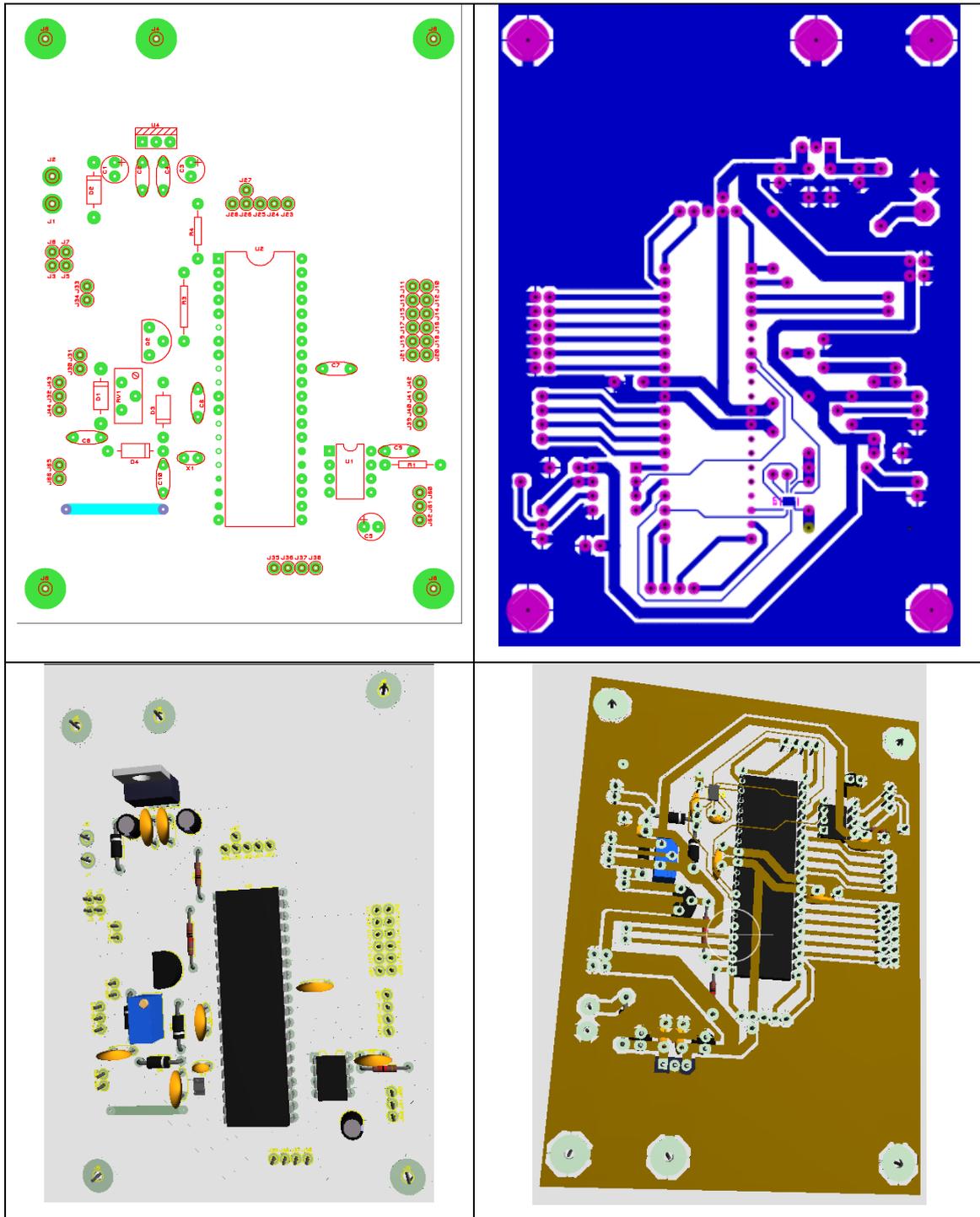
que de lo contrario significará que el oscilador se quede paralizado. El valor aproximado por parte del fabricante son 12,5 pF, de tal manera que, el estándar más próximo es 12 pF. Estos condensadores son de tipo cerámicos y no presentan polaridad. Se conectan entre cada pin del cristal y masa.

La salida de este integrado es un Bus SPI. El Serial Clock irá directamente al Pin del microcontrolador designado con esta función, lo mismo ocurre para el Serial Data. Recordar que las entradas elegidas al Pic podrían haber sido otras, es decir, no es preceptivo utilizar las que se han elegido, no obstante, se hizo de acuerdo a mantener un rigor de agrupación para cada componente. Por otra parte, se utilizan para ambos Serial se utilizan dos resistencias de Pull-Up de 2,2 k $\Omega$ , que es el valor que el fabricante recomienda. Estas resistencias se colocan porque son necesarias para un bus de comunicación, de tal manera que, establecen los niveles lógicos 1 y 0.

En el caso del PIC, de acuerdo con que cada bus de comunicación, como ya se ha comentado anteriormente, precisa resistencias de PULL-UP, se han introducido dos resistencias de este tipo para las entradas Serial del bus SPI. Estas resistencias se colocan de igual valor que las utilizadas anteriormente para el RTC, con el fin de continuar estandarizando el diseño.

Para el caso del cristal de cuarzo que precisa el PIC, se necesita para el arranque dos condensadores también cerámicos. Los valores son de 15 pF y 22 pF, recomendados por el fabricante, se pueden variar ligeramente en el caso de que no auto arranque el oscilador. El PIC no utiliza cristal, por lo que la mayor frecuencia posible será 8 MHz (se puede elegir de entre 8 posibles frecuencias: 31kHz, 125kHz, 250kHz, 500kHz, 1MHz, 2MHz, 4MHz u 8MHz).

Cada señal externa está referida a masa y por tanto, implica un conector de doble pin, siendo uno de ellos la señal de información y el otro a masa (GND). Esto se da para evitar que cualquier señal quede flotante, deben ser todas referidas a masa. Esto se tendrá en cuenta en el PCB y se distribuyen los pines a masa junto con sus señales correspondientes.



**Figura 16** Serigrafía en la cara de componentes, y cara de pistas.

El tamaño de la placa es de  $81'28 \times 114'3 \text{ mm} = 92'9 \text{ cm}^2$ . Se utilizan zócalos, en vez de soldar directamente los circuitos integrados a la placa, para facilitar su sustitución.

Cantidad	Nombre Serigrafía	Componente	Valor
2	R1,R2	Resistencia 1/4 W	12k $\Omega$
2	R3,R4	Resistencia 1/4 W	10k $\Omega$
7	C2,C4,C6-C10	Condensador Cerámico	100 nF
1	C5	Condensador Electrolítico Radial	10 uF
1	C3	Condensador Electrolítico Radial	330 uF
1	C1	Condensador Electrolítico Radial	470 uF
1	U1	Driver RS485	MAX488
1	U2	Microcontrolador	PIC18F4520
1	U3	RTC	MAX6902
1	U4	Regulador Integrado 5V 1A	MC7805
1	U2	Zócalo DIL40	
1	Q2	Transistor	MPSA14
2	D1,D2	Diodo Silicio	1N4001
2	D3,D4	Diodo Germanio	AA117
1	X1	CRYSTAL	32768 Hz
1	RV1	Resistencia Multivuelta	10k $\Omega$
1	LCD1	Display LCD 20x4	LM044L
1	BAT	Pila 3'6 V	
42	J3-J65	Pin 2'54 Macho	2'54 mm
42	J3-J65	Pin 2'54 Hembra	2'54 mm
2	J1,J2	Pin Tornillo PCB	2'5 mm
5	T1-T5	Tornillo	M3
1		Tuerca	M3
1		Arandela	M3
4		Separador Hembra	M3
1		Disipador	

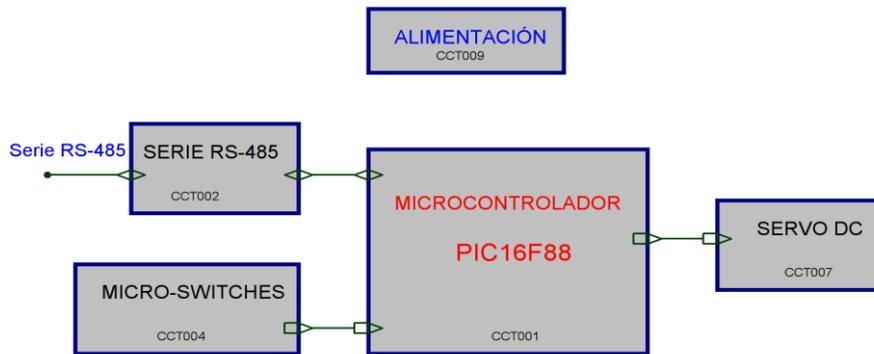
**Tabla 7** Lista de componentes electrónicos.

**Conectores numerados trigonómicamente en placa, desde ángulo 0° y cara de serigrafía:**

Nombre Conector	Función Conector
J10-J21	6 Teclas Navegación Funciones
J23-J28	Programador PIC-Kit 3
J1,J2	9..12 Vdc Alimentación Placa
J5-J8	Alimentación 5V para Otras Placas
J30-J34,J43,J44	Display LCD
J65,J66	Batería RTC
J35-J38	Display LCD
J60-J62	Bus Serie RS-485 para Comunicación con Nodos
J39-J42	Display LCD

**Tabla 8** Conectores y sus funciones.

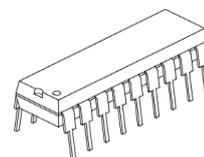
## 6.2. Hardware de la Placa del Servo Motor DC



**Figura 17** Diagrama de Bloques por unidades funcionales.

### 6.2.1. $\mu$ Controlador

Se usa el PIC 16F88 de Microchip, similar al ya descrito para la placa principal, para contener el programa de posicionado implementado en lenguaje C. Para la programación del  $\mu$ Controlador se ha usado el PIC-Kit 3 de MicroChip muy rápido y fiable. Para una



rápida programación se ha hecho una placa con un zócalo de inserción rápida para el  $\mu$ Controlador, y un conector para el programador, para programar directamente "in-circuit".

<b>RA0</b> SW0	<b>RB0</b> SW5
<b>RA1</b> SW1	<b>RB1</b> SW6
<b>RA2</b> SW2	<b>RB2</b> Max487 RO
<b>RA3</b> SW3	<b>RB3</b> Pulsos Servo DC
<b>RA4</b> SW4	<b>RB4</b> Max487 $\bar{R}E/DE$
<b>RA5</b> PickIT3	<b>RB5</b> Max487 DI
$V_{pp}$	
<b>RA6</b>	<b>RB6</b> PickIT3 PGC
<b>RA7</b>	<b>RB7</b> PickIT3 PGD

**Tabla 9** Tabla de conexionado de los pines del PIC 16F88.

#### Acerca del PIC16F88

Es un micro de la gama media de 8 bits, con características muy interesantes, teniendo en cuenta la sencillez y reducido tamaño. Se ha descrito ampliamente en la Placa Principal, ya que sus características son prácticamente las mismas.

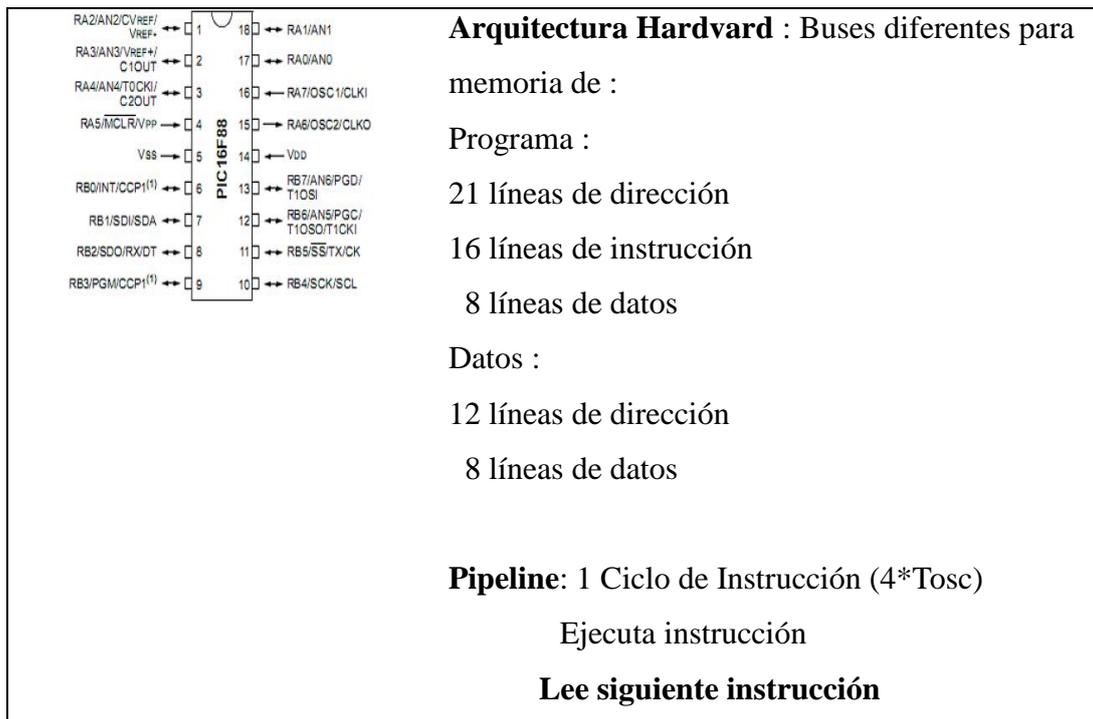


Figura 18 Arquitectura Harvard y PipeLine.

### 6.2.2. Servo Motor DC

Un **servomotor** o **servo** es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición. Puede ser controlado tanto en velocidad como en posición y la posición del eje que gira, también llamada dirección del eje. El **servomotor tradicional** solo gira 180°, hacia la izquierda -90°, o hacia la derecha +90°, ida y retorno. El **servomotor moderno** permite girar su eje  $\pm 360^\circ$ , como los motores normales. El servomotor produce movimientos de una forma controlada.

Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Un servomotor es un sistema compuesto por:

- **Motor Eléctrico:** Genera el movimiento, a través de su eje.
- **Sistema Regulador:** Formado por engranajes, normalmente ruedas dentadas, que actúan sobre el motor para aumentar o disminuir su velocidad y par.
- **Sistema de Control o Sensor:** Circuito electrónico que controla el movimiento del motor mediante el envío de pulsos eléctricos.
- **Potenciómetro o Encoder:** Acoplado al eje central del motor, permite saber en

todo momento el ángulo en el que se encuentra.

Las características principales de un servomotor son el par y la velocidad.

**Par:** Fuerza que puede hacer en su eje. También se llama torque. Se suele expresar en Kg/cm. A mayor par, mayor corriente consume el servo, pero no suelen consumir mucho.

**Velocidad:** Velocidad angular o de rotación.

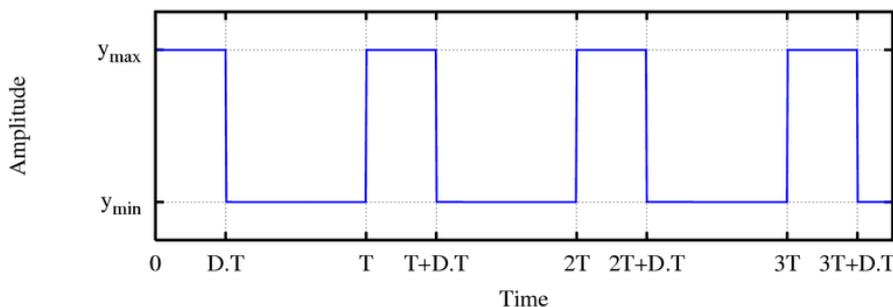
La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cuál es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado.

Los servomotores se usan en modelismo como aviones, barcos, helicópteros y trenes para controlar de manera eficaz los sistemas motores y los de dirección, y en la industria y en trabajos mecánicos. También se usa en brazos robóticos, zoom de una cámara de fotos, puertas automáticas de un ascensor, control de avance y retroceso del papel en las impresoras, máquinas herramientas, robots industriales, sistemas de producción, coches de radiocontrol, en el timón de los aviones, timones.

Los servomotores usan la modulación digital por ancho de pulsos (PWM) para controlar la dirección o posición de los motores de corriente continua. La mayoría trabaja en la frecuencia de los 50 hertz, así las señales PWM tendrán un periodo de veinte milisegundos. La electrónica dentro del servomotor responderá al ancho de la señal modulada.

### Servomotor Moderno:

La señal de control es un PWM de pulsos regulares distanciados 20 ms entre sí, y con una duración de estado Ton ( $\delta T$ ) de 1 ms, ó 1'5 ms, ó 2 ms, sólo tienen 3 posiciones. Si el pulso dura cerca del mínimo tiempo, el servo produce un giro antihorario de  $-90^\circ$ . Si el pulso dura cerca del máximo tiempo, el servo produce un giro horario de  $+90^\circ$ . Si el pulso dura cerca del tiempo intermedio, el servo no gira y mantiene la última posición.



**Figura 19** Cronograma de la señal PWM con  $T=20\text{ms}$  y  $D=1\dots 2\text{ms}$ .

Señal de ancho de pulso modulado:

- Motor en sentido horario 1...1'4 ms:



- Motor neutral 1'5 ms:

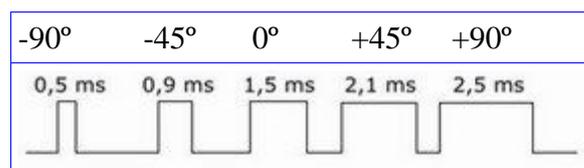


- Motor en sentido antihorario 1'6...2 ms :



### Servomotor Tradicional:

Si los circuitos dentro del servomotor reciben una señal de entre 1 a 1'4 ms se moverá en sentido horario +90°, entre 1'6 a 2 ms moverá el servomotor en sentido antihorario -90°, y 1'5 ms moverá a 0°. Todo ello en rango continuo. Mantener el pulso más tiempo de 2 ms, o menos de 1 ms, no hace al motor girar más, ya que el potenciómetro del eje detectaría que está en la posición final del recorrido, y normalmente sonaría un zumbido.



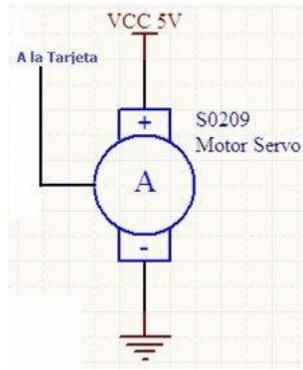
**Figura 20** Funcionamiento Servomotor tradicional.

Un servomotor tiene 3 cables:

-Un cable Rojo para alimentación positiva. La tensión de alimentación del servo está entre 4 y 8V en c.c. Los servos motores de Corriente Continua incluidos en las setas soportan hasta 36 V.

-Un cable Negro para conexión a masa negativa o GND.

-Un cable Blanco de control por el que se le envía la señal para comunicar el ángulo en el que se debe posicionar según el pulso. Este cable irá a la controladora.



**Figura 21** Conexión de Motor Servo.

Hay 4 tipos fundamentales de servomotores:

- **Servomotor de Corriente Continua (cc):** El más habitual. Funciona con un pequeño motor de corriente continua. El servomotor se controla por PWM modulación por ancho de pulso.
- **Servomotor de Corriente Alterna (ac):** Puede usar corrientes más potentes, y por lo tanto, se usa para mover grandes fuerzas.
- **Servomotor de Imanes Permanentes o Brushless:** Es un motor de corriente alterna sin escobillas. Se usa para grandes torques o fuerzas y para altas velocidades. Es el más usado en la industria. Está basado en el motor síncrono.
- **Motor Paso a Paso:** No gira de manera continua sino por pasos, cada uno de un número determinado de grados. Se mueve un paso por cada pulso que se le aplique. Su control se basa en polarizar las bobinas que llevan incluidas de manera adecuada para que gire correctamente. Es ideal para mecanismos que requieren movimientos muy precisos.

### 6.2.3. Serie RS-485

El Bus Serie RS-485 es el descrito para la placa principal de control.

### 6.2.6. Micro - Switches

Los micro-switches serie DIP situados en la placa del servo motor permiten programar una **Dirección de Nodo** de 7 bits en binario, de forma que se pueden obtener hasta 128 direcciones diferentes. Esto permite fabricar placas de servo totalmente idénticas, tanto en hardware, como en software. El instalador deberá dar a cada placa una su dirección única que la identifique frente a la placa principal de control. No se ha realizado un protocolo



de negociación de direcciones, porque puede ser fuente de problemas por interferencias, y EMC (Compatibilidad ElectroMagnética). De esta forma se simplifica la programación. La preocupación extra que añade al instalador, para programar direcciones, es insignificante.

#### 6.2.7. E/S Adicionales

Hay 6 líneas de E/S libres para futuro uso o mejoras, como añadir una para el sensor de pulso de giro completo (360°) alojado en cada servo motor DC, otra para sensar la posible sobre corriente del servo, otra para sensar el giro real de la seta, y otras mejoras posibles.

#### 6.2.8. Alimentación

La alimentación es la descrita para la placa principal de control, con la única salvedad de que el regulador proporciona una corriente máxima de 0'5 A, y el encapsulado es el TO92.



#### 6.2.9. Construcción de la Placa del Servo Motor DC

El esquema se diseñó con el programa para PC: Isis Proteus. El diseño de la placa de circuito impreso se realizó con el programa Ares Proteus, y a partir de dicho diseño se imprimió el fotolito. La placa se insoló, se trató con el revelador y el atacador rápido y se limpió. Una vez realizado el circuito impreso, la placa se taladró y se insertaron los componentes electrónicos, soldándolos mediante estaño-plomo al 60-40%, hilo de 1 mm de diámetro con alma de resina. Finalmente, se tropicalizó toda la placa para aislamiento ante agentes externos corrosivos, en ambas caras.

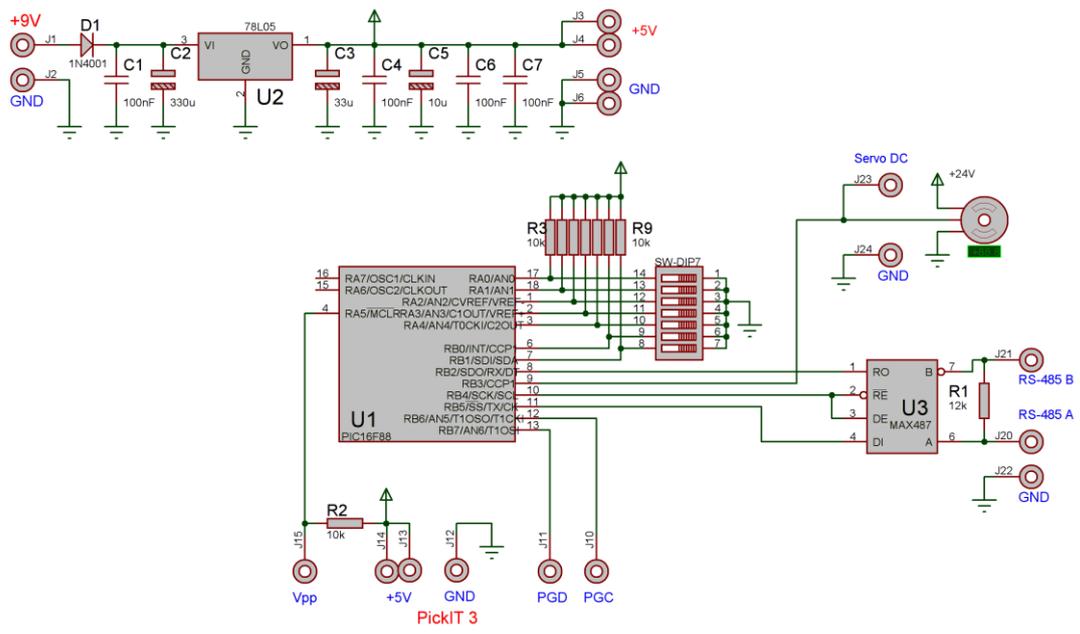
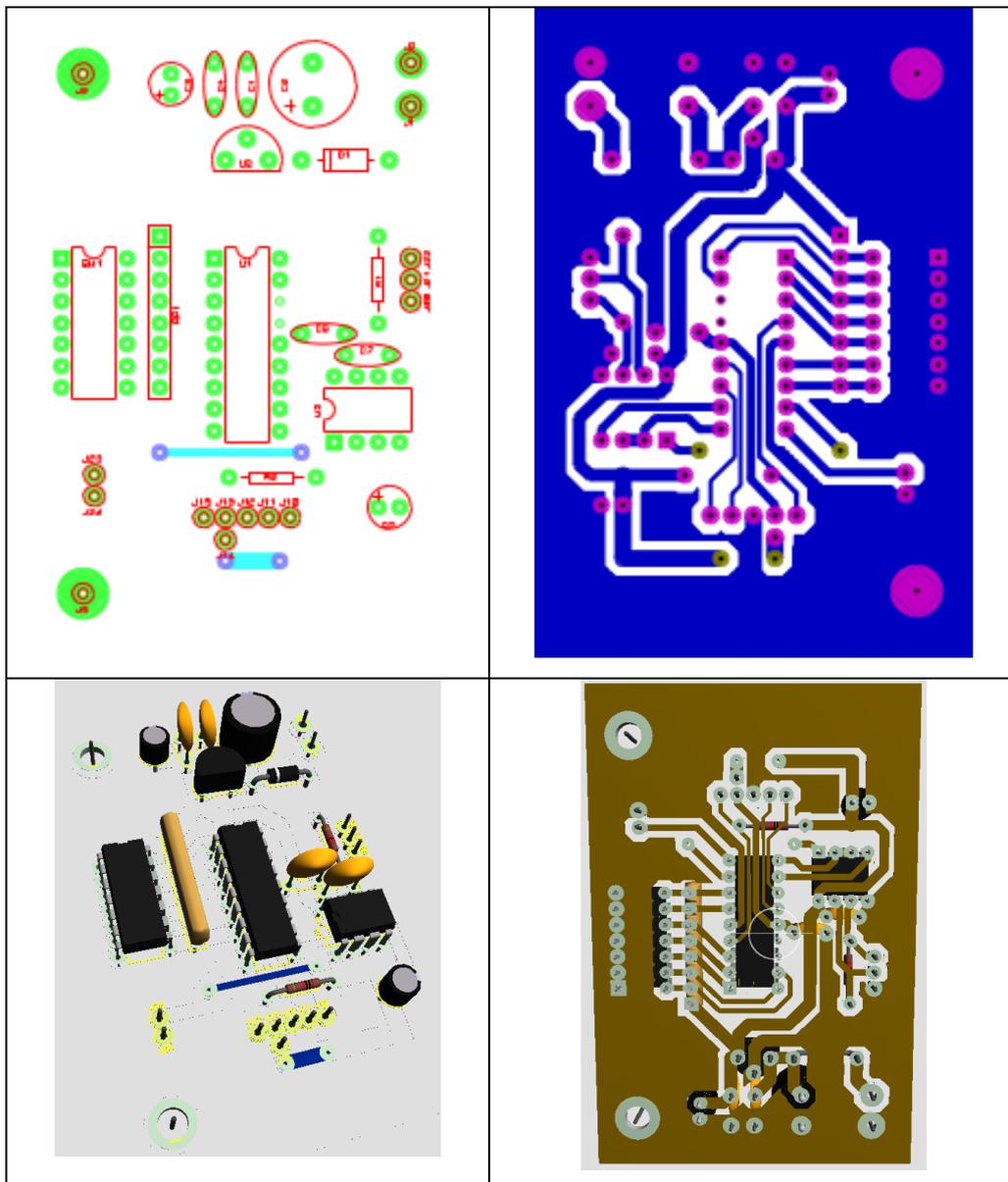


Figura 22 Esquema electrónico de la Placa del Servo Motor DC.



**Figura 23** Serigrafía en la cara de componentes y cara de pistas.

El tamaño de la placa es de  $81 \times 97 \text{ mm} = 78,6 \text{ cm}^2$ . Se utilizan zócalos, en vez de soldar directamente los circuitos integrados a la placa, para facilitar su sustitución.

<b>Cantida d</b>	<b>Nombre Serigrafía</b>	<b>Componente</b>	<b>Valor</b>
1	R1	Resistencia 1/4 W	12k $\Omega$
1	R2	Resistencia 1/4 W	10k $\Omega$
4	C1,C4,C6,C7	Condensador Cerámico	100 nF
1	C2	Condensador Electrolítico Radial	330 uF
1	C3	Condensador Electrolítico Radial	33 uF
1	C5	Condensador Electrolítico Radial	10 uF
1	U1	Microcontrolador	PIC16F88
1	U2	Regulador Integrado	78L05
2	U3,U4	Driver RS485	MAX488
1	U1	Zócalo DIL18	
1	D1	Diodo Silicio	1N4001
1	RP1	Resistencia Pack 7	10k $\Omega$
1	SW1	SW-DIP7	
11	J10-J24	Pin 2'54 Macho	2'54 mm
11	J10-J24	Pin 2'54 Hembra	2'54 mm
2	J1,J2	Pin Tornillo PCB	2'5 mm
3	T1-T3	Tornillo	M3
3		Separador Hembra	M3

**Tabla 10** Lista de componentes electrónicos.

**Conectores numerados trigonométricamente en placa, desde ángulo 0° y cara de serigrafía:**

<b>Nombre Conector</b>	<b>Función Conector</b>
J20-J22	Bus Serie RS-485 para Comunicación con Nodos
J1,J2	9..12 Vdc Alimentación Placa
J23-J24	Servo DC
J10-J15	Programador PIC-Kit 3

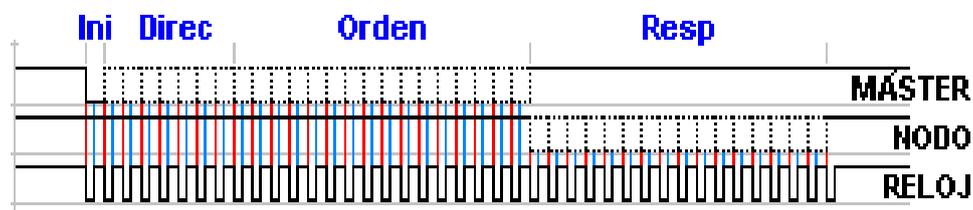
**Tabla 11** Conectores y sus funciones.

### 6.3. Formato de Tramas de Comunicación

La comunicación entre máster y nodos se realiza mediante Serie RS-485. El principal envía el Reloj y Datos serie. La trama consta de 24 bits transmitidos por la línea MOSI, divididos en 2 partes, 7 bits para la dirección del nodo destino emitida por el máster, 1 bit nulo, y 16 bits de orden para el nodo direccionado. Sincronizados en todo momento por la línea de Reloj (Clk). Sigue una respuesta de 4 bits del nodo sincronizada por el reloj, transmitidos por la línea MISO.

El orden de transmisión es desde el bit más significativo (MSB) en primer lugar, hasta el bit menos significativo (LSB), en los flancos positivos del reloj para las órdenes del máster, y en los negativos para las respuestas de los nodos direccionados. La frecuencia de la señal de Reloj (Clk) es el doble (9'6 kHz) que la de transmisión serie (4'8 kbps).

La trama se divide en 4 campos:



**Figura 24** Tramas de comunicación.

Campos Inicio=0 (1Bit) y Dirección Nodo=0..127 (7 Bits), Orden Máster=0..65535 (16Bits), y Respuesta Nodo=0..65535 (16Bits). El flanco ascendente del reloj con trazo azul identifica los puntos de lectura de los bits de la trama. El flanco

descendente del reloj con trazo rojo identifica los puntos de escritura de los bits de la trama, primero por la placa principal de control, y después, por el nodo direccionado como respuesta. Entre trama y trama es conveniente dejar un "blanking" equivalente a 4..8 Bits inactivos, sin transmisión, para sincronización y estabilización de buses.

Lógica de Comunicación. No comprueba error:

1. Recibe byte de Dirección.
2. Recibe 2 bytes de Orden.
3. Si es el Nodo direccionado: Transmite 2 bytes de Respuesta.

Si NO es el Nodo direccionado: Recibe 2 bytes de Respuesta.

## 6.4. Diagramas de Conexiones entre Módulos

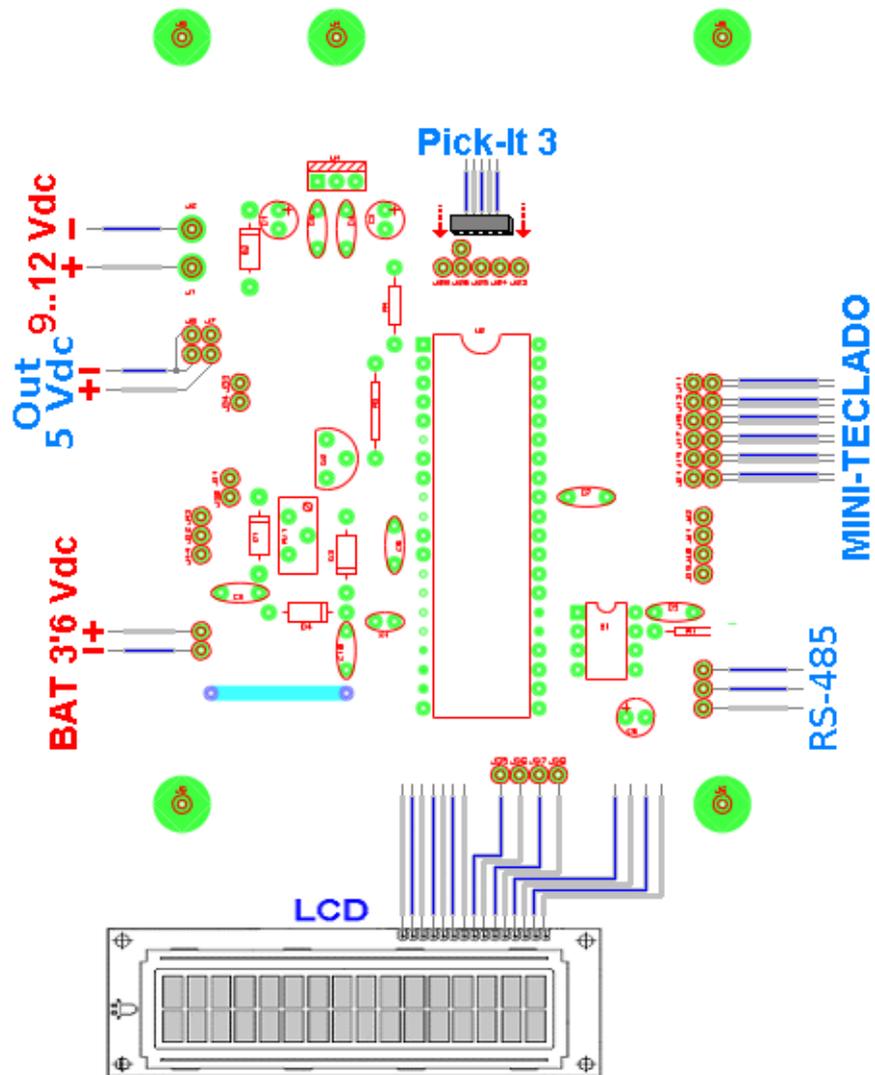


Figura 25 Conexiones necesarias para la placa principal de control.

Conexiones necesarias para la placa de esclavos:

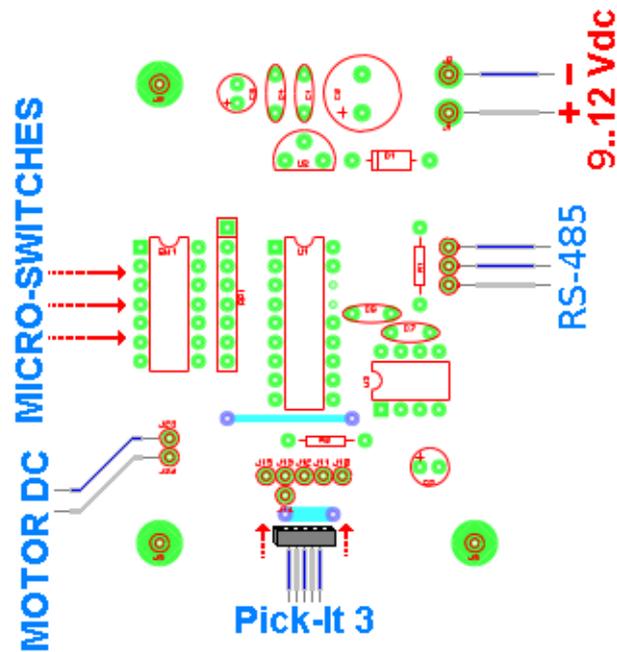


Figura 26 Diagrama de conexiones de los nodos.

## 6.5. Simulación con Isis Proteus

Se realizó una simulación de funcionamiento del circuito de control diseñado mediante el programa Isis Proteus y se obtuvieron excelentes resultados.

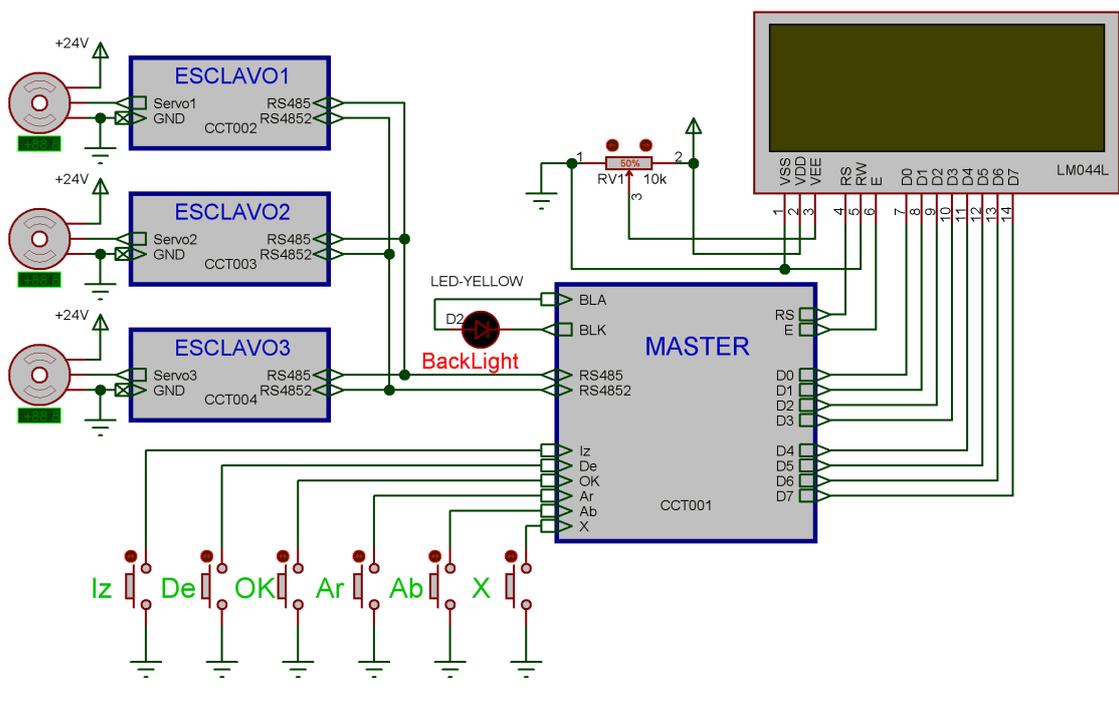
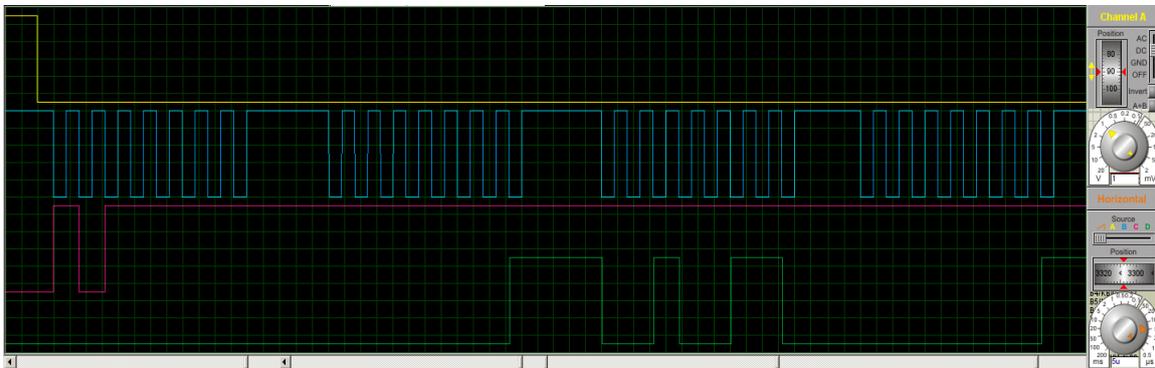


Figura 27 Esquema de la simulación.

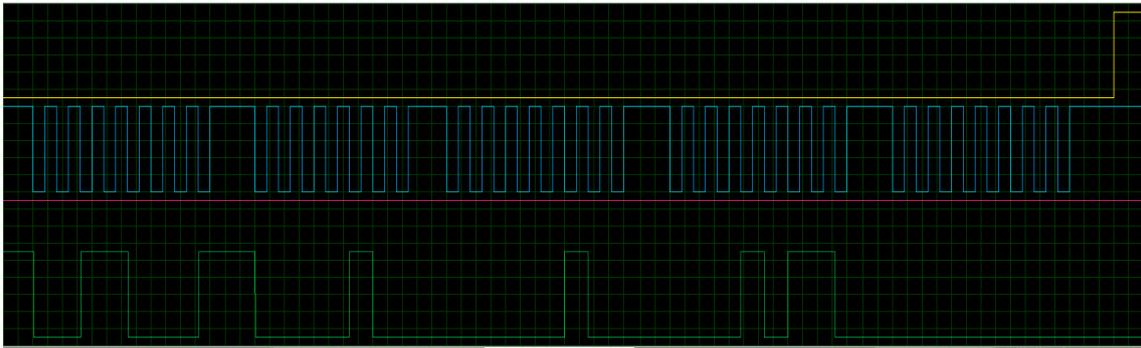
### 6.5.1 Simulación de Master con Isis Proteus



**Figura 28** Base de tiempos y cronograma de comunicación SPI con el RTC.

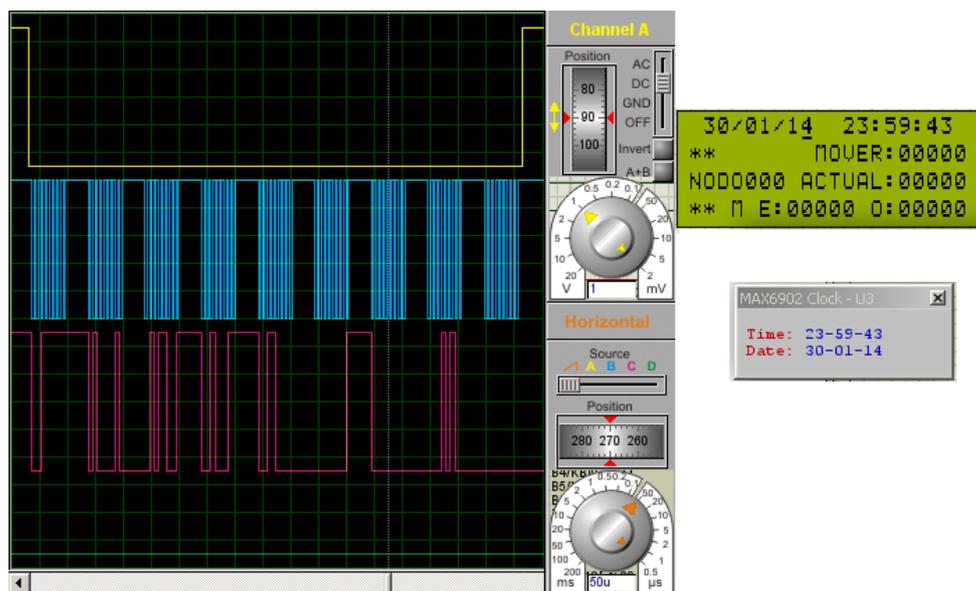
Se muestra la base de tiempos y cronograma de comunicación SPI con el RTC, los 4 canales del osciloscopio tienen idéntica configuración, en todas las vistas que se presentan en este tema. Tiene lugar a 125 kHz, y transmite en el primer tramo la orden de leer hora y fecha del RTC. La señal amarilla es CS activo a nivel bajo, la señal azul es el reloj SPI de sincronización entre master y esclavo, la roja es la orden del master al esclavo MOSI en estándar SPI, y la verde es la respuesta del RTC con la información solicitada MISO en estándar SPI. La interpretación de MOSI es la secuencia 0xBF, 0xFF, 0xFF... 0xFF. La interpretación de MISO es la respuesta en BCD : 01 (seg), 26 (min), 01 (h). Expresada como hora de reloj digital sería 01:26:01, dado que Proteus Isis auto inicializa el RTC con la fecha y hora del reloj del sistema en Win o Linux.

A continuación, se muestra la continuación del cronograma anterior con las mismas señales indicadas, y conteniendo la fecha de respuesta del RTC. La señal MISO expresa en BCD: 31 (día), 08 (mes), 04 (día de la semana), 16 (año). Expresada como fecha de reloj digital sería 31/08/2016, donde 04 indica miércoles, en secuencia inglesa Dom-Lun-Mar-Mie-Jue-Vie-Sab y de 1..7, el mes 08 corresponde a Agosto. El último valor que precede a la desactivación del reloj SCK y de CS, es un byte de control 00. La comunicación entre micro y RTC funciona correctamente.



**Figura 29** Cronograma de PIC actualiza la hora del propio RTC.

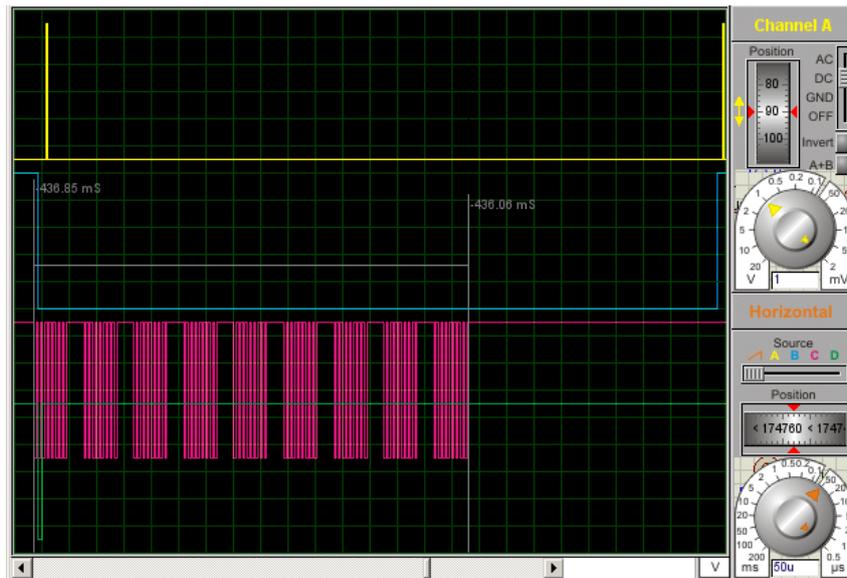
Ahora, se muestra el cronograma inverso, en el que, el PIC actualiza la hora del propio RTC. Las señales son las ya indicadas, y contiene la fecha y hora nuevas para el RTC, a partir de las que contará el tiempo en lo sucesivo. La señal MOSI expresa en BCD la secuencia 0x3F, 42 (seg), 59 (min), 23 (h). Expresada como hora de reloj digital sería 23:59:42. Seguida de 30 (día), 01 (mes), 00 (dia de la semana), 14 (año). Expresada como fecha de reloj digital sería 30/01/2014. El último valor que precede a la desactivación del reloj SCK y de CS, es un byte de control 00. La pantalla LCD del dibujo es la fecha cambiada a mano, y ejecutada orden de cambiar reloj. La ventanita del MAX6902 confirma su puesta en hora, y la comunicación entre micro y RTC funciona correctamente.



**Figura 30** Cronograma de cómo el PIC actualiza la hora del propio RTC

Para concluir con el testeo del RTC, se muestra el cronograma de una trama

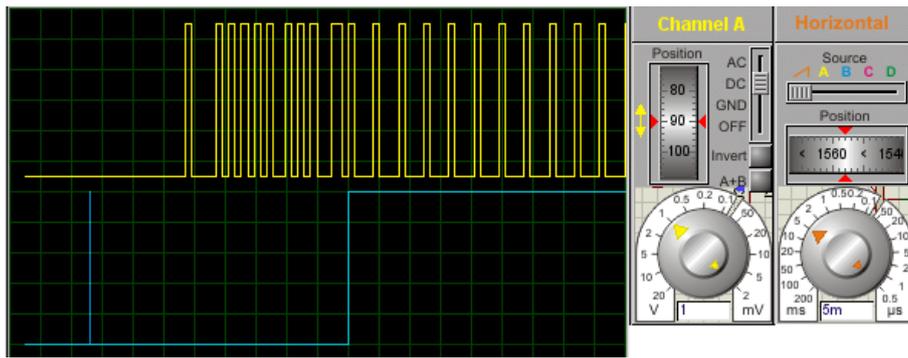
completa, tarda 790  $\mu$ segundos. Los picos de la señal amarilla, junto al nivel bajo de la señal azul, corresponden a un "Frame" completo de 1 milisegundo de la Base de Tiempos interna, que visualiza en el LCD un caracter que haya cambiado o el cursor. Todas las operaciones realizadas y órdenes están sincronizadas por la Base de Tiempos, para evitar solapamientos y saturaciones entre tareas. De modo que, la '[gestión de Tareas](#)' del sistema está controlado y sincronizado, como en cualquier sistema operativo de cierta calidad.



**Figura 31** Cronograma de una trama completa del RTC.

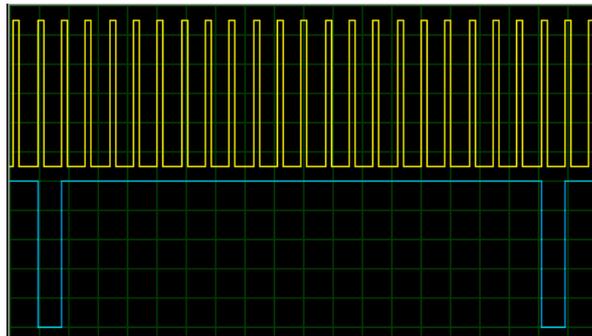
A continuación, este cronograma es de una importancia trascendental. Informa claramente de la puesta en marcha del sistema, en cuanto recibe tensiones de alimentación. El primer glitch que presenta la señal azul, indica el completado del power-up que MicroChip implementó en el PIC18F4520, realizando un ciclo POR (Power On Reset), teniendo en cuenta el BOR (Brown-Reset), y todas las medidas de arranque para asegurar estabilización de las señales de reloj y alimentación. La señal amarilla es la habilitación del LCD, marcada con nomenclatura E. La señal azul, RS, es la de distinción entre comando o dato enviado al LCD. El bus de datos de 8 bits del LCD se envía por el puerto D del micro. Los 9 pulsos iniciales de la señal amarilla son relevantes, pues corresponden a la secuencia de inicialización del LCD temporizada, tal como requieren los visualizadores compatibles HD44780 de Hitachi, en este caso se trata de un modelo con 4x20, es decir, 4 líneas de 20 caracteres. Tras los 9 pulsos de inicialización, siguen los pulsos cada 4 milisegundos de la base de tiempos encargada de visualizar los caracteres visibles en el display. La señal azul indica los comandos

enviados a nivel bajo, y los caracteres enviados a nivel alto.



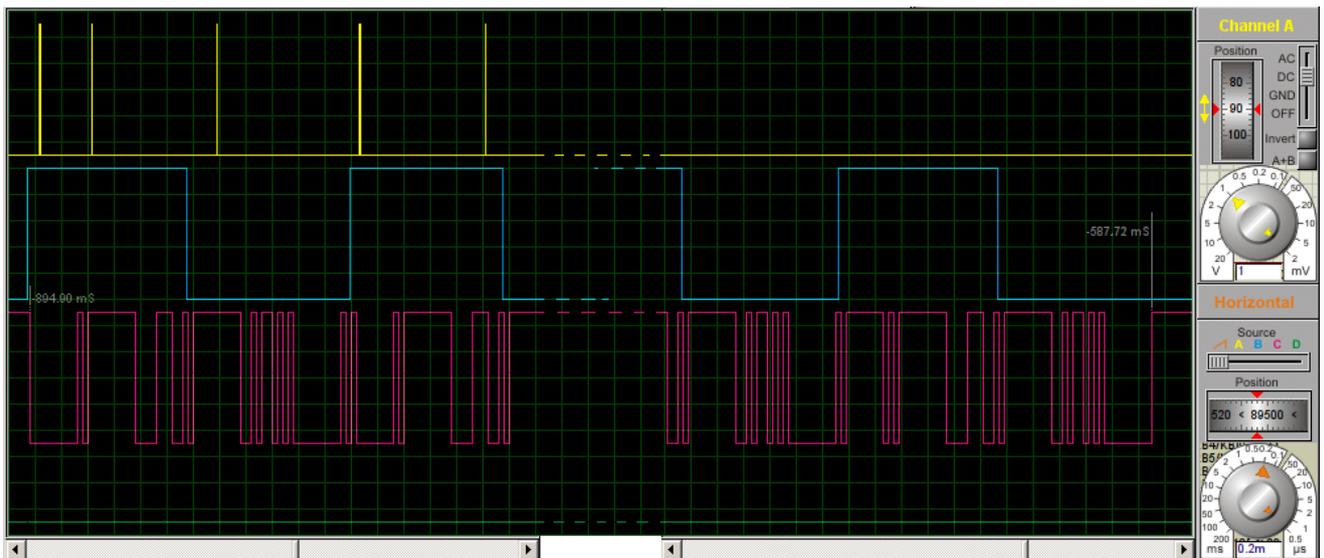
**Figura 32** Cronograma de puesta en marcha del sistema.

Este cronograma que sigue, muestra el envío de una línea completa al LCD, a razón de 1 carácter cada 4 milisegundos. Se muestra claramente la temporización de gran precisión de la Base de Tiempos programada.



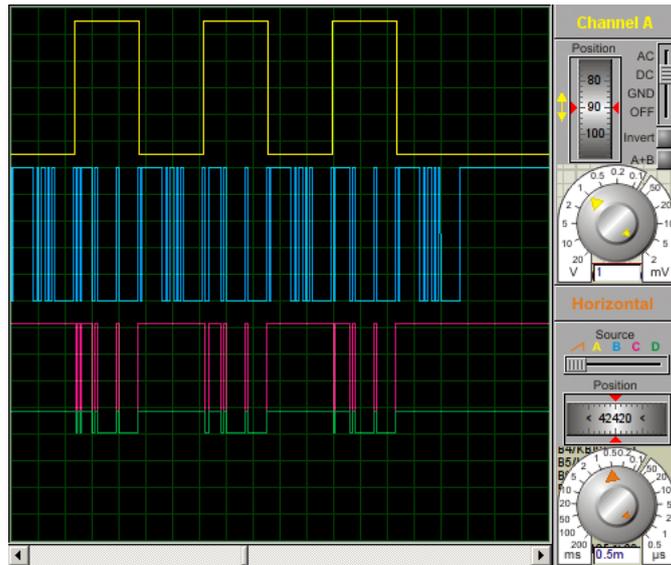
**Figura 33** Envío de una línea completa al LCD.

Por último, se muestra la trama enviada a los nodos con las órdenes pertinentes para el posicionado de las setas fotovoltaicas. Permite controlar 128 nodos, repitiéndose la trama de órdenes para cada uno. La trama total para todos los nodos se transmite en 216'28 mili segundos, a 25 kBaudios.



**Figura 34** trama enviada a los nodos con las órdenes pertinentes.

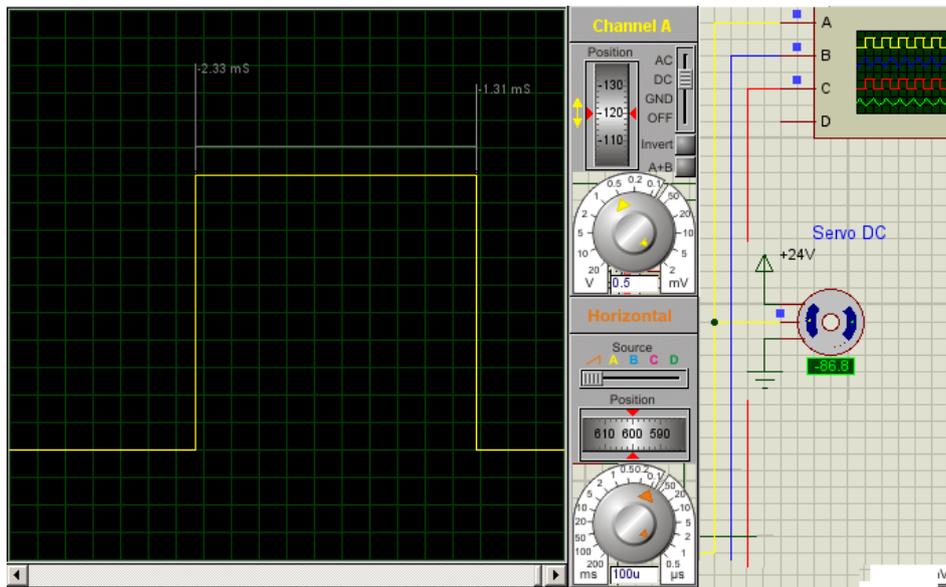
En el siguiente cronograma se ha situado la señal amarilla en el Chip Select del MAX1487, dado que consta de receptor y driver (o transmisor), la señal de activación de uno es la negación del otro, y pueden conectarse juntos en una misma patilla del PIC. Por tanto, la señal amarilla transmisión hacia los nodos a nivel alto, y recepción desde los nodos a nivel bajo. La señal azul es la trama de cada nodo, y consta de 6 bytes, 3 transmitidos, 2 recibidos, y 1 de separación. En la recepción, el nodo seleccionado debe volcar su respuesta, pero en este caso, aún no participan. Las tramas de los 128 nodos van encadenadas juntas, formando una macro trama durante el tiempo de 216'28 mili segundos, indicados en el cronograma anterior. Las señales roja y verde son el bus diferencial RS485, la roja son los bits en voltaje positivo, y los verdes son los mismos en voltaje negativo. El fabricante da unos valores máximos del bus diferencial de -8V a +12'5V, por lo que no resulta extraño que la mitad positiva indique +8V, y la mitad negativa indique -2V.



**Figura 35** Cronograma Chip Select del MAX1487 y el bus diferencial RS485.

### 6.5.2 Simulación de Esclavo con Isis Proteus

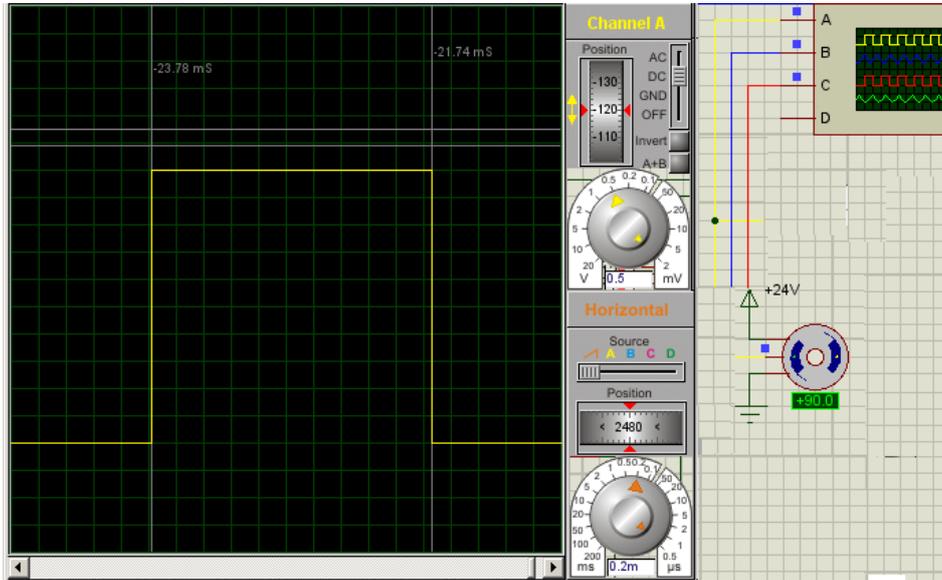
Se muestra el pulso correspondiente a la orden “Oeste” que hace girar el motor en anti giro, es decir sentido antihorario, de ahí el signo negativo en las revoluciones del servo. Se aprecia la duración de 1 milisegundo del pulso, cometiendo una pequeña imprecisión de 20  $\mu$ segundos, que no afecta al funcionamiento óptimo, ni es relevante.



**Figura 36** Pulso correspondiente a la orden “Oeste”.

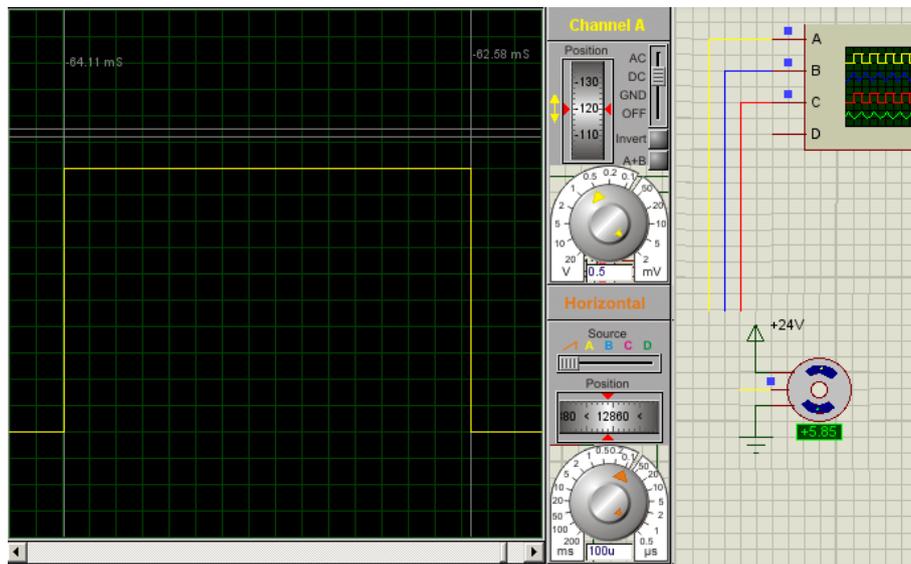
Ahora se muestra el pulso correspondiente a la orden “Este” que hace girar el motor en giro positivo, es decir sentido horario, en las revoluciones del servo. Se

aprecia la duración de 2 milisegundos del pulso, cometiendo una pequeña imprecisión de 40  $\mu$ segundos, que no afecta al funcionamiento óptimo, ni es relevante.



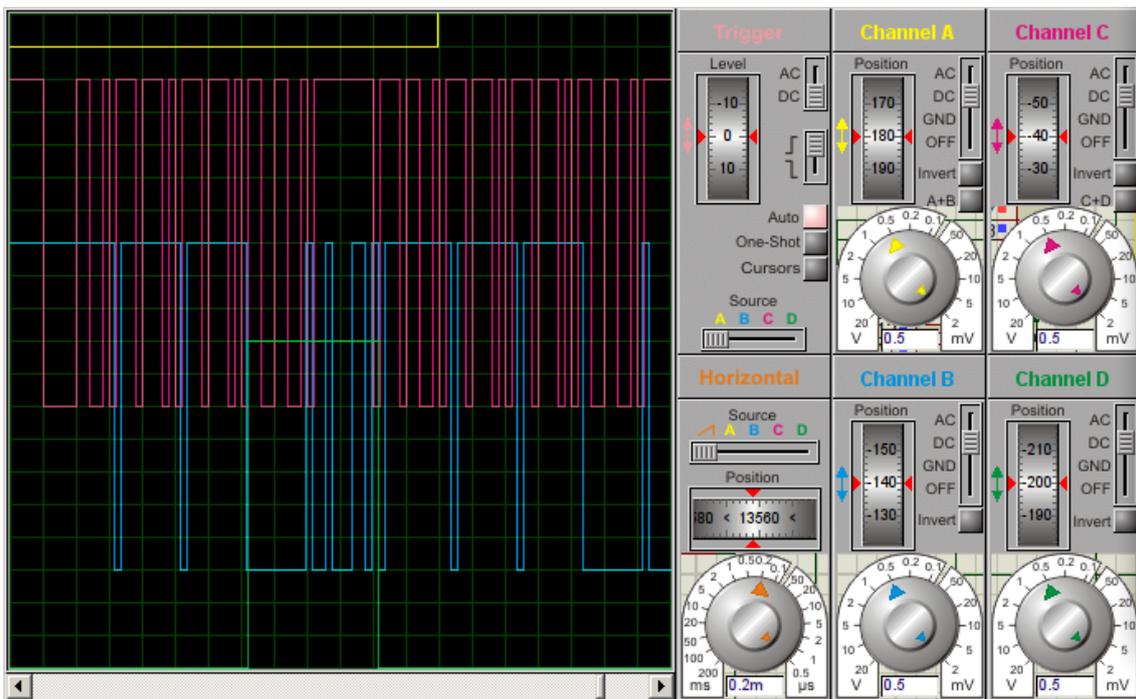
**Figura 37** Pulso correspondiente a la orden “Este”.

Se muestra el pulso correspondiente a la orden “Stop” que detiene el motor, y puede ser una orden concreta procedente del master o la finalización de alguna de las órdenes anteriores. Se aprecia la duración de 1'5 milisegundos del pulso, cometiendo una pequeña imprecisión de 30  $\mu$ segundos, que no afecta al funcionamiento óptimo. Pero, el punto de stop o parada de un servo es un punto algo crítico, y por eso, incluye un tornillo de ajuste que permite regularlo. La imagen muestra un pequeño giro positivo de error que apenas consigue moverlo físicamente, y es debido a lo recién explicado.



**Figura 38** Pulso correspondiente a la orden “Stop”.

Por último, se muestra la trama que el máster envía a los nodos, con detalle de acceso a 2 nodos de direcciones correlativas. El nodo interceptado responde a su trama con su dirección prefijada, mientras que ignora la trama con dirección distinta, correspondiente a otro nodo de la red. La señal amarilla es de sincronización y debe ignorarse en este caso. La señal roja son 2 tramas de direcciones correlativas recibida por los nodos. La señal azul corresponde a un nodo interceptado, en su posible respuesta al maestro, que será validada si va dirigida a su dirección, y será ignorada si se dirige a la dirección de otro nodo. La señal verde es dicha validación para que el driver RS485 saque la respuesta (trazo azul) al bus diferencial del sistema. En este cronograma la dirección del nodo es 30h, y las tramas consecutivas van dirigidas a los nodos 30h (aceptada) y 37h (ignorada).



**Figura 39** trama que el máster envía a los nodos.

### 6.5.3 Simulación de Maestro y 3 Esclavos con Isis Proteus

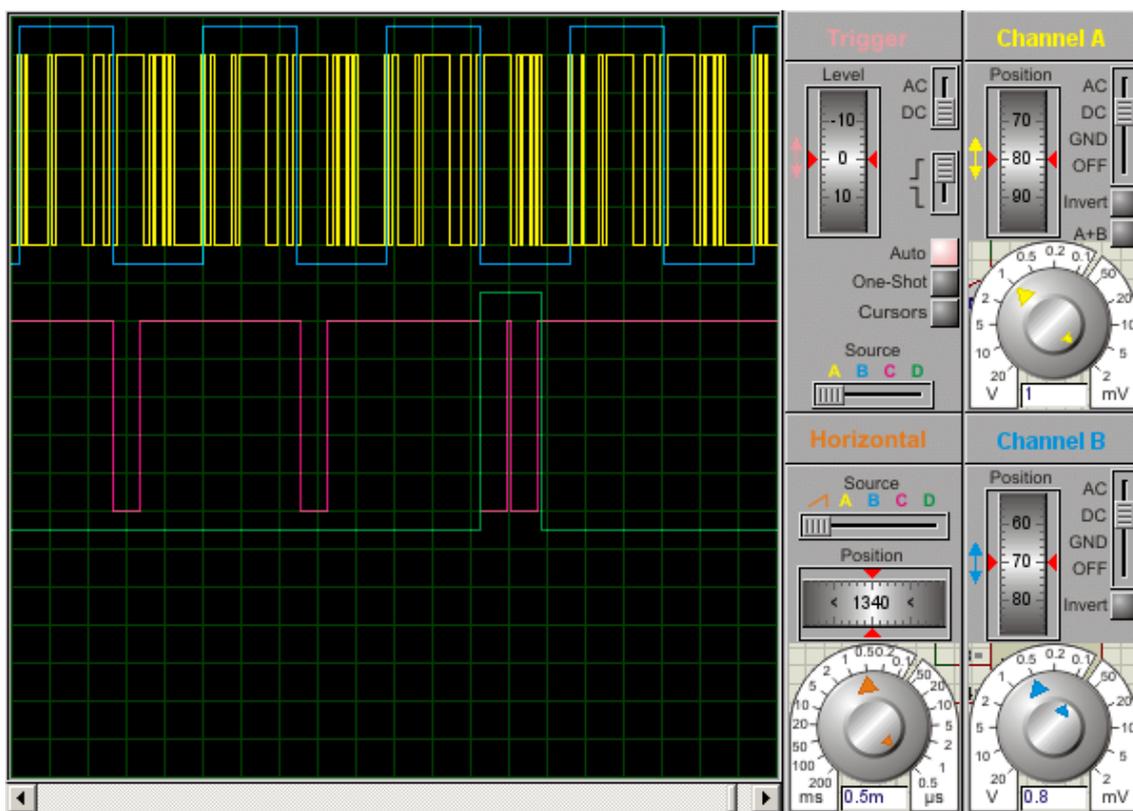
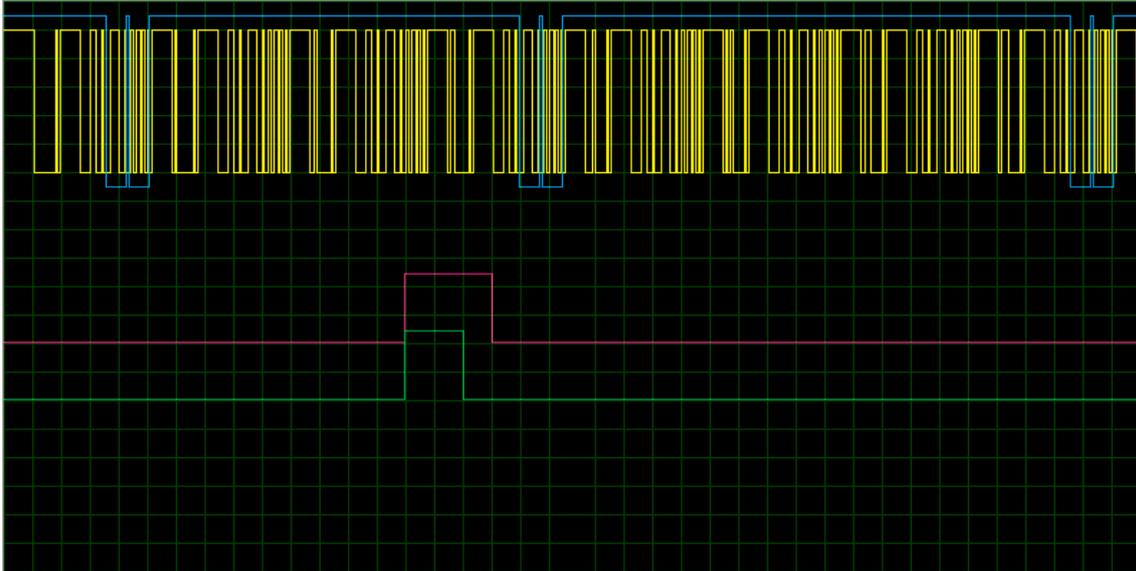


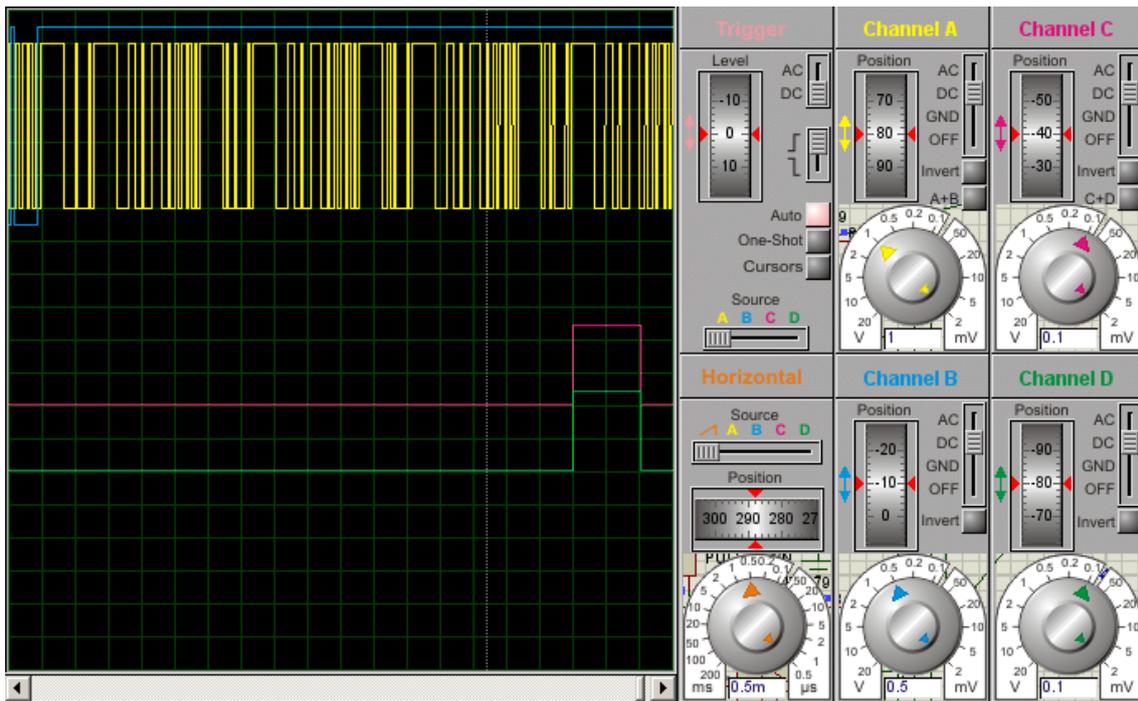
Figura 40 Cronograma trama compuesta de 128 subtramas.

El cronograma muestra la trama compuesta de 128 subtramas, una por cada nodo posible. El trazo amarillo es la trama completa y el azul es la activación del driver TX =1, o desactivación =0, para recibir las respuestas de los nodos en modo half-duplex. El trazo rojo es análogo al amarillo y es la respuesta de un nodo a cada subtrama, si no es su dirección sólo sincroniza el primer byte de respuesta, y si es su dirección completa ambos bytes de respuesta. El trazo verde es análogo al azul, y es la activación del driver =1 cuando es su dirección la seleccionada, y la desactivación del driver =0 si no es su dirección. Las 2 últimas señales tienen los mismos ajustes de canal que las primeras mostradas de cada canal del osciloscopio. Los nodos se dan por enterados cuando se les selecciona, e ignoran la comunicación que no se dirige a su dirección.



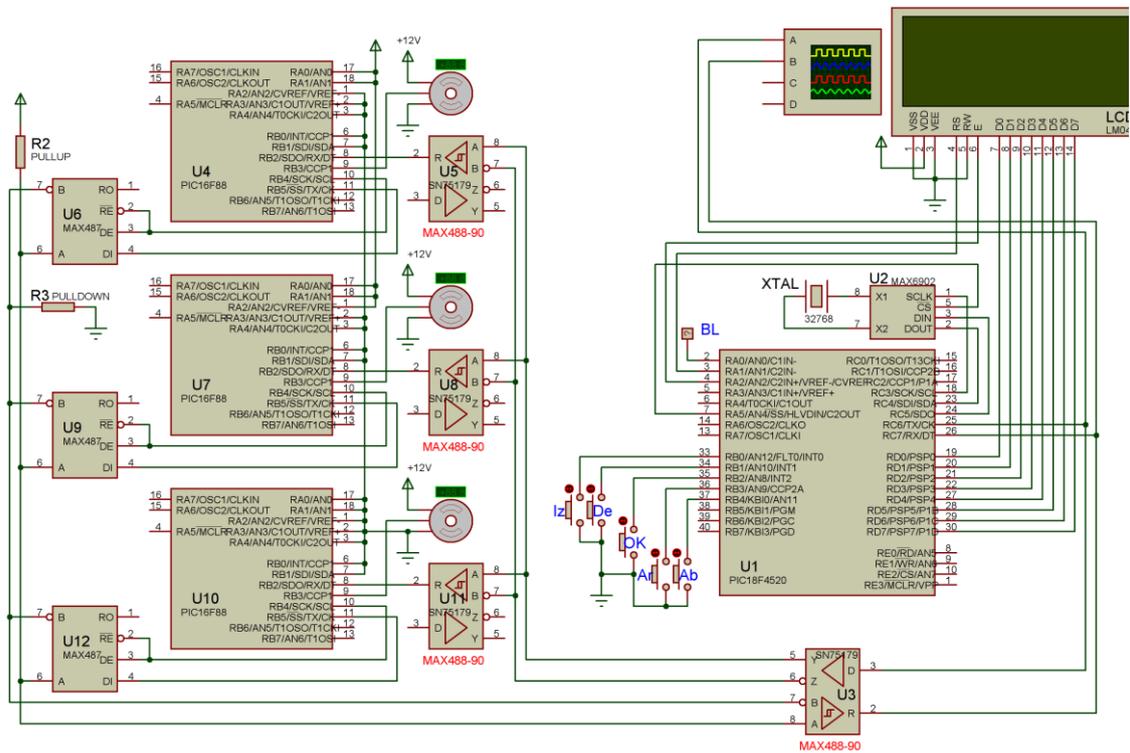
**Figura 41** Cronograma de la comunicación half-duplex completa entre maestro y nodos.

El cronograma muestra la comunicación half-duplex completa entre maestro y nodos. El trazo amarillo es la trama completa formada por subtramas de los 128 nodos, y el azul muestra las respuestas que recibe el maestro de los nodos que existen en el campo solar. En este caso existen sólo 3 nodos con direcciones : 0h, 3h y 7h. Los trazos verde y rojo son los pulsos que reciben los servos de los nodos 0h, y 3h, respectivamente. El nodo 0h ya responde a la orden recibida del maestro, moviendo su servo con pulsos de 1 mseg. El nodo 3h aún continúa en reposo con pulsos de 1'5 mseg. Poco después, el nodo 3h pasará a enviar movimiento de su servo con pulsos de 1 mseg., imitando al nodo 0h, tal como muestra el siguiente cronograma, transcurridos 20 mseg. De tiempo.



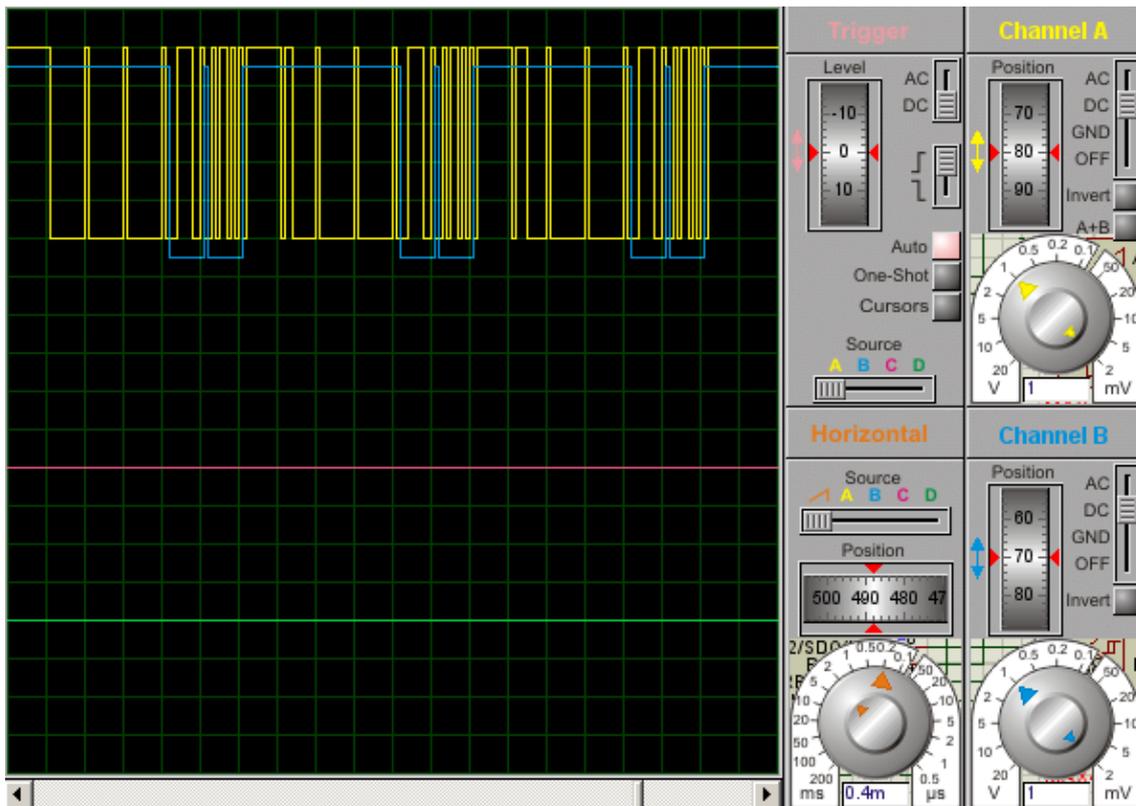
**Figura 42** Cronograma con el segundo bus diferencial.

No obstante, este sistema produjo severos problemas para sincronizar ambas tramas en un único canal diferencial mediante los drivers half-duplex MAX487. Insertar las respuestas de los 128 nodos en la trama del maestro produjo severas desincronizaciones. Por eso, se modificó el bus diferencial, para transformarlo en un doble bus full-duplex, añadiendo un segundo bus diferencial con los drivers SN75179, equivalente al MAX490. Proteus no posee el componente MAX490, pero sí el compatible pin a pin SN75179.



**Figura 43** Esquema definitivo con bus full-duplex.

Esquema definitivo con bus full-duplex, situado al fondo del gráfico, simulado con direcciones de nodos 3h, 7h y 0h, a la izquierda y de arriba hacia abajo. Ahora la comunicación entre maestro y nodos está correctamente sincronizada. El maestro, a la derecha, recibe las respuestas de los nodos existentes, y anota sus direcciones para enviarles las tramas reducidas durante las horas de Sol, sólo a ellos.



**Figura 44** Cronograma muestra la trama reducida Este.

El cronograma muestra la trama reducida Este, que se enviará sólo a los nodos existentes, durante todas las horas de Sol. Las tramas generales Sur, Mínimo, y Oeste, se envían a todos los posibles 128 nodos, en momentos muy definidos. A los 20 minutos después de luz directa del Sol se produce la trama general Sur, que posiciona las placas hacia el sur para prevenir vientos nocturnos. A las 24 horas se produce la actualización de horario y fecha, junto a los cálculos de posicionado, y se borran las direcciones de nodos existentes. Cuando faltan 40 minutos para luz solar, se produce la trama general Mínimo, que posiciona las placas al Oeste. Cuando faltan 20 minutos para luz solar, se produce la trama general Este, que posiciona las placas en el punto de salida del Sol. A continuación, seguirán tramas reducidas, que moverán gradualmente las placas hacia la puesta del Sol.

Existen además 2 tramas de posicionado por el usuario, una general dando una posición absoluta a todas las placas, y otra reducida que posiciona nodos individuales.

#### 6.5.4 Acerca de Proteus y MPLab

Isis Proteus es una excelente herramienta para realizar esquemas y simular los

circuitos diseñados. No obstante, no es perfecta, sino que tiene graves problemas de funcionamiento. Tiene tendencia a auto extinguirse con facilidad por motivos internos, o quizás por ser versión pirata. No tiene mucha estabilidad frente a esquemas de cierta complejidad. Y la solución consiste en borrar el archivo \*.pwi, con lo que reinicia sus anotaciones de simulación.

También el archivo del esquema \*.dsn se congestiona a menudo, y en el esquema se aprecia por el cambio de aspecto de algunos componentes. En este caso, las simulaciones fallarán a menudo, y la solución consiste en realizar de nuevo el esquema, guardándolo en un archivo nuevo no congestionado. Cuando la simulación falla, algunos componentes no funcionan como deberían, y no se soluciona cambiando su programa de firmware. Estos fallos de simulación significan la pérdida de demasiado tiempo, porque Proteus aparenta simular y funcionar correctamente, y modificar el software o el esquema no parece resolver el problema. Y el problema persiste, sin tener solución, por más cambios y modificaciones que se hagan.

MPLab también sufre espontáneas auto extinciones. No es fácil determinar en qué situaciones sucede. A menudo, falla cuando antes Proteus ha producido alguna caída. Otras veces, falla cuando el entorno Java se trastorna. De cualquier forma, no es un producto exento de fallos. A veces obliga a rehacer el proyecto, salvando los archivos de 'c' creados, y reincorporándolos al proyecto nuevo.

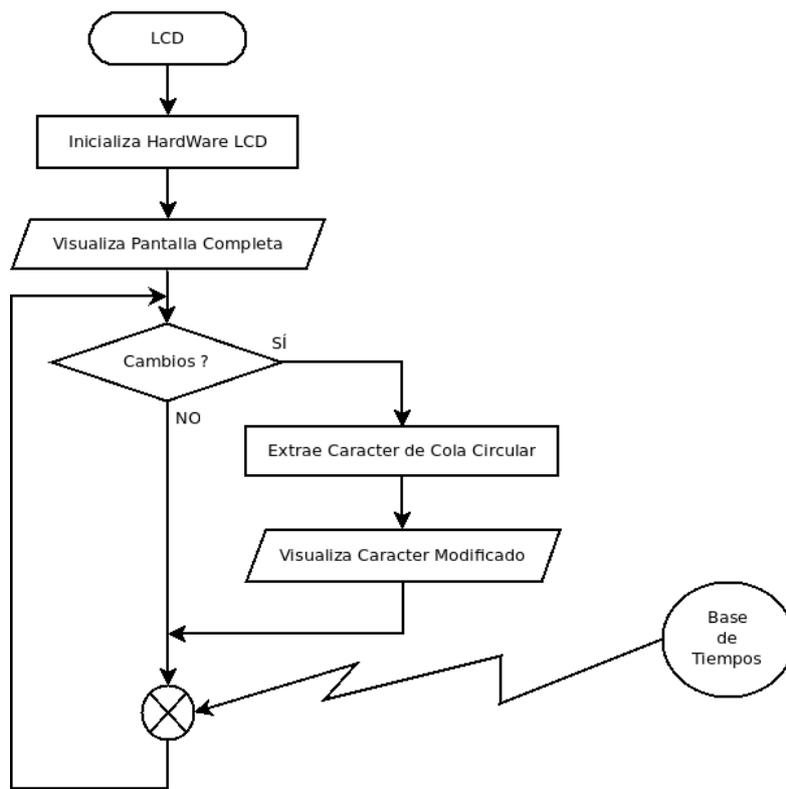
## **7. ENTORNO: USUARIO**

El usuario No necesita ningún elemento adicional, salvo la Placa principal de Control, para tener el completo dominio del Campo Solar.

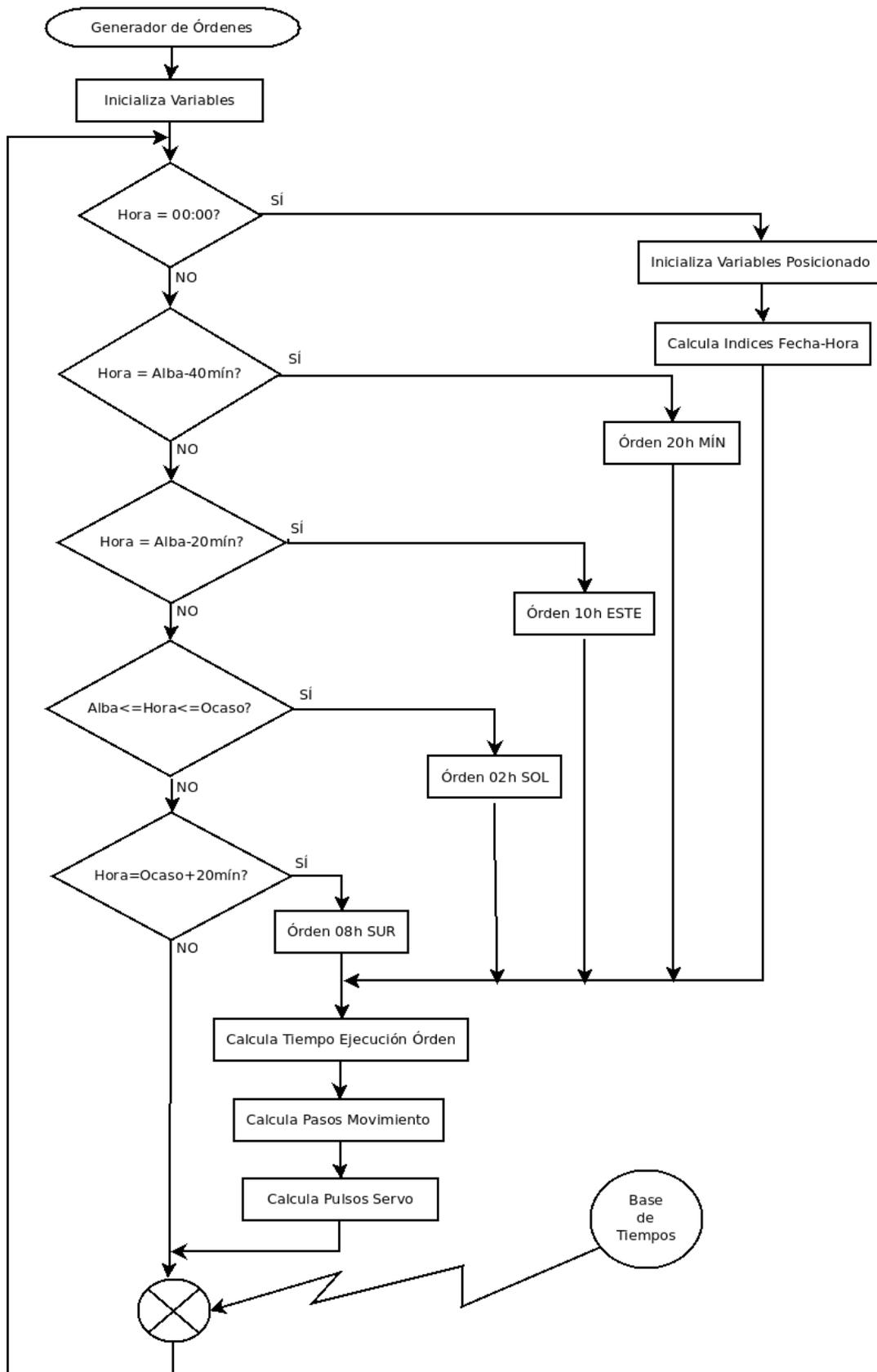
El manejo es muy sencillo e intuitivo, y se describe en el documento “Manual del Usuario”.

## **8. FLUJOGRAMAS**

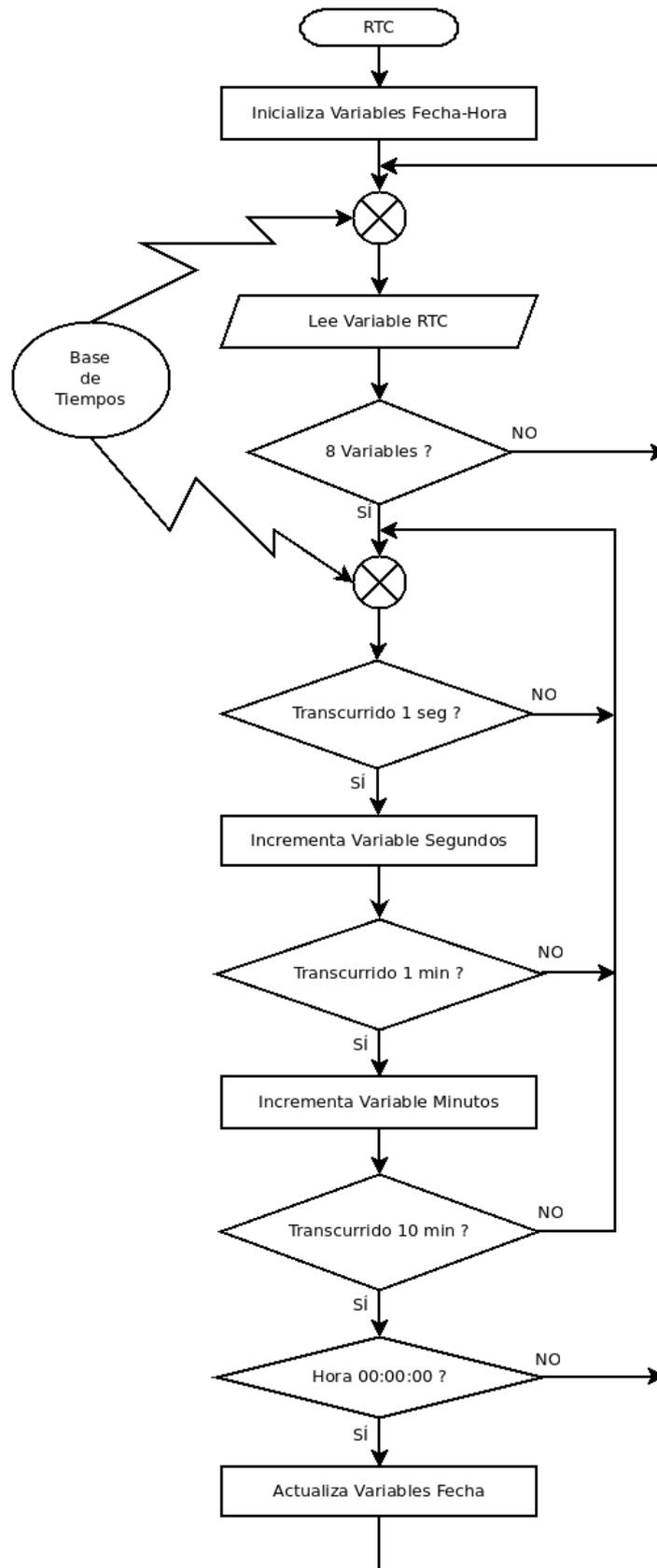
Los flujogramas reflejan el código implementado y el comportamiento de cada unidad programada: la Placa Principal de Control con el micro controlador PIC18F4520, y la Placa Nodo de Servo DC con el PIC16F88.



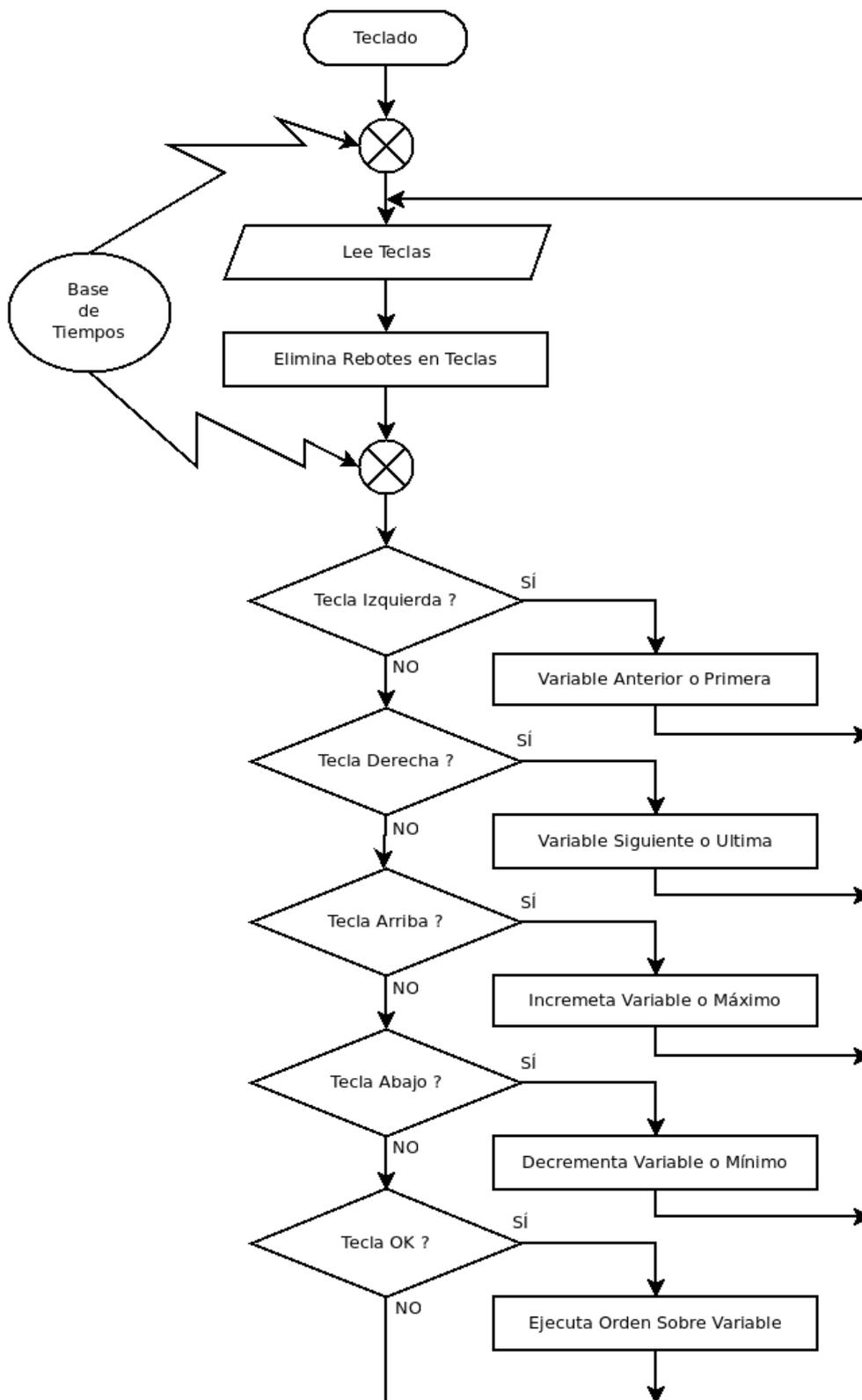
**Figura 45** Funcionamiento del LCD.



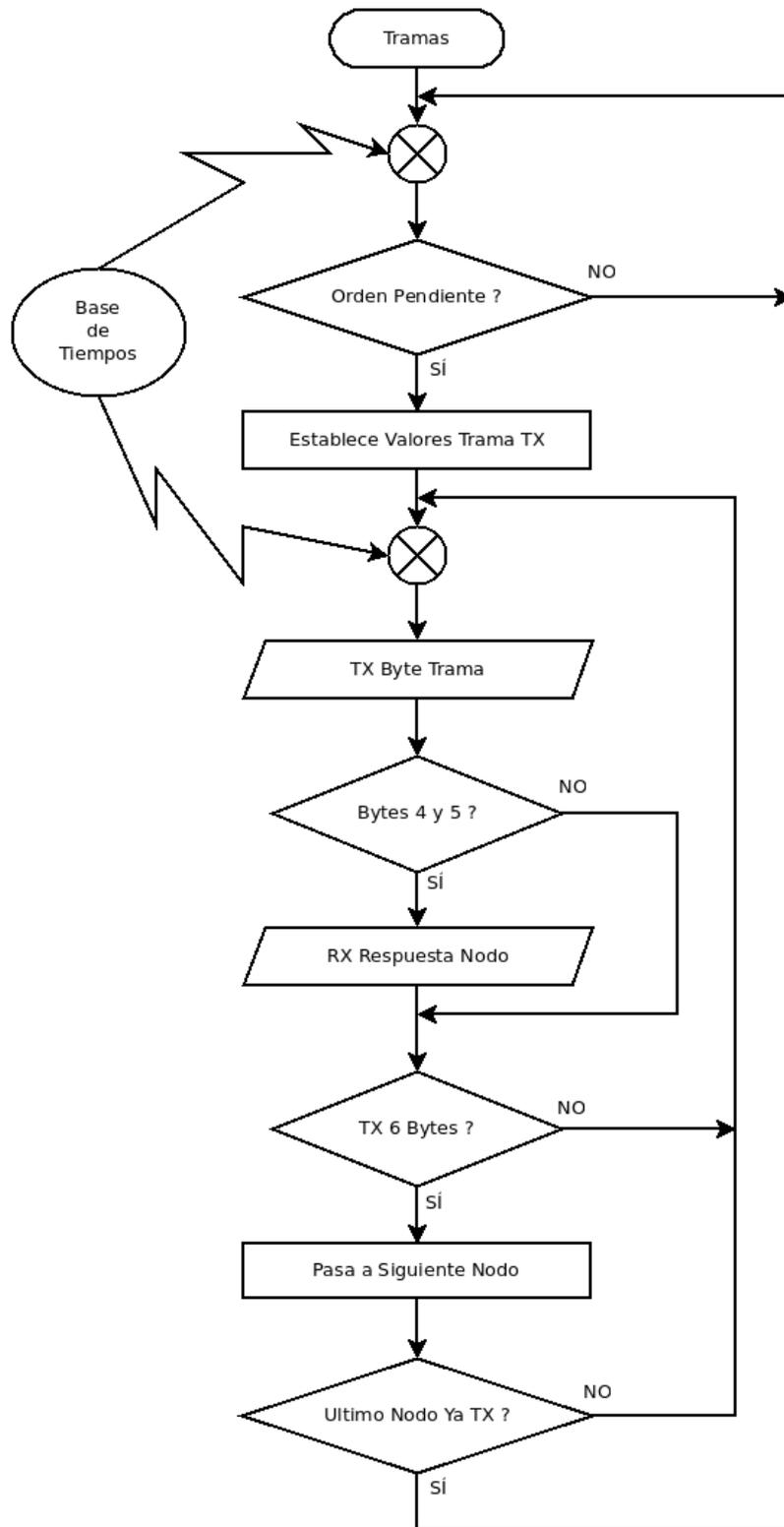
**Figura 46** Generación de Órdenes.



**Figura 47** Control de Tiempo RTC.



**Figura 48** Gestión del Teclado.



**Figura 49** Generación TX y RX de Tramas.

## 9. MEJORAS PARA EL PROYECTO

El **Sistema Máximo** incorpora notables mejoras para el rendimiento en la producción de energía eléctrica.

Pulsos de **Vuelta Completa** de Giro del Motor DC: Permite un control más exacto del posicionado de las setas mediante la información de realimentación al sistema, e independiente de las condiciones de sobrecarga mecánica externa debida al clima.

**Veleta Electrónica:** Permite saber con exactitud la dirección del viento, para posicionar las setas adecuadamente, para su protección, ante eventos climáticos con fuertes vientos.

### 9.1. Mejora basada en el Estudio de la Simulación

Durante el desarrollo del prototipo se ha podido estudiar el Sistema de Control del Campo Solar, obteniendo las premisas para mejoras importantes. Las tramas globales enviadas a los nodos son susceptibles de una sustancial mejora. El método inicial consiste en enviar una secuencia correlativa de tramas, una dirigida a cada nodo, y para todos los nodos posibles. Las 128 minitramas consumen  $307'2$  ms a 25kHz, dado que son:  $128\text{Nod} * 6\text{Byte} * 10\text{bit} = 7680\text{bit} * (25\text{kHz})^{-1} = 307'2$  ms. No es un tiempo excesivo, tan solo 3 décimas de segundo, pero obliga a los nodos a estar recibiendo todos esos bits y desechar la mayoría que van dirigidos a los otros nodos. Esto permite una respuesta por cada nodo, sincronizada en su propia mini trama, para que el maestro controle los nodos existentes, frente a los no conectados. Durante todo ese tiempo cada nodo temporiza las señales enviadas a los servos, en su propia base de tiempos interna. Podrían interferir ambas secuencias de interrupciones, por un lado las producidas para temporizar la señal de los nodos de micro segundos de resolución, y por otro las generadas por las tramas recibidas y enviadas al maestro. Aunque, el funcionamiento del sistema ha resultado ser excelente, podrían producirse interferencias entre interrupciones, y por tanto retrasos de sincronización, y algunas tramas no se recibirían correctamente.

Esta situación supone mucho trabajo generando tramas repetidas para cada nodo, sólo difieren en la dirección del nodo, pero las órdenes son las mismas para todos ellos. Se puede realizar un sistema alternativo de control igual o más eficiente, que reduciría

el tiempo de generación de tramas al mínimo posible. Se basa en las siguientes premisas:

- Se reduce el número de nodos a 126, con direcciones desde 1 hasta 126.
- Se reservan las direcciones 0 y 127 para órdenes 'BroadCast' o Globales, para todos los nodos.
- Las tramas de órdenes globales quedan reducidas a una mini trama global, siendo 127 la orden a cumplir para todos los nodos, y 0 la orden 'eco' que sólo cumplirían aquéllos nodos que no realizaron la anterior. Se transmite primero la 127, y algunos mili segundos después, la 0.
- Durante el horario nocturno de reposo del Campo Solar, se transmiten las órdenes individuales de los nodos, de 1 a 126, correlativas y separadas algunos mili segundos, recibiendo el maestro las respuestas de los mismos, para identificar los que existen o no.
- Las tramas globales no tienen respuestas de los nodos, y movilizan todo el Campo a la vez.
- El usuario sigue pudiendo lanzar desde el teclado órdenes globales a todos los nodos, e individuales a un nodo único, para posicionados y pruebas.
- Este sistema reduce el tiempo de trama en Half-Duplex a sólo:  $5\text{byte} \cdot 10\text{bit} = 50\text{bit} \cdot (25\text{kHz})^{-1} = 2 \text{ ms}$ . Y más todavía, se puede reducir el tiempo de trama en Full-Duplex a sólo:  $3\text{byte} \cdot 10\text{bit} = 30\text{bit} \cdot (25\text{kHz})^{-1} = 1'2 \text{ ms}$ .

El maestro enviará cada orden global seguida del eco algunos **mili segundos** después, sin esperar respuestas. Si algún nodo se pierde la orden, tiene el eco como segunda oportunidad. Resulta muy difícil que un nodo se pierda ambas, ya que son tiempos mínimos de RX. Durante la noche, el maestro se encarga de comprobar los 126 nodos a intervalos regulares de algunos **mili segundos**, y determinar los existentes. Si algún nodo se incorpora después, las órdenes globales durante el día, se encargan de dirigirlo junto a los demás nodos. Y en este caso, se transmiten posiciones absolutas a los nodos, en grados. El sistema inicial transmite posiciones relativas a los nodos. Es fácil traducir dichas posiciones relativas a absolutas, pero no permite pérdida de órdenes durante el día, ya que se traduce en retraso de avance. También las órdenes globales, si se pierden, se traducen en posicionados incorrectos en los nodos. Mientras que el nuevo sistema transmite posiciones absolutas, y son recuperables aunque se pierdan algunas órdenes.

Estas mejoras de lógica de funcionamiento producen un sistema tolerante a fallos, con un funcionamiento más robusto. Sólo precisa pequeños cambios de software para basarse en posiciones absolutas en grados, en el maestro y los nodos. Y puede usarse en el Sistema Máximo, con veleta electrónica y encoder de giro del servo. Aunque, el servo garantiza que su posición en la pedida en el pulso PWM, un encoder garantiza dicha posición, o la existencia de fallos mecánicos. La veleta, a su vez, indica la dirección del viento nocturno, para posicionar el reposo de las setas minimizando el daño causado.

## **10. BIBLIOGRAFÍA**

Se ha usado numerosa documentación para el diseño del control del campo solar, procedente de estudios de ingeniería, libros del tema, y recursos web.

- DATASHEET MICROCHIP PIC16F88.
- DATASHEET MICROCHIP PIC18F4520.
- DISPLAYS LCD CONTROLADOR HITACHI HD44780.
- PROGRAMACIÓN XC8 MICROCHIP.
- PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS-232 INDUSTRIAL.
- PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN RS-485 INDUSTRIAL.
- PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN SPI (RTC MAX 6902).
- DATASHEET MAX6902.
- TRANSMISIONES SERIE ENTRE DISPOSITIVOS MAESTRO-ESCLAVO.
- PRINCIPIOS DE ELECTRÓNICA, Albert Paul MALVINO, West Balley College.
- INTRODUCCIÓN A LA ELECTRÓNICA DIGITAL, Luis Gil SANCHEZ, UPV





UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# PLIEGO DE CONDICIONES

**Autor:**  
Marcos Andrés Carrascosa



# ÍNDICE

1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES .....	81
2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL .....	81
3. OBJETO .....	81
4. CONDICIONES MATERIALES.....	81
4.1 Placa de circuito impreso .....	82
4.2 Resistencias .....	83
4.3 Condensadores .....	83
4.4 Circuitos integrados .....	84
4.5 Transistores y Diodos Semiconductores .....	84
4.6 Cableado.....	84
4.7 Alimentadores.....	85
4.8 Accesorios mecánicos .....	85
4.9 Tornillos, tuercas y taladros pasantes.....	85
5. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN .....	85
5.1. Descripción.....	85
5.2. Control.....	86
6. PRUEBAS Y AJUSTES FINALES O DE SERVICIO.....	87
7. CONDICIONES FACULTATIVAS .....	87



# **1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO DE CONDICIONES**

El presente pliego de condiciones se refiere al conjunto de trabajos y exigencias a seguir para la ejecución del proyecto. Entre las exigencias se encuentran las condiciones técnicas que deben cumplir los materiales seleccionados que forman parte del sistema objeto del proyecto. Otra de las partes que engloba este documento son las normas y reglamentaciones legales que afectan a los componentes que existen en el mercado, sus valores nominales, y ensayos superados para regular el control de calidad.

El objeto final de este proyecto es el estudio, diseño y construcción del control del campo solar, dividido en parte electrónica y programación informática.

## **2. CONDICIONES Y NORMAS DE CARÁCTER GENERAL**

Además de las características técnicas de cada componente, que se redactarán en el apartado pertinente, durante la ejecución del proyecto deberán cumplirse las siguientes normas:

- Ordenanza general de seguridad e higiene en el trabajo.

Y en general, se deberán cumplir todas las normas que tengan alguna relación directa con el proyecto.

## **3. OBJETO**

La presente especificación técnica hace referencia al diseño y construcción del control del campo solar, así como de la realización de las pruebas pertinentes para dejar todo el conjunto funcionando perfectamente.

## **4. CONDICIONES MATERIALES**

### **Materiales.**

Las especificaciones que deben cumplir cada material en cuanto a valor, tolerancia, curvas características, etc..., están claramente especificadas en las hojas de

características de los fabricantes, incluidos los componentes más comunes, como las resistencias y condensadores, y a las cuales remitimos.

Al margen de lo dicho, se comentarán las características de montaje, así como otras características que no queden lo suficientemente claras en las hojas técnicas de características de cada componente, analizando cada componente por separado con el fin de cubrir los posibles puntos que no estén lo suficientemente desarrollados en los documentos comentados anteriormente.

#### **4.1 Placa de circuito impreso**

La placa que se utilizará para la realización del circuito será por una cara y estará construida en fibra de vidrio. El espesor de la placa de cobre será de un tamaño estándar. Se han de respetar las dimensiones de la placa especificadas en el plano correspondiente.

Los circuitos impresos deben cumplir las normativas siguientes :

- UNE 20524-1:1975, Técnica de los circuitos impresos. Parámetros fundamentales: sistema de cuadrícula.

- UNE 20552:1975, Diseño y utilización de componentes para cableados y circuitos impresos.

- UNE 20620-1:1993, Materiales base para circuitos impresos. Métodos de ensayo.

- UNE 20620-4:1980, Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Hoja de cobre.

- UNE 20621-2:1980, Circuitos impresos. Métodos de ensayo.

- UNE 20621-2/1C:1982, Circuitos impresos. Métodos de ensayo. Ensayos 3C,10C, 14A, 20A.

- UNE 20621-3:1984, Circuitos impresos. Diseño y utilización de placas impresas.

- UNE 20621-4:1983, Circuitos impresos. Especificación para placas de simple y doble cara con agujeros no metalizados.

- UNE 20902:1993, Técnica de los circuitos impresos. Terminología.

- UNE-EN 60249-2-3:2001, Materiales base para circuitos impresos. Parte2: especificaciones. Sección3: papel celulosa con resina epoxídica, laminado con cobre, de inflamabilidad definida (ensayo de combustión vertical).

- UNE-EN 60249-2-11:2001, Materiales base para circuitos impresos. Parte2: especificaciones. Sección11: tejido de vidrio fino con resina epoxídica, laminado con cobre de calidad para uso general para la fabricación de tarjetas impresas multicapa.

- UNE-EN 123000/A1:1995, Especificación genérica.

## **4.2 Resistencias**

Todas las resistencias serán de carbón con un 5% de tolerancia y potencia 0,25 W. Se han de respetar los valores de las resistencias, especificados en los planos correspondientes.

Las resistencias deberán cumplir con las normas siguientes:

- UNE 20531:1979. Serie de valores normalizados para resistencias y condensadores.

- UNE 20545-2:1985. Resistencias fijas para equipos electrónicos. Especificación intermedia. Resistencias fijas no bobinadas de pequeña disipación.

- UNE 20545-1:1985. Resistencias fijas para equipos electrónicos. Especificación general.

- UNE 20050-74 Parte I y II. Código para las marcas de resistencias y condensadores. Colores normalizados

## **4.3 Condensadores**

Los condensadores cerámicos serán de 100 V de tensión, los de poliéster serán de 200 V. Se han de respetar los valores de los condensadores, especificados en los planos correspondientes.

Los condensadores deberán cumplir con las normas siguientes:

- UNE 20543-5:1980. Condensadores fijos para equipos electrónicos. Condensadores de cerámica para corriente continua de tensión nominal no superior a 3000V, Métodos de ensayo y exigencias generales.

- UNE 20543-1:1985. Condensadores fijos utilizados en los equipos electrónicos. Especificación general.

- UNE 20558:1976. Condensadores electrolíticos de aluminio de larga duración y de uso general.

- UNE 20050:1974, parte I, en lo que se refiere a “Código para las marcas de resistencias y condensadores. Valores y tolerancias”.

- UNE 20543:1983, parte VIII, “Condensadores fijos utilizados en equipos electrónicos. Condensadores con dieléctrico cerámico. Clase 1”.

#### **4.4 Circuitos integrados**

Los circuitos integrados tendrán el encapsulado tipo DIP o SMD. Se han de respetar los modelos indicados en los planos correspondientes, o en su defecto se podrán utilizar equivalentes de otros fabricantes siempre y cuando tengan las mismas características que los señalados en los planos y en las hojas de características (Ver Anexo Hojas de Características).

#### **4.5 Transistores y Diodos Semiconductores**

Los transistores de señal, y así mismo los diodos, deben respetar los modelos de encapsulado indicados en los planos correspondientes, o en su defecto se podrán utilizar equivalentes de otros fabricantes siempre y cuando tengan las mismas características que los señalados en los planos y en las hojas de características (Ver Anexo Hojas de Características).

#### **4.6 Cableado**

Los cables de conexionado externo serán de 0,25 mm de diámetro y los de alimentación de 1 mm de diámetro. Llevarán un recubrimiento de policloruro de vinilo (PVC).

## **4.7 Alimentadores**

El alimentador de las placas de control y nodos debe ser de tipo fuente de alimentación de sobremesa de 7'5-12 V DC y 3 A, con una potencia máxima de 50 W.

El alimentador de los servo motores DC será de 24 Vdc y 20 A, con una potencia máxima de 800 W.

## **4.8 Accesorios mecánicos**

Se han de respetar las dimensiones de las fijaciones y sujeciones para las placas, y los radiadores a sus transistores de potencia, especificadas en los planos correspondientes. Los radiadores deben ser de aluminio pintado de negro, con pintura firmemente adherida a la superficie, sin burbujas ni falseados.

## **4.9 Tornillos, tuercas y taladros pasantes**

Todos los tornillos, tuercas y taladros pasantes serán de métrica 3 (3 mm de diámetro), por lo que, las cotas respectivas pueden ser omitidas en los planos.

# **5. CONDICIONES DE LA EJECUCIÓN**

## **5.1. Descripción**

Primero se han de clasificar los componentes de cada placa por grupos, siguiendo las indicaciones de la lista de materiales de cada plano.

Seguidamente se construirán las placas de circuito impreso, de control y de nodos, siguiendo los planos correspondientes. Se recortará el tamaño de cada placa, se imprimirá el fotolito, se posicionará sobre la placa de forma correcta y adherido, se insolará la placa con el fotolito por encima durante 3 minutos en una insoladora, se tratará con el revelador de placas para eliminar la capa protectora de resina, y se utilizará el atacador rápido para eliminar el cobre sobrante, y finalmente limpieza con agua y secado.

Una vez taladrada la placa, se realizará el montaje electrónico soldando los componentes a los pads del circuito impreso. Los componentes se soldarán a la placa, doblando previamente sus terminales e insertándolos en los taladros correspondientes del circuito impreso indicados por la imagen serigráfica, y se cortarán las partes

sobrantes de los terminales. Los zócalos se soldarán retirando previamente los circuitos integrados, para no dañarlos, e insertándolos de nuevo una vez acabado el soldado de todos los componentes de la placa. Los condensadores electrolíticos, siempre se insertarán en el circuito con la polaridad adecuada, visible en el condensador como un estrechamiento de la carcasa (que indica el polo positivo) o bien con un signo +. Especial atención al posicionado de componentes con "polaridad" que requieren una posición determinada, y no reversible, como sucede con los semiconductores y condensadores electrolíticos. Todas las soldaduras se harán de manera que el estaño fluya a través del agujero metalizado para asegurar un buen conexionado eléctrico. Solo se empleará el calor suficiente para derretir el estaño ya que un calor excesivo puede hacer que el conductor de cobre se desprenda de la placa, o se quemé a los semiconductores y componentes más sensibles al calor.

El último paso será tropicalizar las placas para su correcta protección ante la intemperie y agentes corrosivos, con el recomendado producto descrito en la memoria. Después del montaje de cada placa, ésta misma debe ser inspeccionada, comprobando la correcta soldadura de todos los componentes.

Tras la inspección de las placas, se procederá con la programación del PIC16F88 y PIC18F4520 con un Pik-it 3. El PIC16F88 se cargará con el programa para el nodo, compilado en lenguaje C, o ensamblador, dada su sencillez de código. El PIC18F4520 se cargará con el programa de control compilado en lenguaje C, dado su mayor complejidad de código.

Después se realizará el conexionado entre placas (1 de Control, y varios Nodos), servo motores, alimentación, display LCD y batería, mediante cables, junto con la sujeción mecánica (consultar planos correspondientes).

## **5.2. Control**

Antes del montaje de cada placa de circuito impreso se comprobará que se cuenta con la totalidad de componentes necesarios.

Una vez acabado el montaje de las placas de circuito impreso se verificará su correcto funcionamiento mediante multímetro, osciloscopio y fuente de alimentación.

Acabado el montaje mecánico, se inspeccionará el conjunto comprobando la correcta fijación y funcionamiento.

## **6. PRUEBAS Y AJUSTES FINALES O DE SERVICIO**

Se conectarán la placa de control con una o más placas de nodos, y a la alimentación, mediante los cables especificados en los planos y memoria. Seguidamente se comprobará la correcta transmisión de órdenes entre la placa principal de control y las placas de nodos.

Primero se verificará mediante el teclado de pulsadores y el display LCD, usando órdenes sencillas y navegando por los menús, para verificar el correcto funcionamiento del sistema, y la actuación de los servo motores.

Después se pondrá en hora el reloj, y se programarán todas las variables y datos iniciales, del sistema. Con la condición de no aceptación, automáticamente, si el comportamiento del sistema no es el deseado, descrito en el anexo “manual de usuario”.

## **7. CONDICIONES FACULTATIVAS**

Los permisos que resulten obligatorios deberán ser obtenidos por la parte contratante.

Será obligatorio para la parte contratante el conocimiento de la normativa aplicable en este tipo de instalaciones.

La parte contratante estará obligada a conocer el proyecto en todas sus partes, para la correcta marcha del mismo.

La parte contratante deberá habilitar un local donde se pueda consultar el proyecto en caso de que fuese necesaria la consulta del mismo por las dos partes implicadas.

Durante la fase de ejecución del proyecto la parte contratante deberá tener localizable a alguna persona de la empresa.

Si fuese necesaria alguna modificación en el proyecto, ésta deberá estar aprobada por el director del proyecto así como por los diseñadores del mismo.

El presupuesto del proyecto no incluye los gastos de energía requeridos para la confección del mismo, ni la maquinaria y herramientas a utilizar, corriendo estas a cargo del contratante.

El no cumplimiento de las normas elementales citadas en los documentos del proyecto por parte del instalador, no será responsabilidad del proyectista, quedando éste al margen de las responsabilidades, en caso de accidente causado por las citadas omisiones.

Si durante la ejecución del proyecto surgiera alguna duda de interpretación de la información recogida en los documentos del mismo, el instalador se pondría en contacto con el contratante para aclarar dichas dudas.



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# PRESUPUESTO

**Autor:**

Marcos Andrés Carrascosa



# ÍNDICE

1. BASE DE PRECIOS .....	93
2. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES.....	94
2.1. Materiales .....	94
2.2 Mano de obra.....	95
2.3 Medios auxiliares .....	95
3. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS .....	96
4. ESTADO DE MEDICIONES .....	98
5. VALORACIÓN DE DESCOMPUESTOS.....	98
5.1. VALORACIÓN UNITARIA PARA 10 LOTES COMPLETOS....	99



## 1. BASE DE PRECIOS

Los precios de componentes electrónicos se han tomado del catálogo general de RS. Si bien resultan un poco más caros que otros proveedores, ofrecen una excelente cobertura de ventas para toda España, y garantizan una entrega casi inmediata, entre 24 y 48 horas después de realizar el pedido. En caso de incumplir dicho plazo, se comprometen a no cobrar los portes, que suelen ser elevados. La entrega la realizan mediante transportes urgentes, como UPS, y otros.

Los descompuestos generados a partir de los precios elementales obtenidos de las citadas fuentes, incluyen todos los gastos y costes directos. No se han imputado al prototipo los costes de diseño y programación de las placas microcontroladas. Dado que sólo se pretende construir un prototipo, y no se contempla la producción de todas las unidades necesarias para la explotación.

Debe entenderse que, en caso de realizar producción de lotes de unidades, los costes de diseño y programación se reparten proporcionalmente entre el número de unidades del lote, o incluso de una previsión de múltiples lotes en un periodo de años de amortización de la inversión desembolsada en ingeniería. Por ello, el coste de ingeniería sería de unos pocos €/unidad.

El coste total se puede reducir mucho más, comprando los componentes electrónicos de las placas y ensamblándolas en cadena de montaje. Para ello, la empresa de explotación y producción debe contar con las herramientas e instalaciones adecuadas, y contar con suministradores de componentes a precios reducidos. En estas condiciones, el precio puede reducirse a la veinteava parte del calculado para el prototipo.

El 7% de Medios Auxiliares sobre Costes Directos es un poco elevado, en previsión de variaciones de precios, y cobertura de imprevistos de fabricación. Puede establecerse en un valor inferior, hasta un mínimo del 2%, según la discreción de cada empresa productora.

Los precios/hora de mano de obra de ingeniería industrial son una media de valores hallados en varias fuentes de Internet, y están sujetos a las tablas salariales de cada empresa productora. Lo mismo aplica a las horas y sueldo de programación.

Esta valoración se verá incrementada en costes indirectos de administración, marketing, comerciales, y otros, imputables por cada empresa productora. Son completamente independientes y subjetivos a cada gestión empresarial.

## 2. CUADRO DE PRECIOS ELEMENTALES

### 2.1. Materiales:

Ref.	Uds	Descripción	Precio
M1	Uds	Resistencia ¼ W 5% Serie CFR16	0,0300€
M2	Uds	Resistencia Ajustable Multivuelta Cermet 10k	1,2900€
M3	Uds	R Pack7 Bused 10 kOhm	0,2000€
M4	Uds	Condensador Cerámico Serie C315/C102 (pF, 100V)	0,2900€
M5	Uds	Condensador Cerámico Serie C315/C322/C330 (nF, 100V)	0,3600€
M6	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 10uF	0,2800€
M7	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 33uF	0,1600€
M8	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 330uF	0,4860€
M9	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 470uF	0,1070€
M10	Uds	RTC MAX6902	6,0780€
M11	Uds	Driver RS485 MAX487	2,1100€
M12	Uds	Driver RS485 MAX488	1,8400€
M13	Uds	MicroControlador PIC18F4520 (40 Pines)	5,8500€
M14	Uds	MicroControlador PIC16F88 (18 Pines)	2,5000€
M15	Uds	Regulador Integrado Positivo MC7805 5V 1A (L7805CP 1'5A 0'86Euros)	0,5500€
M16	Uds	Regulador Integrado Positivo uA78L05 5V 100mA	0,4360€
M17	Uds	Transistor MPSA14 Ic=500mA	0,4100€
M18	Uds	Diodo Germanio AA117	3,5000€
M19	Uds	Diodo 1N4007	0,0590€
M20	Uds	Diodo Schotky BTA42 (DDO35)	0,0310€
M21	Uds	Display LCD 204A 4x20 Alfanumérico	13,2100€
M22	Uds	Crystal 32768 Hz Perfil Bajo	2,3800€
M30	Uds	Pila 3'6V 0'3A/H	3,2900€
M31	Uds	Knitter SW-DIP7	0,5400€
M32	Uds	Zócalo C.I. DIL Contactos Moldeados 8 Pines	0,1070€
M33	Uds	Zócalo C.I. DIL Contactos Moldeados 40 Pines	0,4090€
M34	Uds	Zócalo C.I. DIL Contactos Moldeados 18 Pines	0,1960€
M35	Uds	Pin Harwin M20 Macho 2'54mm 1x8w	0,1300€
M36	Uds	Pin Harwin M20 Hembra 2'54mm 2x8w	0,1900€
M37	Uds	Termi Block pcb 2 way 30-16AWG Tornillo	0,4160€
M38	cm2	Placa Circuito Impreso de Fibra de Vidrio 1 Cara	0,1900€
M39	m	Cable Multifilar Recubrimiento PVC 0'50 mm Ø	0,6000€
M40	Uds	Disipador Aluminio + tornillería	0,9000€
M41	Uds	Alimentador 9Vdc – 3 A – 50 W	4,0200€
M42	Uds	Alimentador 24Vdc – 15 A – 360 W	49,8600€
M43	m	Macarrón Termoretráctil 4-1 mm	10,4000€
M44	Uds	Estaño 60% - Plomo 40%, y Spray Resina Tropicalizadora	14,0100€
M45	Uds	Pulsador na para CI Serie Zp	1,0200€
M46	Uds	Boton Rojo 10mm Tecla ↔	0,2500€
M47	Uds	Boton Azul 10mm Teclas ← →	0,2200€
M48	Uds	Boton Verde 10mm Teclas ↑↓	0,2600€

## 2.2 Mano de obra:

Ref.	Uds	Descripción	Precio
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial	20,6250€

## 2.3 Medios auxiliares:

Ref.	Uds	Descripción	Precio
	%	Medios auxiliares sobre costes directos	7%

### 3. CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un	Parcial
D1	Uds	Placa Principal de Control del Campo Solar diseñada y completamente finalizada (recortada, insolada, tratada con atacador rápido, limpiada y perforada), tropicalizada, con todos los componentes pasivos y activos necesarios correctamente soldados, el cableado de interconexión, inspección y montaje.			
<b>Materiales :</b>					
M1	Uds	Resistencia ¼ W T5% Serie CFR16	0.0300	4	0.1200
M2	Uds	Resistencia Ajustable Multivuelta Cermet 10k	1.2900	1	1.2900
M5	Uds	Condensador Cerámico Serie C315/C322/C330 (nF, 100V)	0.3600	7	2.5200
M6	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 10uF	0.2800	1	0.2800
M8	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 330uF	0.4860	1	0.4860
M9	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 470uF	0.1070	1	0.1070
M13	Uds	MicroControlador PIC18F4520 (40 Pines)	5.6000	1	5.6000
M10	Uds	RTC MAX6902	6.0780	1	6.0780
M12	Uds	Driver RS485 MAX488	1.8400	1	1.8400
M15	Uds	Regulador Integrado Positivo MC7805 5V 1A (L7805CP 1'5A 0'86 Eu)	0.5500	1	0.5500
M17	Uds	Transistor MPSA14 Ic=500mA	0.4100	1	0.4100
M19	Uds	Diodo 1N4007	0.0590	2	0.1180
M18	Uds	Diodo Germanio AA117	3.5000	2	7.0000
M21	Uds	Display LCD 204A 4x20 Alfanumérico	13.2100	1	13.2100
M22	Uds	Crystal 32768 Hz Perfil Bajo	2.3800	1	2.3800
M30	Uds	Pila 3'6V 0'3A/H	3.2900	1	3.2900
M33	Uds	Zócalo C.I. DIL Contactos Moldeados 40 Pines	0.4090	1	0.4090
M35	Uds	Pin Harwin M20 Macho 2'54mm 1x8w	0.1300	42	5.4600
M36	Uds	Pin Harwin M20 Hembra 2'54mm 2x8w	0.1900	42	7.9800
M37	Uds	Termi Block pcb 2 way 30-16AWG Tornillo	0.4160	1	0.4160
M38	cm2	Placa Circuito Impreso de Fibra de Vidrio 1 Cara	0.1000	93	9.3000
M39	m	Cable Multifilar Recubrimiento PVC 0'50 mm Ø	0.6000	1	0.6000
M40	Uds	Disipador Aluminio + tornillería	0.9000	1	0.9000
M43	m	Macarrón Termoretráctil 4-1 mm	10.4000	0.1	1.0400
M44	Uds	Estaño 60% - Plomo 40%, y Spray Resina Tropicalizadora	14.0100	0.1	1.4010
M45	Uds	Pulsador na para CI Serie Zp	1.0200	5	5.1000
M46	Uds	Botón Rojo 10mm Tecla ↔	0.2500	1	0.2500
M47	Uds	Botón Negro 10mm Teclas ← →	0.2200	2	0.4400
M48	Uds	Botón Verde 10mm Teclas ↑↓	0.2600	2	0.5200
<b>Mano de obra :</b>					
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial	20.6250	1	20.6250
<b>Total Precio de Ejecución Material (€) :</b>					<b>99.7200</b>

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un	Parcial
D2	Uds	Placa de Servo-Motor diseñada y completamente finalizada (recortada, insolada, tratada con atacador rápido, limpiada y perforada), tropicalizada, con todos los componentes pasivos y activos necesarios correctamente soldados, el cableado de interconexión, inspección y montaje.			
<b>Materiales :</b>					
M1	Uds	Resistencia ¼ W 5% Serie CFR16	0.0300	2	0.0600
M3	Uds	R Pack7 Bused 10 kOhm	0.2000	1	0.2000
M5	Uds	Condensador Cerámico Serie C315/C322/C330 (nF, 100V)	0.3600	4	1.4400
M6	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 10uF	0.2800	1	0.2800
M7	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 33uF	0.1600	1	0.1600
M8	Uds	Condensador Electrolítico Aluminio 330uF	0.4860	1	0.4860
M14	Uds	MicroControlador PIC16F88 (18 Pines)	2.5000	1	2.5000
M16	Uds	Regulador Integrado Positivo uA78L05 5V 100mA	0.4360	1	0.4360
M11	Uds	Driver RS485 MAX487	2.1100	1	2.1100
M12	Uds	Driver RS485 MAX488	1.8400	1	1.8400
M19	Uds	Diodo 1N4007	0.0590	1	0.0590
M31	Uds	Knitter SW-DIP7	0.5400	1	0.5400
M34	Uds	Zócalo C.I. DIL Contactos Moldeados 18 Pines	0.1960	1	0.1960
M35	Uds	Pin Harwin M20 Macho 2'54mm 1x8w	0.1300	11	1.4300
M36	Uds	Pin Harwin M20 Hembra 2'54mm 2x8w	0.1900	11	2.0900
M37	Uds	Termi Block pcb 2 way 30-16AWG Tornillo	0.4160	1	0.4160
M38	cm2	Placa Circuito Impreso de Fibra de Vidrio 1 Cara	0.1000	79	7.9000
M39	m	Cable Multifilar Recubrimiento PVC 0'50 mm Ø	0.6000	1	0.6000
M40	Uds	Disipador Aluminio + tornillería	0.9000	1	0.9000
M43	m	Macarrón Termoretráctil 4 mm	10.4000	0.1	1.0400
M44	Uds	Estaño 60% - Plomo 40%, y Spray Resina Tropicalizadora	14.0100	0.1	1.4010
<b>Mano de obra :</b>					
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial	20.6250	1	20.6250
<b>Total Precio de Ejecución Material (€) :</b>					<b>46.7090</b>

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un	Parcial
D3	Uds	Fuentes de alimentación para las placas y los servo motores DC, compradas de suministrador completamente funcionales, y conectables mediante cables.			
<b>Materiales :</b>					
M41	Uds	Alimentador 9Vdc – 3 A – 50 W	4.0200	1	4.0200
M42	Uds	Alimentador 24Vdc – 15 A – 360 W	49.8600	1	49.8600
<b>Total Precio de Ejecución Material (€) :</b>					<b>53.8800</b>

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un Parcial	
<b>D4</b>	Uds	Sistema Mínimo completamente montado y finalizado incluida programación, compuesto por : Placa Principal, 3 Nodos, y ambas Fuentes de Alimentación para placas y motores.			
<b>Materiales :</b>					
D1	Uds	Placa Principal de Control	99.7200	1	99.7200
D2	Uds	Placa Nodo	46.7090	3	140.1270
D3	Uds	Alimentadores 9Vdc – 3A y 24Vdc – 20 A	53.8800	1	53.8800
<b>Mano de obra :</b>					
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial	20.6250	1	20.6250
<b>Total Precio de Ejecución Material (€) :</b>					<b>314.3520</b>

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un Parcial	
<b>D5</b>	Uds	Sistema Completo completamente montado y finalizado imputada programación e ingeniería, compuesto por : Placa Principal, 128 Nodos, y ambas Fuentes de Alimentación para placas y motores.			
<b>Materiales :</b>					
D1	Uds	Placa Principal de Control	99.7200	1	99.7200
D4	Uds	Placa Nodo	46.7090	128	5978.7520
D5	Uds	Alimentadores 9Vdc – 3A y 24Vdc – 20 A	53.8800	1	53.8800
<b>Mano de obra :</b>					
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial	20.6250	110	2268.7500
<b>Medios Auxiliares :</b>					
	%	Medios auxiliares sobre costes directos	8401.1020	7%	588.0771
<b>Total Precio de Ejecución Material (€) :</b>					<b>8989,1791</b>

#### 4. ESTADO DE MEDICIONES

Ref.	Uds	Descripción	Unidades
<b>D6</b>	Uds	Sistema Completo de Control del Campo Solar	1

#### 5. VALORACIÓN DE DESCOMPUESTOS

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un Total	
<b>D7</b>	Uds	Sistema Completo de Control del Campo Solar	8989.1791	1	8989.1791
<b>Total Presupuesto de Ejecución Material (€) :</b>					<b>8989.18</b>

## 5.1. VALORACIÓN UNITARIA PARA 10 LOTES COMPLETOS

Ref.	Uds	Descripción	Precio	Un	Parcial
D10	Uds	Sistema Completo de Control del Campo Solar, 10 Lotes de : Placa Control, 128 Placas Nodos, 2 Alimentadores placas y motores DC.			
<b>Materiales :</b>					
D1	Uds	Placa Principal de Control	99.7200	10	997.2000
D4	Uds	Placa Nodo	46.7090	1280	59787.5200
D5	Uds	Alimentadores 9Vdc – 3A y 24Vdc – 20 A	53.8800	10	538.8000
<b>Mano de obra :</b>					
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial (Diseño)	20.6250	30	618.7500
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial (Programación)	20.6250	70	1443.7500
H1	h	Ingeniero Técnico Industrial (Montaje)	20.6250	100	2062.5000
<b>Medios Auxiliares :</b>					
	%	Medios auxiliares sobre costes directos	65448.520	7%	4581.3964
Total Precio de Ejecución Material (€) :					70029.9164
Total /10 Lotes (€) :					7002.9916





UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# PLANOS

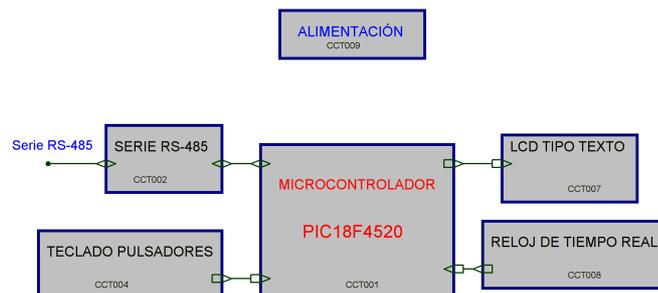
**Autor:**  
Marcos Andrés Carrascosa



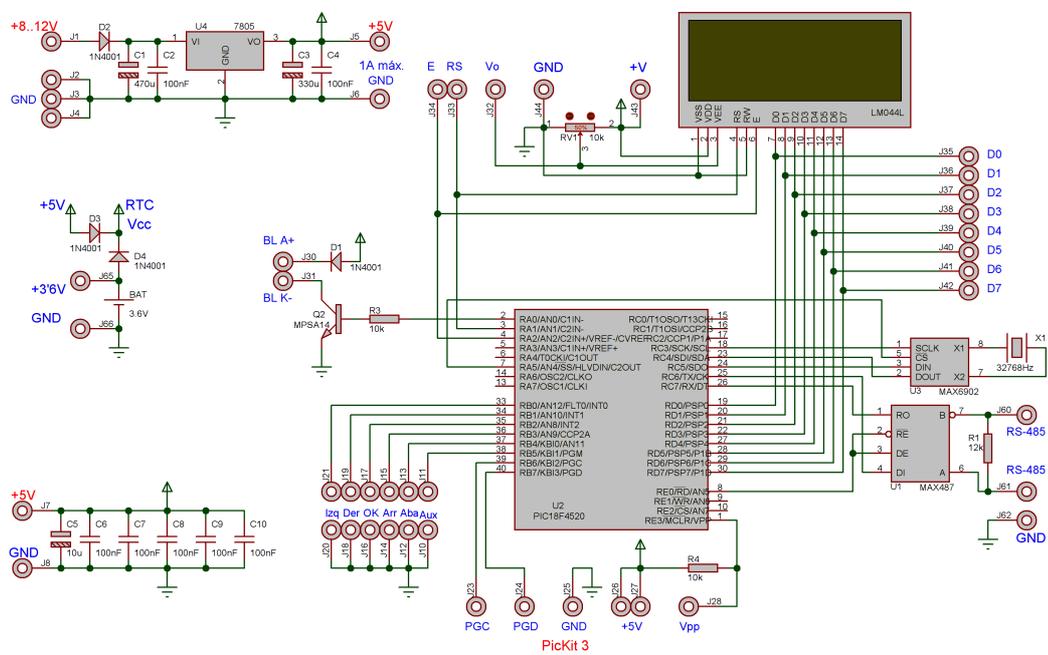
# ÍNDICE PLANOS

	Nº Plano
<u>Placa de Control : Diagrama de Bloques</u>	<u>1</u>
<u>Placa de Control : Esquema Electrónico</u>	<u>2</u>
<u>Placa de Control : Serigrafía y Lista de Componentes</u>	<u>3</u>
<u>Placa de Control : Pistas y Lista de Componentes</u>	<u>4</u>
<u>Placa de Control : Diagrama de Conexionado</u>	<u>5</u>
<u>Placa de Nodo : Diagrama de Bloques</u>	<u>6</u>
<u>Placa de Nodo : Esquema Electrónico</u>	<u>7</u>
<u>Placa de Nodo : Serigrafía y Lista de Componentes</u>	<u>8</u>
<u>Placa de Nodo : Pistas y Lista de Componentes</u>	<u>9</u>
<u>Placa de Nodo : Diagrama de Conexionado</u>	<u>10</u>

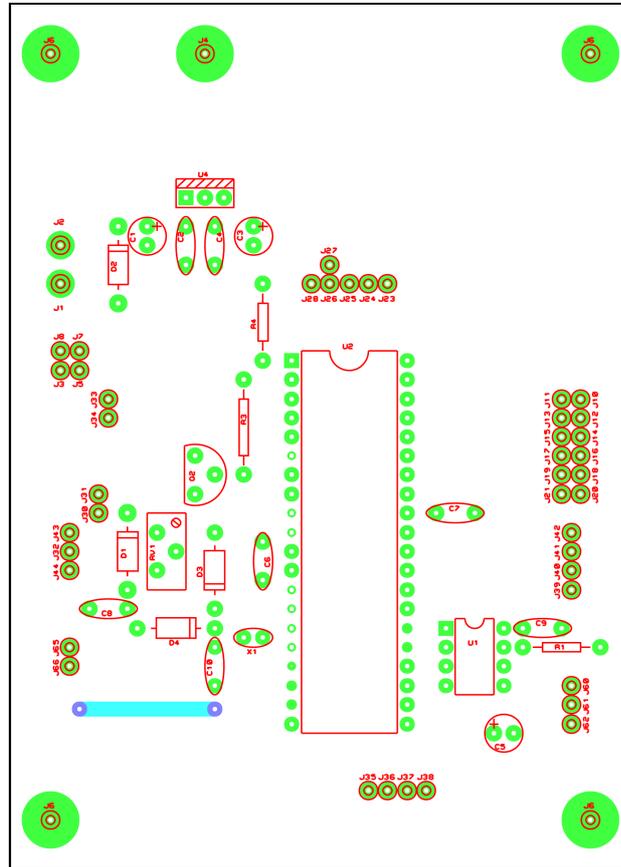












Cantidad	Componente	Valor
2	Resistencia 1/5W	12k $\Omega$
2	Resistencia 1/5W	10k $\Omega$
7	Condensador Cerámico	100 nF
1	Condensador Electrolítico Radial	10 uF
1	Condensador Electrolítico Radial	330 uF
1	Condensador Electrolítico Radial	470 uF
1	Driver RS-485	MAX6902
1	RTC	MAX487
1	Microcontrolador	PIC18F 4520
1	Regulador Integrado 5V 1A	MC7805
1	Zócalo	DIL40
1	Transistor	MPSA14
2	Diodo	1N4001
2	Diodo Germanio	AA119
1	CRYSTAL	32768 Hz
1	Resistencia Multivuelta	10k $\Omega$
1	Display LCD 20x4 Displaytech	204A
1	Pila 3'6 V	
42	Pin 2'54 mm	Macho
42	Pin 2'54 mm	Hembra
2	Pin Tornillo	
5	Pulsadores CI NA	serie Zp
5	Teclas Botón Plástico	

ESCALA:

**1:1**

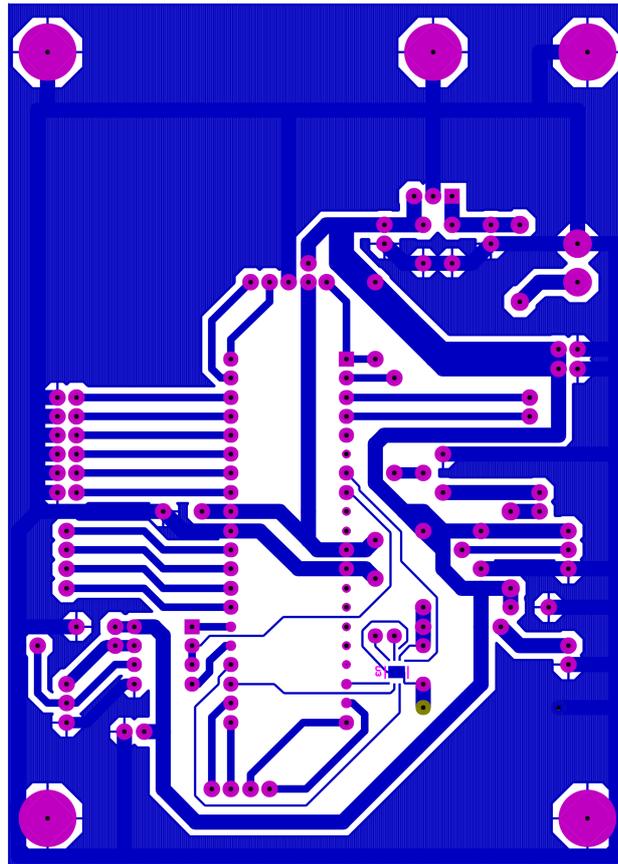
PROYECTO **CAMPO SOLAR**

**PLACA CONTROL SERIGRAFÍA Y LISTA COMPONENT.**

Nº:

**3**





Cantidad	Componente	Valor
2	Resistencia 1/5W	12 k $\Omega$
2	Resistencia 1/5W	10 k $\Omega$
7	Condensador Cerámico	100 nF
1	Condensador Electrolítico Radial	10 $\mu$ F
1	Condensador Electrolítico Radial	330 $\mu$ F
1	Condensador Electrolítico Radial	470 $\mu$ F
1	Driver RS-485	MAX6902
1	RTC	MAX487
1	Microcontrolador	PIC18F 4520
1	Regulador Integrado 5V 1A	MC7805
1	Zócalo	DIL40
1	Transistor	MPSA14
2	Diodo	1N4001
2	Diodo Germanio	AA119
1	CRYSTAL	32768 Hz
1	Resistencia Multivuelta	10k $\Omega$
1	Display LCD 20x4 Displaytech	204A
1	Pila 3'6 V	
42	Pin 2'54 mm	Macho
42	Pin 2'54 mm	Hembra
2	Pin Tornillo	
5	Pulsadores CI NA	serie Zp
5	Teclas Botón Plástico	

ESCALA:

**1:1**

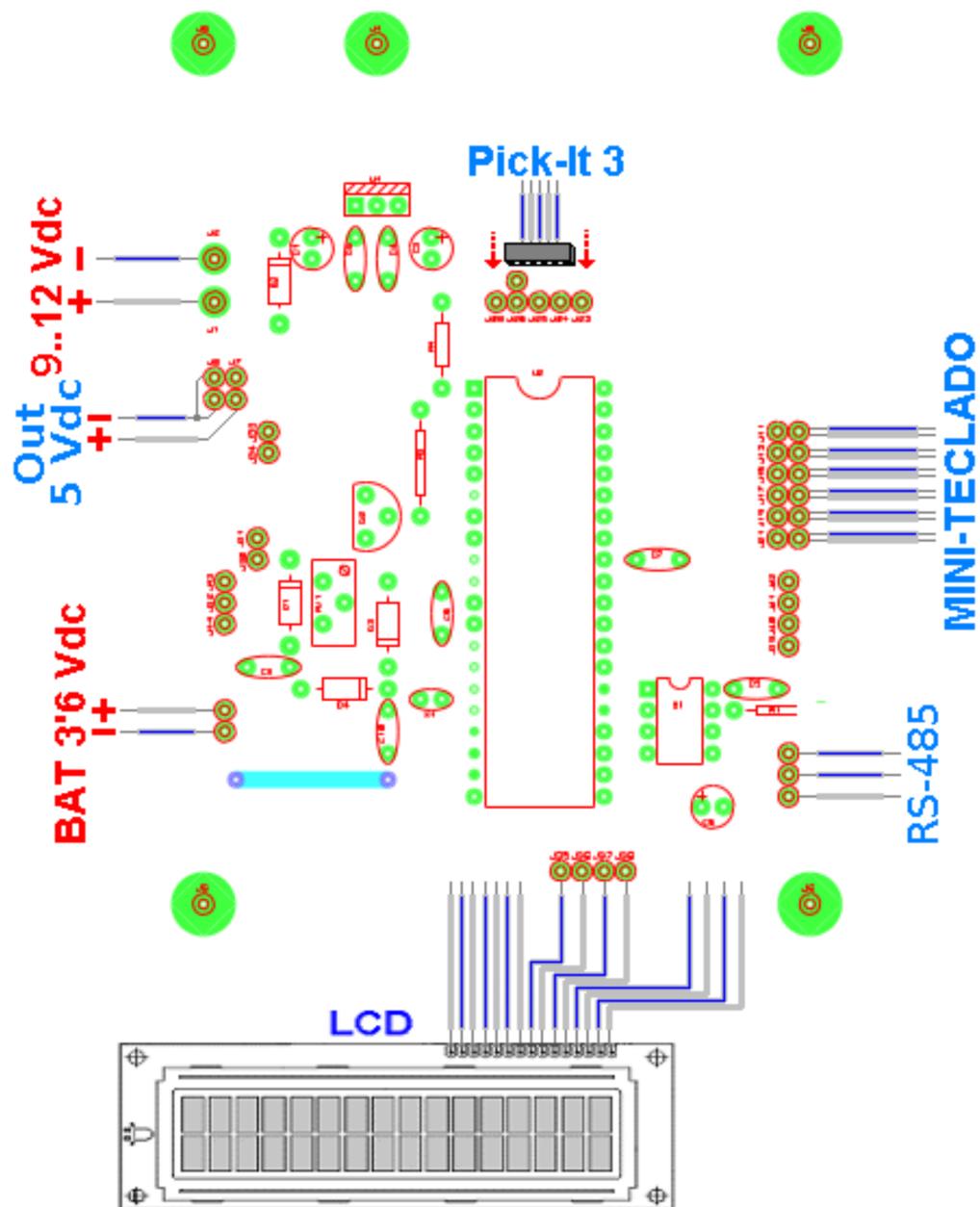
PROYECTO **CAMPO SOLAR**

**PLACA CONTROL PISTAS Y LISTA COMPONENTES**

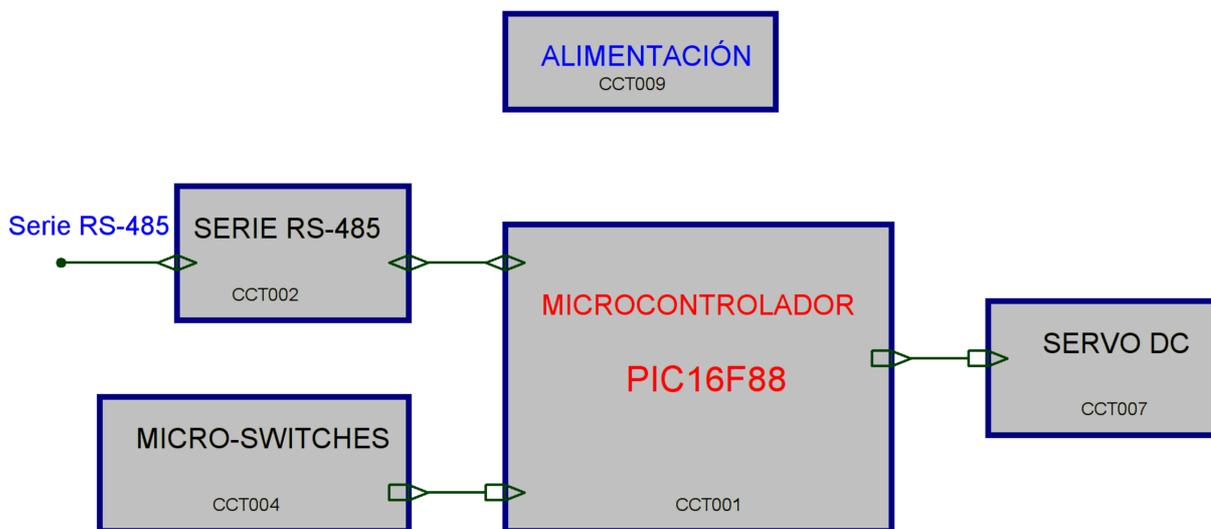
Nº:

**4**

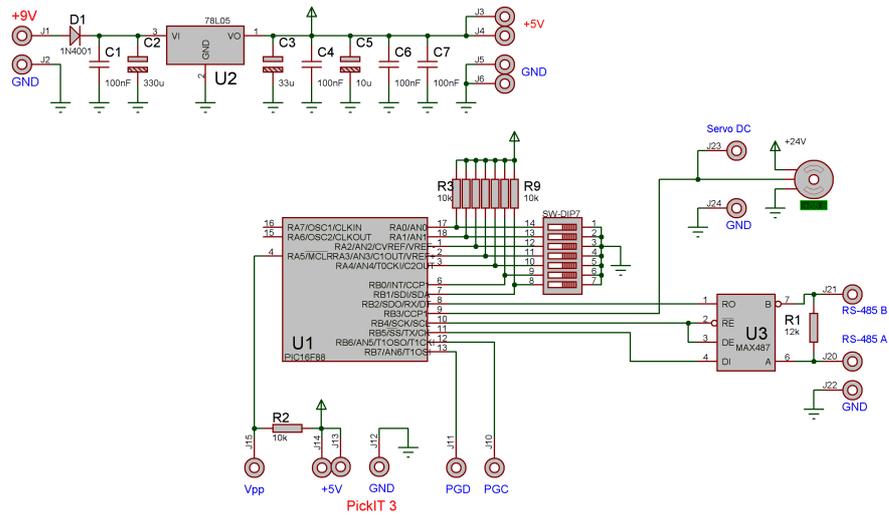




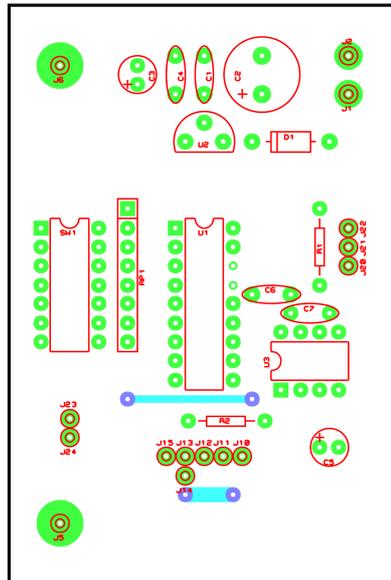












Cantidad	Componente	Valor
1	Resistencia 1/5 W	10kΩ
1	Resistencia 1/5 W	12kΩ
4	Condensador Cerámico	100 nF
1	Condensador Electrolítico Radial	10 uF
1	Condensador Electrolítico Radial	33 uF
1	Condensador Electrolítico Radial	330 uF
1	Diodo	1N4001
1	Microcontrolador	PIC16F88
1	Regulador Integrado	78L05
1	Driver RS-485	MAX487
1	Driver RS-485	MAX488
1	Zócalo	DIL18
1	Resistencia Pack 7	10kΩ
1	SW-DIP7	
11	Pin 2'54 mm	Macho
11	Pin 2'54 mm	Hembra
2	Pin Tornillo	

ESCALA:

**1:1**

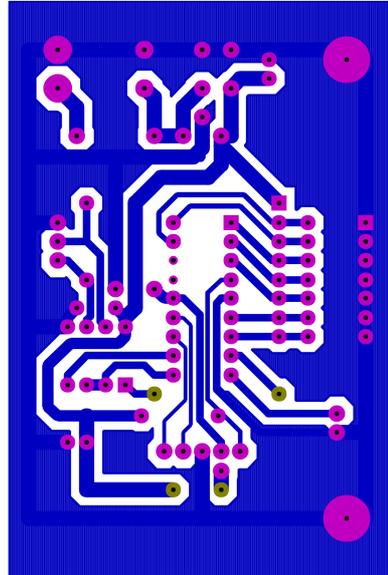
PROYECTO **CAMPO SOLAR**

PLACA NODO SERIGRAFÍA Y LISTA COMPONENTES

Nº:

**8**





Cantidad	Componente	Valor
1	Resistencia 1/5 W	10k $\Omega$
1	Resistencia 1/5 W	12k $\Omega$
4	Condensador Cerámico	100 nF
1	Condensador Electrolítico Radial	10 $\mu$ F
1	Condensador Electrolítico Radial	33 $\mu$ F
1	Condensador Electrolítico Radial	330 $\mu$ F
1	Diodo	1N4001
1	Microcontrolador	PIC16F88
1	Regulador Integrado	78L05
1	Driver RS-485	MAX487
1	Driver RS-485	MAX488
1	Zócalo	DIL18
1	Resistencia Pack 7	10k $\Omega$
1	SW-DIP7	
11	Pin 2'54 mm	Macho
11	Pin 2'54 mm	Hembra
2	Pin Tornillo	

ESCALA:

**1:1**

PROYECTO **CAMPO SOLAR**

PLACA NODO PISTAS Y LISTA COMPONENTES

Nº:

**9**









UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# ANEXOS

**Autor:**  
Marcos Andrés Carrascosa





UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# MANUAL DE USUARIO

**Autor:**

Marcos Andrés Carrascosa



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	131
2. MANEJO DEL CAMPO CON LAS TECLAS Y EL DISPLAY .....	131
3. LA PILA.....	136
4. CUIDADOS Y LIMPIEZA.....	136
5. ELIMINACIÓN Y RETIRADA DE USO DE LA UNIDAD .....	136
6. ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES .....	137



# 1. INTRODUCCIÓN

La unidad se suministra con todos los elementos necesarios para su funcionamiento. Debe manipularse con mucho cuidado, dado que consta de componentes sensibles y delicados. Las partes electrónicas sólo deben ser manipuladas por personal cualificado, para evitar daños indebidos a la unidad.

El usuario no necesita ningún elemento adicional, excepto un sistema mínimo compuesto por 1 Placa Principal de control, una o más Placas de Nodo, y 2 alimentadores, uno para las placas mencionadas, y otro para los servo motores DC.

La Memoria muestra el aspecto de las placas, con sus componentes electrónicos.

## 2. MANEJO DEL CAMPO CON LAS TECLAS Y EL DISPLAY

El usuario No necesita ningún elemento adicional, salvo la Placa principal de Control, para tener el completo dominio del Campo Solar.

El manejo es muy sencillo e intuitivo.

La descripción de manejo aquí dada es gráfica y muy entendible.

Pantalla del **Sistema**

```
*dd/mm/aa**HH:MM:SS*
**   MOVER:00000
NODO000 ACTUAL:00000
**  M E:00000 O:00000
```

En un primer instante se muestra la fecha y hora, en la siguiente línea el valor absoluto a mover entre 0 y 32.000 pulsos. La siguiente línea contiene el nodo entre 0 y 127 a mover independientemente, y la posición absoluta actual entre 0 y 32.000. La cuarta línea visualiza la posición absoluta mínima =0, la posición absoluta Este entre 0 y Oeste, y la posición absoluta Oeste entre Este y 32.000.

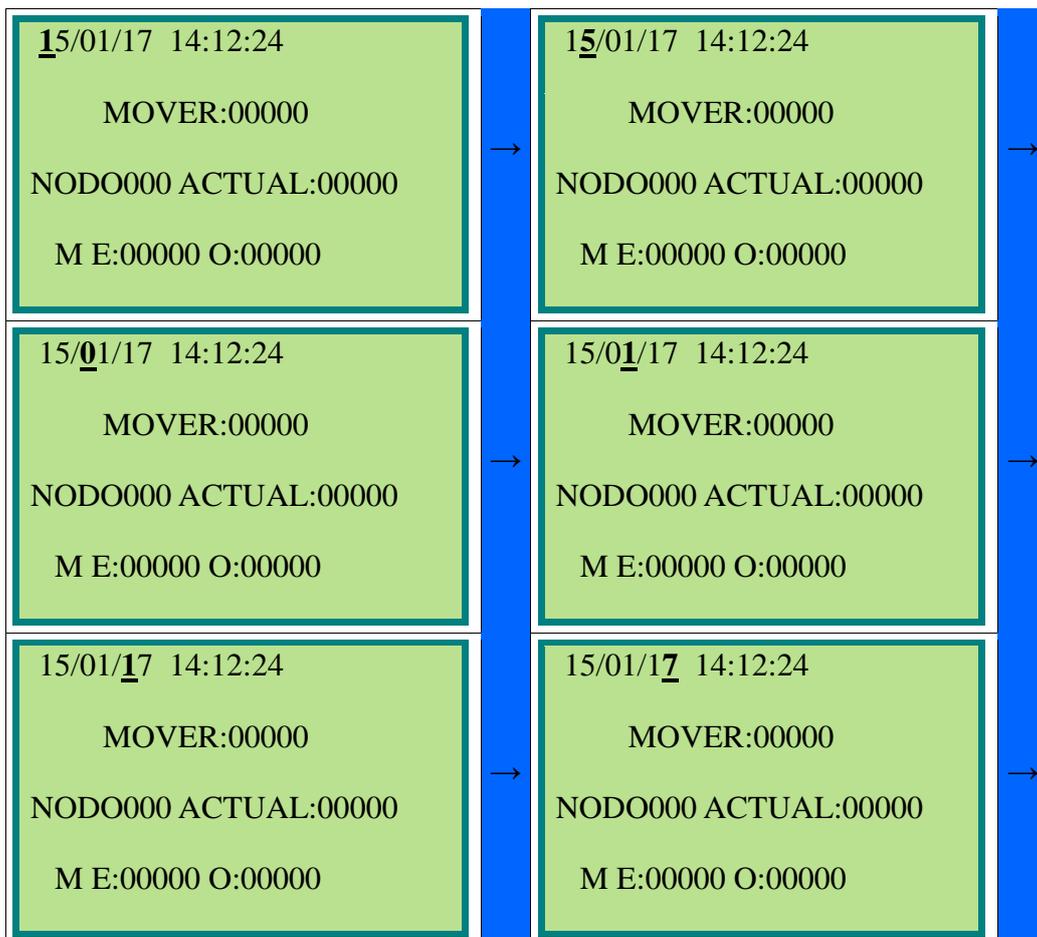
Los asteriscos de fecha y hora indican que el reloj no ha sido establecido ni actualizado. Los asteriscos sobre y debajo del nodo indican que las posiciones Este y Oeste no han sido establecidas. Es necesario configurar estos elementos para el buen funcionamiento del sistema.

### Teclado del Sistema



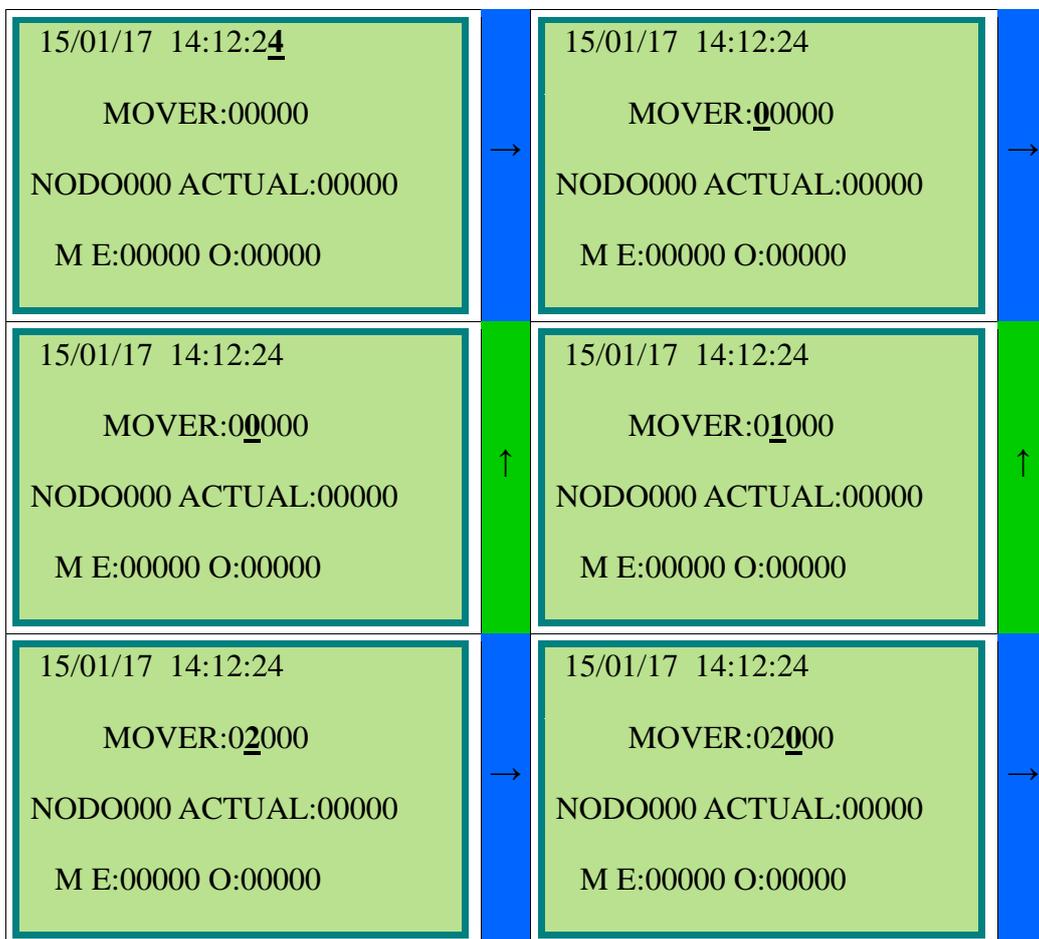
Las teclas azules de desplazamiento ← y → permiten mover el cursor a Izquierda y Derecha para acceder a los campos de valores modificables. Las teclas verdes de modificación ↓ y ↑ permiten modificar el valor de cada dígito de cada campo modificable. La tecla roja **OK** permite establecer valores y ejecutar algunas órdenes.

### Pantalla ya inicializada

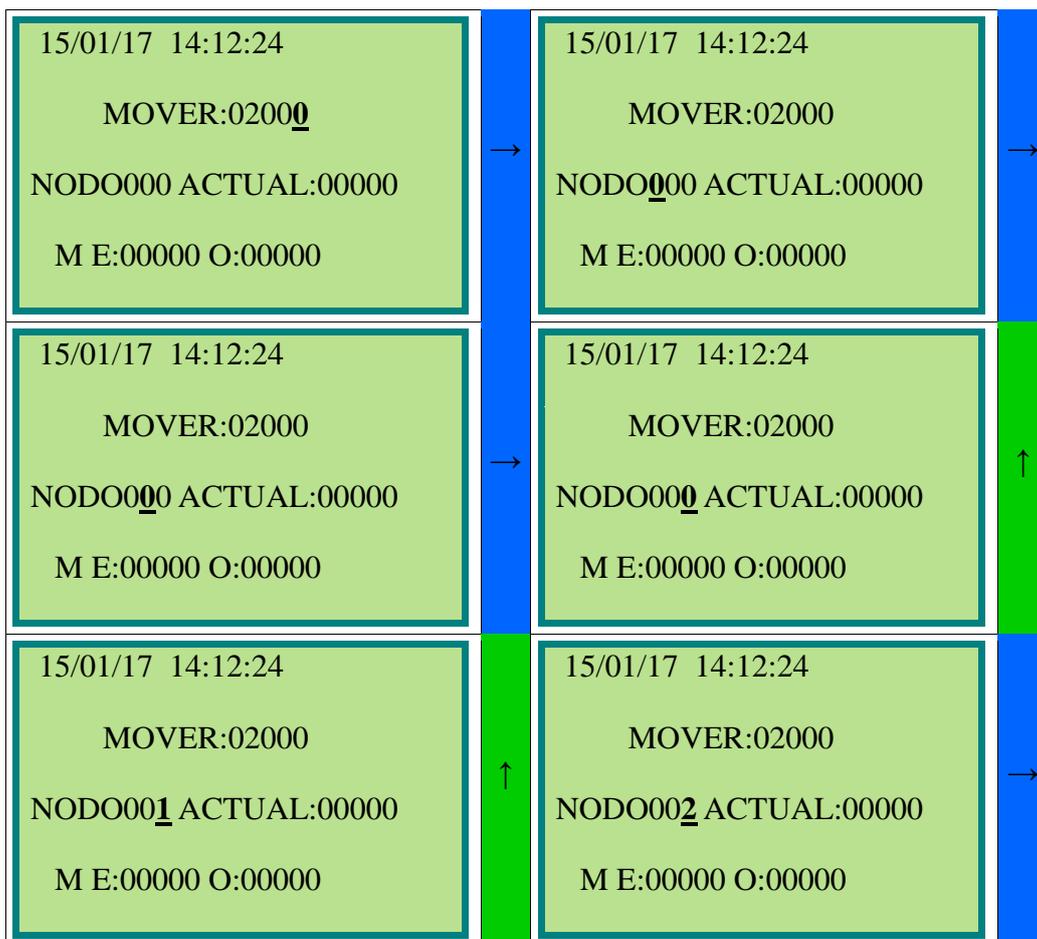


Cada pulsación avanza el cursor sobre un carácter modificable de la fecha. Pulsar ahora las teclas de modificar ↓ y ↑ incrementa / decrementa el valor bajo el cursor. Pulsar **OK** permite salvar en el RTC los valores de fecha establecidos por el usuario. Y exactamente lo mismo para los caracteres de la hora.

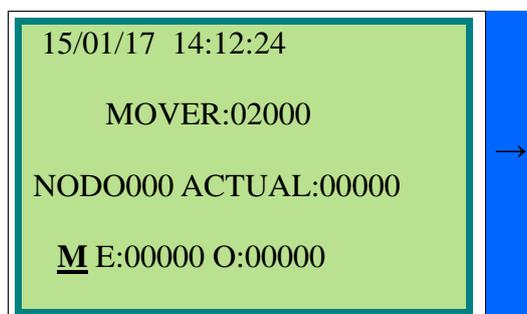
Si existían los asteriscos de reloj no inicializado, desaparecerán, si el año establecido es correcto. Los demás valores de fecha y hora no se testean, sólo el año, eso puede producir valores inválidos si el usuario comete errores. Será responsabilidad del usuario que dicha información sea la correcta. Y puede modificarse en cualquier momento.



Cada movimiento del cursor sobre MOVER posiciona en un carácter más a la derecha o izquierda. Cada pulsación de modificar incrementa o decrementa el dígito bajo el cursor. Si se pulsa **OK** sobre estos dígitos, se producirá una trama que moverá todas las placas a la posición absoluta establecida. La variable ACTUAL se auto actualizará en función de la posición de las placas.

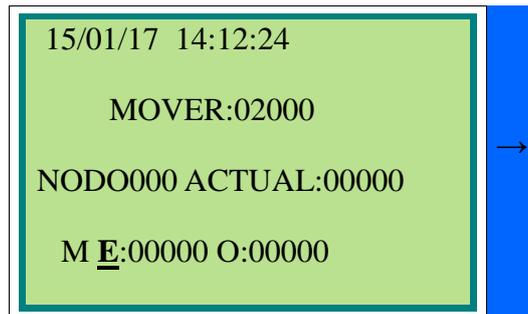


Cada movimiento del cursor sobre NODO funciona exactamente igual a lo descrito antes. Si se pulsa **OK** sobre estos dígitos, se producirá una trama reducida que moverá sólo esa placa a la posición absoluta establecida en MOVER. La variable ACTUAL se auto actualizará en función de la posición de todas las placas, no de alguna placa individual.

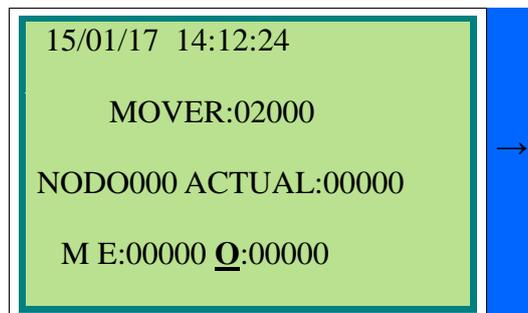


Situar el cursor sobre M, de mínimo, no permitirá modificarlo con ↓ y ↑. Si se

pulsa **OK** sobre M situará el valor ACTUAL =0. Esto permite posicionar manualmente el mínimo movimiento de las placas hacia el Este, durante la configuración del sistema. Se logrará moviendo las placas individual o conjuntamente actuando sobre NODO y MOVER, hasta conseguir el posicionado óptimo para el campo solar. **El mínimo siempre debe ser el punto 0 hacia el Este. El programador deberá establecer dicho mínimo en un primer paso, para que ACTUAL quede =0.**



Situat el cursor sobre E, de Este, no permitirá modificarlo con ↓ y ↑. Si se pulsa **OK** sobre E situará su valor =MOVER. Esto establecerá la posición Este del sistema. **Siempre deberá ser <Oeste, es responsabilidad del usuario que se cumpla esta condición.**



Situat el cursor sobre O, de Oeste, no permitirá modificarlo con ↓ y ↑. Si se pulsa **OK** sobre O situará su valor =MOVER. Esto establecerá la posición Oeste del sistema. **Siempre deberá ser >Este, es responsabilidad del usuario que se cumpla esta condición.**

Con todos estos valores, el sistema tendrá todos los parámetros para su buen funcionamiento.

### **3. LA PILA**

Se encuentra alojada en la placa principal, y sujeta a la misma con cinta de goma adhesiva. Es un elemento pequeño pero pesado. La conexión de cables tiene polaridad, el cable positivo (+), y el negativo (-), deben ir según indica la serigrafía de la placa.

En caso de agotamiento, o sulfatación, de la pila, deberá ser reemplazada por otra nueva de similares características. No debe depositarse en contenedores de basura, ni escombreras. Mantiene la fecha y hora del sistema, por lo que es de vital importancia.

### **4. CUIDADOS Y LIMPIEZA**

La unidad de control y nodos son circuitos electrónicos que no necesitan limpieza ni cuidados especiales. La pantalla de display puede limpiarse con un producto limpia cristales, o mejor sólo agua y un paño suave. No deben usarse productos corrosivos ni abrasivos que dañen la electrónica.

El sistema de placas en setas requiere periódicas operaciones de limpieza, y engrasado y lubricado de partes móviles. La regularidad dependerá del ambiente sucio de trabajo, y de las sustancias presentes en el aire. El lubricado debe realizarse con aceite de baja viscosidad, fácil de adquirir en muchos establecimientos de mecánica y automoción, o con aceite de baja densidad usado en máquinas de coser y tricotar. No debe aplicarse demasiada cantidad sobrante, que ensuciaría el interior de la unidad, y engrasaría componentes electrónicos. También, puede usarse alguna grasa silicona anti fricción en engranajes, rótulas y deslizadores.

Las cubiertas de caucho (goma adherente al suelo) podrán ser reemplazadas cuando su desgaste sea claramente visible, y pierdan su correcta adherencia al terreno. Momento claramente definido por el deslizamiento que producirán durante movimientos de gran aceleración (o frenado).

### **5. ELIMINACIÓN Y RETIRADA DE USO DE LA UNIDAD**

En caso de eliminación de la unidad por daños irreparables u obsolescencia, no debe depositarse en contenedores de basura, ni depositarse en escombreras. La unidad contiene elementos no bio degradables que contaminarían seriamente el medio

ambiente, y debe ser reciclada conveniente y responsablemente. Deberá ser remitida al fabricante, que hará el debido reciclado de sus componentes. O bien, podrá ser despiezada en sus partes individuales, depositándolas en contenedores específicos según sus diferentes tipos.

## **6. ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES**

Deben seguirse ciertas normas para no invalidar los derechos de garantía proporcionada por el fabricante, o en este caso, el departamento de ingeniería.

- Como todo dispositivo electrónico requiere las precauciones de humedad y temperatura para su correcto funcionamiento.
- Además, posee una pequeña pila que precisará un adecuado reciclaje cuando finalice su vida útil.
- Los componentes utilizados no producen emanaciones de gases tóxicos, ni contaminación por radiación.
- Las averías que se presenten deberán ser atendidas y reparadas por personal especializado en electrónica.
- Las condiciones de la garantía quedarán invalidadas ante manipulación indebida, o no autorizada para el usuario.





UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# NORMATIVA

**Autor:**

Marcos Andrés Carrascosa



# ÍNDICE

NORMATIVA APLICADA AL DISEÑO Y FABRICACIÓN.....	143
Normativa sobre Residuos y Seguridad de los Aparatos Electrónicos..	143
<b>Normativa Europea</b> .....	145
Normativa sobre Compatibilidad Electromagnética y Radio-Emisión de Aparatos Electrónicos .....	145
<b>Legislación Española</b> .....	145
Legislación en Materia de Certificación Técnica .....	146
<b>Parlamento Europeo y Consejo</b> .....	147
Normativa sobre Circuitos Impresos.....	147
Normativa sobre Circuitos Integrados .....	148
NORMATIVA SOBRE RESISTENCIAS.....	157
NORMATIVA SOBRE CONDENSADORES .....	157
NORMATIVA SOBRE BUS SERIE ASÍNCRONO RS-232.....	157
ANEXO: NORMATIVA SOBRE CAMPO SOLAR.....	158



## NORMATIVA APLICADA AL DISEÑO Y FABRICACIÓN

Legalmente, un aparato eléctrico o electrónico es un aparato que necesita para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, destinado a ser utilizado con una tensión nominal no superior a 1.000V en corriente alterna y 1.500V en corriente continua, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos.

### *Normativa sobre Residuos y Seguridad de los Aparatos Electrónicos*

La normativa europea y española obliga a gestionar debidamente los residuos de estos aparatos eléctricos y electrónicos.

La directiva 2002/95/CE de Restricción de ciertas Sustancias Peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos, (RoHS del inglés "Restriction of Hazardous Substances"), fue adoptada en febrero de 2003 por la Union Europea. La directiva RoHS entró en vigor el 1 de julio de 2006. Restringe el uso de seis materiales peligrosos en la fabricación de varios tipos de equipos eléctricos y electrónicos. Está muy relacionada con la directiva de Residuos de Equipos Eléctricos y Electrónicos (WEEE por sus siglas en Inglés).

En España, la Directiva RoHS junto con la WEEE, (en español conocida por sus siglas RAEE "Reciclaje de Aparatos Eléctricos y Electrónicos") han sido transpuestas al mismo Real Decreto, el R.D. 208/2005.

Note que las baterías no están incluidas dentro del alcance de RoHS, por lo tanto, las baterías de NiCd están permitidas a pesar del cadmio. Esto es debido a que las baterías se rigen por su propia directiva, 91/157/CEE, relativa a las pilas y acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas.

No se aplica a plantas y herramientas industriales fijas instaladas permanentemente. Asimismo están exentos los aparatos médicos, los instrumentos de vigilancia y control, incluidos instrumentos de medida y los equipos diseñados expresamente con propósitos militares o espaciales. Hay además un listado de exenciones que puede consultarse en el Anexo de la Directiva, y del Real Decreto, así como 3 enmiendas sobre exenciones, a saber :

Decisión de la Comisión 2005/717/EC, publicada el 13 de octubre de 2005.

Decisión de la Comisión 2005/747/EC, publicada el 21 de octubre de 2005.

Decisión de la Comisión 2006/310/EC, publicada el 21 de abril de 2006.

Restringir el contenido de plomo en las soldaduras para electrónica requiere cambios costosos en nuevas herramientas para las líneas de ensamblaje, y recubrimientos distintos para los terminales de las partes electrónicas. Las alternativas para las soldaduras típicamente tienen puntos de fusión más elevados, (hasta 260 °C, en vez de sólo 215 °C), que requiere de materiales distintos para el empaquetamiento de los circuitos integrados y algunos circuitos impresos; el sobrecalentamiento también puede afectar la fiabilidad de algunos semiconductores. Las soldaduras alternativas también son más duras, resultando en la propagación de grietas generadas por fragilidad (en vez de deformación plástica, como lo hace la soldadura Sn-Pb, que es más blanda), esto tiene un impacto negativo en la fiabilidad a largo plazo, y el ciclo de vida del dispositivo. Sin embargo, se ha demostrado que la aleación sin plomo SAC305 tiene una fiabilidad igual o mayor que la Sn-Pb mientras no sea sometida a altas tensiones (ambientes de condiciones extremas).

Además, un posible problema si se aceptan las normativas es el rápido desecho de estos metales tóxicos, lo que podría provocar aun más contaminación que durante su uso en la industria, ya que esos desechos volverían a la tierra y al agua, lo que hace inviable la posibilidad de restringir por completo el uso de estos metales.

Real Decreto 208/2005, de 25 de febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.

Real Decreto 255/2003, de 28 de febrero, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, y establece, además, el régimen jurídico dependiendo de las características de las operaciones y la peligrosidad de los componentes que constituyan el objeto de la gestión.

Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos, considera los residuos de los aparatos eléctricos y electrónicos como residuos urbanos.

Real Decreto 363/1995, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.

## Normativa Europea

Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 2003, sobre residuos de aparatos eléctricos o electrónicos.

Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de enero de 2003, sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos o electrónicos.

Directiva 2003/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 8 de diciembre de 2003 (modifica el artículo 9 de la Directiva 2002/96).

### *Normativa sobre Compatibilidad Electromagnética y Radio-Emisión de Aparatos Electrónicos*

## Legislación Española

Esos requisitos se aplican a todos los artículos fabricados en la Unión Europea, siendo necesario cumplirlos para garantizar la seguridad eléctrica, la compatibilidad electromagnética y la protección del espectro radio-eléctrico. En todo caso, deberán estar homologados.

La Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones, establece en su Título IV la necesidad de la evaluación de la conformidad con las especificaciones técnicas para la importación, fabricación en serie, venta o exposición para la venta, en el mercado interior de la Unión Europea, de cualquier equipo o aparato para los que concurra alguna de las siguientes circunstancias:

- Que exista una norma expresa que así lo prevea.
- Que requieran la utilización del espectro de frecuencias radioeléctricas.
- Que estén destinados directa o indirectamente a los puntos de terminación de una red pública de telecomunicaciones, con el objeto de enviar, procesar o recibir señales.
- Que puedan perturbar el normal funcionamiento de un servicio de telecomunicaciones.

La conformidad con las especificaciones técnicas se establecerá mediante la emisión del correspondiente Certificado de Aceptación o su equivalente, tras la verificación del cumplimiento de dichas especificaciones técnicas.

Desde el año 2000 la evaluación de conformidad está regulada por el Real Decreto 1890/2000 de 20 de Noviembre por el que se aprueba el reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones. Este Real Decreto es la transposición a la legislación española de la Directiva 1999/05/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad.

Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones Real Decreto 1890/2000 Directiva 1999/05/CE.

### *Legislación en Materia de Certificación Técnica*

Otras Decisiones de la Comisión relativas a la aplicación de la Directiva 1999/5/CE Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones

Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por el que se establece los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones.

Real Decreto 1950/1995, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, por el que se establecen los procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones.

Real Decreto 7/1988 de 8 de Enero, por el que se establecen las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.

Orden Ministerial de 26 de marzo de 1996 sobre evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicación regulados en el Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, sobre compatibilidad electromagnética, modificado por el Real Decreto 1950/1995, de 1 de diciembre.

Real Decreto 1580/2006, de 22 de diciembre, por el que se regula la compatibilidad electromagnética de los equipos eléctricos y electrónicos.

Real Decreto 1890/2000, de 20 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones.

## Parlamento Europeo y Consejo

Directiva 1999/5/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 1999 sobre equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y reconocimiento mutuo de su conformidad.

Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética y por la que se deroga la Directiva 89/336/CEE.

Directiva 2004/108/CE del Consejo de 15 de diciembre de 2004 sobre la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros relativas a la Compatibilidad Electromagnética

Directiva 73/23/CEE del Consejo de 19 de febrero de 1973 relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Decisión de la Comisión de 6 de Abril de 2000 relativa al establecimiento de la clasificación inicial de los equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación y los identificadores asociados.

## Normativa sobre Circuitos Impresos

- UNE 20524-1:1975, Técnica de los circuitos impresos. Parámetros fundamentales: sistema de cuadrícula.

- UNE 20552:1975, Diseño y utilización de componentes para cableados y circuitos impresos.

- UNE 20620-1:1993, Materiales base para circuitos impresos. Métodos de ensayo.
- UNE 20620-4:1980, Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Hoja de cobre.
- UNE 20621-2:1980, Circuitos impresos. Métodos de ensayo.
- UNE 20621-2/1C:1982, Circuitos impresos. Métodos de ensayo. Ensayos 3C,10C, 14A, 20A.
- UNE 20621-3:1984, Circuitos impresos. Diseño y utilización de placas impresas.
- UNE 20621-4:1983, Circuitos impresos. Especificación para placas de simple y doble cara con agujeros no metalizados.
- UNE 20902:1993, Técnica de los circuitos impresos. Terminología.
- UNE-EN 60249-2-3:2001, Materiales base para circuitos impresos. Parte2: especificaciones. Sección3: papel celulosa con resina epoxídica, laminado con cobre, de inflamabilidad definida (ensayo de combustión vertical).
- UNE-EN 60249-2-11:2001, Materiales base para circuitos impresos. Parte2: especificaciones. Sección11: tejido de vidrio fino con resina epoxídica, laminado con cobre de calidad para uso general para la fabricación de tarjetas impresas multicapa.
- UNE-EN 123000/A1:1995, Especificación genérica.

## Normativa sobre Circuitos Integrados

El papel que los productos semiconductores desempeñan en el mundo es de mayor importancia cada día, no sólo en el campo de la industria electrónica misma, sino en toda una amplia gama de sectores industriales como el del automóvil, telefonía, comunicaciones, fabricación de equipos militares, máquinas recreativas, programas espaciales, etc. Es un hecho, que nuestra vida diaria está íntimamente ligada a su desarrollo.

Las funciones de los productos semiconductores dependen en gran medida de sus topografías. La estructura y disposición de los elementos, y las distintas capas que componen el circuito integrado, constituyen su «topografía». El coste del diseño resulta

ser muy elevado. Sin embargo, una vez realizado el diseño, el coste de fabricación no es elevado.

Por ello se considera necesario establecer, en aras de la innovación tecnológica, la protección de los creadores de las topografías de los productos semiconductores de manera que puedan amortizar sus inversiones mediante la concesión de derechos exclusivos.

Por otra parte, el Consejo de la Comunidad Económica Europea, en base a las anteriores consideraciones, adoptó la Directiva 87/54/CEE, de 16 de diciembre de 1986, sobre la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores, en cuyo artículo 11 se establece que los Estados miembros adoptarán las medidas necesarias para su protección mediante la concesión de derechos exclusivos.

Ley 11/1988, de 3 de mayo, de protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores. (BOE núm. 108, de 5 de mayo de 1988)

- Real Decreto 855/1989, de 7 de julio, amplía la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores a las personas originarias de determinados países y territorios:

- Amplía el ámbito de aplicación de la Ley (art. 3.3), en virtud de su disposición final 3ª, desde el 15 de julio de 1989 hasta el 7 de noviembre de 1990.

- Real Decreto 1369/1992, de 13 de noviembre, amplía con carácter provisional, la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores a las personas originarias de determinados países y territorios:

- Amplía el ámbito de aplicación de la Ley (art. 3.3), en virtud de su disposición final 3ª, desde el 8 de noviembre de 1990 hasta el 31 de diciembre de 1992.

- Real Decreto 1370/1992, de 13 de noviembre, amplía con carácter permanente, la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores a las personas originarias de determinados países y territorios:

- Amplía el ámbito de aplicación de la Ley (art. 3.3), en virtud de su disposición final 3ª.

- Real Decreto 2068/1993, de 26 de noviembre, amplía con carácter provisional la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores a las personas originarias de Estados Unidos de América y de determinados territorios:

- Amplía el ámbito de aplicación de la Ley (art. 3.3), en virtud de su disposición final 3ª.

- Real Decreto 441/1994, de 11 de marzo, aprueba el Reglamento de adecuación a la Ley 30/1992, de 26 de noviembre, de Régimen Jurídico de las Administraciones Públicas y del Procedimiento Administrativo Común de los procedimientos relativos a la concesión, mantenimiento y modificación de los derechos de propiedad industrial:

- Afecta al párrafo segundo del apartado 1 del artículo 4, y a la disposición adicional segunda.

- Real Decreto 149/1996, de 2 de febrero, amplía la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores a los nacionales de los miembros de la Organización Mundial del Comercio:

- Amplía el ámbito de aplicación de la Ley (art. 3.3), en virtud de su disposición final 3ª.

**Artículo 1. Definiciones.** A los efectos de la presente Ley, se entenderá por:

**1.** Producto semiconductor, la forma final o intermedia de cualquier producto:

- a) constituido por un sustrato que incluya una capa de material semiconductor,
- b) que tenga una o más capas suplementarias de materiales conductores, aislantes o semiconductores, dispuestas en función de una estructura tridimensional predeterminada, y
- c) destinado a desempeñar, exclusivamente o junto con otras funciones, una función electrónica.

**2.** Topografía de un producto semiconductor, una serie de imágenes inter conectadas, sea cual fuere la manera en que estén fijadas o codificadas:

- a) que representen la estructura tridimensional de las capas que componen el producto semiconductor,

b) en la cual cada imagen tenga la estructura o parte de la estructura de una de las superficies del producto semiconductor en cualquiera de sus fases de fabricación.

**3.** Explotación comercial, la venta, el alquiler, el arrendamiento financiero o cualquier otro método de distribución comercial, o una oferta con dichos fines.

A los efectos de la anterior definición, no se incluirá la explotación que se realice en condiciones de confidencialidad, siempre que no se produzca distribución a terceros. No obstante, sí se incluirá la explotación que se realice en condiciones de confidencialidad cuando éstas vengan exigidas por razones de seguridad en relación a aplicaciones militares.

## **Artículo 2. Requisitos de protección.**

**1.** Se protegerán las topografías de los productos semiconductores mediante la concesión de derechos exclusivos, conforme a lo establecido en la presente Ley.

**2.** La topografía de un producto semiconductor será objeto de protección en la medida en que sea el resultado del esfuerzo intelectual de su creador y no sea un producto corriente en la industria de semiconductores. Cuando la topografía de un producto semiconductor esté constituida por elementos corrientes en la industria de semiconductores, estará protegida sólo en la medida en que la combinación de tales elementos, como conjunto, cumpla los requisitos mencionados.

## **Artículo 3. Derecho a la protección.**

**1.** El derecho a la protección pertenece a las personas que sean creadoras de las topografías de productos semiconductores, sin perjuicio de lo dispuesto en los apartados siguientes:

**2.** a) El derecho a la protección de las topografías de productos semiconductores, creadas por el trabajador durante la vigencia de su contrato o relación de trabajo con la Empresa, se regirá por lo establecido en el título IV, Invenciones Laborales, de la Ley 11/1986, de 20 de marzo de Patentes.

b) El derecho a la protección de las topografías de productos semiconductores, creadas en virtud de un contrato no laboral, corresponderá a la parte contractual que haya encargado la topografía, salvo que el contrato estipule lo contrario.

3. a) Se beneficiarán de la protección de la presente Ley las personas naturales mencionadas en los párrafos 1 y 2 que tengan la nacionalidad de un Estado miembro de la Comunidad Europea o que residan habitualmente en el territorio de un Estado miembro, así como las personas jurídicas mencionadas en el párrafo 2 que tengan un establecimiento industrial o comercial real y efectivo en el territorio de un Estado miembro de la Comunidad Económica Europea.

b) Se beneficiarán igualmente de la protección de la presente Ley, las personas naturales o jurídicas que respondan a las condiciones establecidas en el apartado a) del párrafo 3 de este artículo, que sean las primeras en explotar comercialmente en un Estado miembro una topografía que todavía no haya sido explotada comercialmente en ningún otro lugar y que hayan recibido, de la persona con derecho a disponer de la topografía, la autorización para explotarla comercialmente de forma exclusiva en toda la Comunidad. (Ver el Real Decreto 149/1996, de 2 de febrero, que amplía la protección jurídica de las topografías de los productos semiconductores a los nacionales de los miembros de la Organización Mundial del Comercio).

4. El derecho a la protección se aplicará, asimismo, en favor de los causahabientes de las personas mencionadas en los párrafos anteriores.

#### **Artículo 4. Registro.**

1. Para que la topografía de un producto semiconductor se beneficie de los derechos exclusivos, concedidos con arreglo al artículo 2, deberá presentarse una solicitud de registro ante el Registro de la Propiedad Industrial. Reglamentariamente se establecerá la forma y condiciones de la solicitud de registro, de su tramitación y resolución, y de la publicación del acuerdo de registro, en su caso.

La solicitud de registro podrá presentarse igualmente en las Direcciones Provinciales del Ministerio de Industria y Energía, salvo que la competencia para la ejecución en materia de propiedad industrial corresponda a la Comunidad Autónoma, cuyos Órganos serán, en este caso, los competentes para recibir la documentación. En

estos supuestos, la Unidad administrativa que haya recibido la solicitud hará constar, mediante diligencia, el día, la hora y el minuto de su presentación y la remitirán al Registro de la Propiedad Industrial. (Ver lo dispuesto en los artículos 3 del Real Decreto 441/1994, de 11 de marzo, y 38.4 de la Ley 30/1992, de 26 de noviembre)

Tanto la solicitud de registro como los restantes documentos que hayan de presentarse en el Registro de la Propiedad Industrial deberán estar redactados en castellano. En las Comunidades Autónomas donde exista también otra lengua oficial, dichos documentos podrán redactarse en dicha lengua, debiendo ir acompañados de la correspondiente traducción en castellano, que se considerará auténtica en caso de dudas entre ambas. Esta solicitud podrá presentarse antes de comenzar la explotación comercial o en un plazo máximo de dos años, contados a partir de la fecha del comienzo de dicha explotación. Con la solicitud de registro deberá depositarse el material que identifique o que represente la topografía, o una combinación de dichos elementos, así como una declaración en documento público referente a la fecha de la primera explotación comercial de la topografía, cuando dicha fecha sea anterior a la fecha de solicitud de registro.

**2.** El material depositado con arreglo al apartado anterior no será accesible al público cuando constituya un secreto comercial. No obstante, ello no afectará a la revelación de dicho material, como consecuencia de resolución judicial o de otras autoridades competentes, a quienes sean parte de un litigio respecto de la validez o violación de los derechos exclusivos mencionados en el artículo 2.

**3.** Toda transferencia de derechos exclusivos sobre las topografías de productos semiconductores sólo surtirá efectos frente a terceros de buena fe, si hubiera sido inscrita en el Registro de la Propiedad Industrial.

**4.** Las personas con derecho a la protección de las topografías de productos semiconductores, en virtud de lo previsto en la presente Ley, que puedan demostrar que un tercero ha solicitado y obtenido el registro de una topografía sin autorización, podrán reivindicar ante los Tribunales la titularidad de la topografía, sin perjuicio de cualesquiera otros derechos o acciones que puedan corresponderle. La acción reivindicatoria sólo se podrá ejercitar en un plazo de dos años, contados desde la fecha de publicación del registro de la topografía del producto semiconductor.

## **Artículo 5. Contenido de los derechos exclusivos.**

**1.** Los derechos exclusivos contemplados en el artículo 2 incluyen los de autorizar o prohibir los siguientes actos:

a) La reproducción de una topografía en la medida en que esté protegida en virtud del párrafo 2 del artículo 2, salvo la reproducción a título privado con fines no comerciales;

b) La explotación comercial o la importación con tal fin de una topografía o de un producto semiconductor en cuya fabricación se haya utilizado la topografía.

**2.** Los derechos exclusivos contemplados en el párrafo 1 no se aplicarán a las reproducciones con fines de análisis, evaluación o enseñanza de los conceptos, procedimientos, sistemas o técnicas incorporados en la topografía, o de la propia topografía.

**3.** Los derechos exclusivos contemplados en el párrafo 1 no se extenderán a los actos relativos a una topografía que cumpla los requisitos del apartado 2 del artículo 2 y cuya creación esté basada en el análisis y la evaluación de otra topografía efectuados con arreglo al apartado 2 del presente artículo.

**4.** Los derechos exclusivos de autorización o prohibición de los actos mencionados en el apartado b) del párrafo 1 del presente artículo no serán aplicables a los actos realizados en España con relación a las topografías o productos semiconductores que hayan sido comercializados en un Estado miembro de la Comunidad Económica Europea por el titular de los derechos exclusivos o con su consentimiento.

**5.** No se podrá impedir a una persona la explotación comercial de un producto semiconductor, siempre y cuando en el momento de adquirir el producto no sepa o carezca de motivos fundados para pensar que el mismo está protegido por un derecho exclusivo, concedido de acuerdo con lo previsto en la presente Ley. No obstante lo anterior, en lo que se refiere a los actos realizados después de que la persona sepa o tenga motivos fundados para pensar que el producto semiconductor está amparado por tal protección, el titular del derecho podrá exigir ante los Tribunales el pago de una remuneración adecuada.

6. Lo dispuesto en el apartado anterior se aplicará, asimismo, a los causahabientes de la persona mencionada en el primer inciso de dicho párrafo.

#### **Artículo 6. Licencias obligatorias.**

Los derechos exclusivos contemplados en el artículo 2 podrán ser sometidos a licencias obligatorias cuando existan motivos de interés público que lo aconsejen. A tales efectos, serán de aplicación los artículos 90, 100, 101 y 102 de la Ley 11/1986, de 20 de marzo de Patentes.

#### **Artículo 7. Duración de la protección.**

1. Los derechos exclusivos contemplados en el artículo 2 nacerán en la primera en el tiempo, de las fechas siguientes:

a) En la que la topografía ha sido objeto de explotación comercial por primera vez en cualquier lugar del mundo.

b) En la que se haya presentado la solicitud de registro en debida forma.

2. Los derechos exclusivos expirarán transcurridos diez años contados a partir de la primera en el tiempo de las siguientes fechas:

a) El fin del año en el que la topografía ha sido objeto de explotación comercial por primera vez en cualquier lugar del mundo.

b) El fin del año en el que se haya presentado la solicitud de registro en debida forma.

No obstante, quedará sin efecto todo registro relativo a una topografía que no haya sido objeto de explotación comercial en ningún lugar del mundo en el plazo de quince años, contados a partir de la fecha de su primera fijación o codificación.

#### **Artículo 8. Acciones por violación de los derechos exclusivos.**

1. El titular de una topografía en virtud de la presente Ley podrá ejercitar ante los órganos de la Jurisdicción ordinaria las acciones civiles y las medidas previstas en el título VII de la Ley 11/1986, de 20 de marzo de Patentes.

2. La persona que, teniendo derecho a la protección en virtud del artículo 3, pueda probar que un tercero fraudulentamente ha reproducido o explotado comercialmente o importado con tal fin una topografía creada por ella, en el período comprendido entre su primera fijación o codificación y el nacimiento de los derechos exclusivos conforme al apartado 1 del artículo 7, podrá ejercitar ante los tribunales la correspondiente acción por competencia desleal.

#### **Artículo 9. Extensión de la protección.**

La protección concedida a las topografías de productos semiconductores, contemplada en el artículo 2, sólo se aplicará a la topografía propiamente dicha con exclusión de cualquier otro concepto, procedimiento, sistema, técnica o información codificada incorporados en dicha topografía.

#### **Artículo 10. Signo indicativo de protección.**

Los productos semiconductores manufacturados sobre la base de topografías protegidas, de acuerdo con lo previsto en la presente Ley, podrán llevar de manera visible y para informar de la existencia de esta protección, una indicación consistente en una T mayúscula encerrada dentro de un círculo.

#### **Artículo 11. Mantenimiento de otras disposiciones legislativas.**

Las disposiciones de la presente Ley serán aplicables sin perjuicio de los derechos que reconocen las vigentes disposiciones legislativas sobre patentes y modelos de utilidad.

**Nota :** El Registro de la Propiedad Industrial fue rebautizado por la Disposición Adicional 1ª de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, con el actual nombre de la Oficina Española de Patentes y Marcas, lo que debe tenerse en cuenta al leer toda la legislación anterior a esta fecha y no modificada con posterioridad.

## NORMATIVA SOBRE RESISTENCIAS

- UNE 20531:1979. Serie de valores normalizados para resistencias y condensadores.

- UNE 20545-2:1985. Resistencias fijas para equipos electrónicos. Especificación intermedia. Resistencias fijas no bobinadas de pequeña disipación.

- UNE 20545-1:1985. Resistencias fijas para equipos electrónicos. Especificación general.

- UNE 20050-74 Parte I y II. Código para las marcas de resistencias y condensadores. Colores normalizados

## NORMATIVA SOBRE CONDENSADORES

- UNE 20543-5:1980. Condensadores fijos para equipos electrónicos. Condensadores de cerámica para corriente continua de tensión nominal no superior a 3000V, Métodos de ensayo y exigencias generales.

- UNE 20543-1:1985. Condensadores fijos utilizados en los equipos electrónicos. Especificación general.

- UNE 20558:1976. Condensadores electrolíticos de aluminio de larga duración y de uso general.

- UNE 20050:1974, parte I, en lo que se refiere a “Código para las marcas de resistencias y condensadores. Valores y tolerancias”.

- UNE 20543:1983, parte VIII, “Condensadores fijos utilizados en equipos electrónicos. Condensadores con dieléctrico cerámico. Clase 1”.

## NORMATIVA SOBRE BUS SERIE ASÍNCRONO RS-232

La Electronic Industries Association (EIA) introdujo en el año 1962 la norma RS-232 (RS = Recommended Standard) con el propósito de unificar el interface entre los

DCE (Data Communication Equipment) y los DTE (Data Terminal Equipment). Sigue la normativa: EIA: RS-232-C; CCITT (ITU-T): V.24 / V.28

El DTE es el equipo que actúa como fuente de los datos, destino de los datos o ambas cosas a la vez (normalmente es un ordenador).

El DCE es el equipo que proporciona las funciones necesarias para establecer, mantener y terminar una conexión, y realiza la conversión de las señales a la codificación necesaria para la comunicación (normalmente un Modem).

El creciente uso de ordenadores personales PC ha creado nuevas áreas de aplicación EIA-232, y la norma ha sido adoptada como interface de bajo coste, para periféricos, tales como ratones, scanner, impresoras etc.

En el año 1969, la EIA publicó la RS-232-C una revisión de la norma original. En el año 1986 aparece la norma EIA-232-D que está en la misma línea de las normas CCITT, V24, V28 e ISO y S2110 la vieja norma EIA-232 proporciona todavía una solución económica a la comunicación de datos pese a no estar exenta de problemas como su alta susceptibilidad al ruido, baja velocidad de comunicación y limitada longitud de transmisión.

## ANEXO: NORMATIVA SOBRE CAMPO SOLAR

NO aplica al diseño y fabricación de las placas electrónicas de Control y Nodos.

La normativa legislativa en España referente al cálculo, instalación y explotación de un campo solar, como generador de energía renovable y cogeneración, se acompaña en los archivos:

- Propuesta RD2013 Fuente de Energía Renovable.pdf
- RD LEY 9-2013 BOE2013-7705.pdf

Ambos archivos contienen la propuesta de ley 2013 para establecer la actual regulación de toda generación de energía renovable fotovoltaica. Y añaden la justificación del encarecimiento de las nuevas tarifas de cobro a la población de consumidores, basada en un déficit económico del sector, debido a las antiguas tarifas reguladas por la administración pública.



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# PROGRAMACIÓN

**Autor:**  
Marcos Andrés Carrascosa



# ÍNDICE

1. PROGRAMACIÓN DE UN MICROCONTROLADOR PIC .....	163
2. FLUJOGRAMA LINEAL MNEMOTÉCNICO PARA EL PIC18F4520 .....	164
3. FLUJOGRAMA LINEAL MNEMOTÉCNICO PARA EL PIC16F88 .....	179



# 1. PROGRAMACIÓN DE UN MICROCONTROLADOR PIC

Hoy día, las herramientas de programación para cualquier modelo microprocesador del mercado, son muy abundantes. Facilitan enormemente trabajar con microcontroladores y depurar los sistemas operativos alojados en su memoria interna. Estos entornos de programación simplifican la puesta en marcha y uso de potentes microcontroladores para utilizarlos en la industria, o en cualquier aplicación profesional imaginable.

Los microcontroladores PIC de Microchip, e igual que la mayoría de competidores en el mercado mundial, admiten varios lenguajes de programación : C, Pascal, Basic, y Ensamblador.

La codificación de programas operativos en un lenguaje determinado, no es relevante en la actualidad, ya que la eficiencia en velocidad es similar en dichos lenguajes, y la optimización que proporciona el fabricante es muy buena en todos ellos.

Por tanto, el lenguaje de codificación elegido por el programador, será el que mejor conozca y domine, o le produzca mayor comodidad de trabajo. Por eso, en esta documentación se prefiere dar los **flujogramas** de los programas, en lugar de los mismos codificados en un determinado lenguaje, cosa que puede sentar una preferencia específica.

Los **flujogramas** muestran con mayor claridad las tareas que ejecutan los programas, y cualquier programador con mínimos conocimientos entiende, y es capaz de codificarlos en su lenguaje preferido, y usando sus propias técnicas de programación. Esto es, porque, las técnicas de programación personales inducen a grandes errores, y dificultan el comprender la actividad de los programas que dan vida a los sistemas computadores. El estilo de un programador no suele ser del agrado de otro programador, tanto es así, que suele decirse : "Cada maestrillo tiene su librillo".

Los **Flujogramas Gráficos** son visualmente descriptivos y sencillos de

interpretar, pero ocupan excesivo espacio en papel. También se les llama **Ordinogramas**, ya que son diagramas e indican el orden de ejecución de la secuencia de instrucciones. El término **Organigrama**, que indica diagrama orgánico e indicaba órganos u orgánulos constituyentes del sistema, quedó en desuso por obsolescencia en la tecnología actual.

Los **Flujogramas Lineales** semejan un lenguaje de programación extremadamente sencillo, y ocupa poco espacio en papel. Su sintaxis no obedece a ningún lenguaje específico, por eso se denomina **Lenguaje Mnemónico o Mnemotécnico**, y también **Pseudocódigo**. Es el que se elige usar en este documento.

La indentación en los flujogramas que siguen, indica el código contenido dentro de la última línea de indentación de mayor orden. El mayor orden es más hacia la izquierda, o menor indentación.

## **2. FLUJOGRAMA LINEAL MNEMOTÉCNICO PARA EL PIC18F4520**

Se muestra el programa nemónico de la placa principal. El programa en 'c' está en el archivo PIC18F4520.c en el anexo Programación. Existe además, un archivo PIC18F4520Sim.c que acelerará el sistema para propósitos de simulación, donde cada segundo son 10 minutos del mundo real. Ambos están excelentemente comentados.

```
// Proyecto Campo Solar
```

```
#incluye "p18F4520.h" // Definiciones Micro Usado
```

```
#define pragmas necesarios
```

```
// Escritura I2C Nodos 2 kHz SCL,SDA
```



Byte Cont2=0 // LCD  
 Byte Cont3=0 // ADC, MiniTeclado y Entradas CP  
 Byte Cont4=0 // 0'5 seg  
 Word Cont5=0 // RTC, Secuencias Nodos  
 Byte MiniTeclado=0  
 Byte EntradasCP=0  
 Byte Trama[2]=(0,0)  
 Byte ContBitSerie=0  
 Byte ContByteSerie=0  
 Byte ContBitRespuesta=0  
 Byte Respuesta=0  
 Byte NodoOrden[128]=(0,0,0,0,0,0,0,0...) // Orden Actual Nodo  
 Word NodoPasos[128]=(0,0,0,0,0,0,0,0...) // Pasos Pendientes de Dar  
 Byte NodoEstado[128]=(0,0,0,0,0,0,0,0...) // Estado Funcionamiento Nodo  
 Byte NodoPasosQarto[128]=(0,0,0,0,0,0,0,0...) // Pasos / Cuarto de Hora  
 Word NodoPasosActual[128]=(0,0,0,0,0,0,0,0...) // Pasos Actuales  
 Byte IndiceNodo=0  
 Byte Reloj[32]=(0,0,0,0,0,0,0,0...) // RTC en RAM  
 Byte IndiceRAM=0 // Posicion Inicio Lectura / Escritura RTC  
 Byte ContRAM=0 // Numero Bytes a Leer / Escriibir +1 RTC  
 Byte ContLecturaRAMRTC=0 // Secuencia Lectura RTC  
 Byte ContEscrituraRAMRTC=0 // Secuencia Escritura RTC  
 Byte IndiceLecturaEEPROMRTC=0 // Secuencia Lectura EEPROM  
 Byte IndiceEscrituraEEPROMRTC=0 // Secuencia Escritura EEPROM  
 Byte IniciaLCD=0 // Inicializa LCD  
 Byte ContLCD=0 // Numero Caracters a Visualizar en el LCD  
 Byte IndiceLCD=0 // Indice Posicion a Visualizar en el LCD  
 Byte Pantalla=0 // Pantalla Inicial  
 Byte IniciaI2C=0 // Inicializa I2C  
 Byte IniciaReloj=0 // Inicializa Reloj  
 Word M,N,P // Temporales

Inicializa registros y variables usadas

Inicializa hardware e interrupciones necesarias // TMR, ADC, I2C

Pin SalidaBitSerie=1

Pin EntradaBitSerie

Pin RelojBitSerie=1

Byte SelectorCanalADC

Byte PORTA=15 // Bits0..3 ADC(Anemometro, Veleta, SeguiLuz1,2) + 4..5

I2CNodos(Datos,Reloj) + 6..7 XTAL

Byte PORTB=255 // Bits2..7 MiniTeclado + 0..1 I2CRTC(Datos,Reloj)

Byte PORTC=240 // Bits0..2 LCD(RS,E,BL) + NC + 4..6 Libres + 7 CP(Manual)

Byte PORTD=0 // Bits0..7 LCD(D0..7)

Byte PORTE=15 // Bits0..3 CP(Automatico, Este, Sur, Oeste) + 4..7 Libres

**Interrupcion TMR :** // 6250 Int/seg (20.000.000/4/16/6250=50 TMR2,  
32.000.000/4/16/6250=80 TMR2)

Inicializa Contador TMR

Inicializa Flag TMR

Si (Transmite>0)

RelojBitSerie=Cont AND 1

Cont=Cont+1

Si (RelojBitSerie=1) // Flanco Subida

Si ((ContByteSerie>1) AND (ContBitRespuesta=0)) // Trama

Completa

ContByteSerie=0

Transmite=0

Respuesta=Respuesta OR 128

Si ((ContByteSerie>1) AND (ContBitRespuesta>0) AND

(ContBitRespuesta<5)) // Respuesta 4 Bit

ContBitRespuesta=ContBitRespuesta-1

Respuesta=Respuesta<<1

Respuesta=(Respuesta OR EntradaBitSerie) AND 15

Si (RelojBitSerie=0) // Flanco Bajada

Si ((ContByteSerie>1) AND (ContBitRespuesta>4))

SalidaBitSerie=1

ContBitRespuesta=ContBitRespuesta-1

Si (ContByteSerie<2) // Transmite 16 Bit

```

SalidaBitSerie=(Trama[ContByteSerie] AND 128)
Trama[ContByteSerie]=Trama[ContByteSerie]<<1
ContBitSerie=(ContBitSerie+1) AND 7
Si (ContBitSerie=0)
    ContByteSerie=ContByteSerie+1
    Si (ContByteSerie>1)
        ContBitRespuesta=5
        Cont4=0

```

Cont2=Cont2+1 // LCD

Cont5=Cont5+1 // RTC

### **Fin Interrupcion TMR**

### **Interrupcion I2C :**

Inicializa Flag I2C

InicialI2C=1 // I2C Inicializado

Si (WCOL) Salir Funcion

Si (ContLecturaRAMRTC>0) // Lee RAM RTC

Si (ContLecturaRAMRTC=ContRAM+3)

Si (BF) Salir Funcion

SSPBUF=0xAE

Si (ContLecturaRAMRTC=ContRAM+2)

Si (BF) Salir Funcion

SSPBUF=IndiceRAM

Si (ContLecturaRAMRTC=ContRAM+1)

RSEN=1

Si (ContLecturaRAMRTC=ContRAM)

Si (BF) Salir Funcion

SSPBUF=0xAF

Si (ContLecturaRAMRTC<ContRAM)

Si (!BF) Salir Funcion

RCEN=1

Si (ContLecturaRAMRTC>1)

ACKEN=1

Si (ContLecturaRAMRTC=1)

```

        PEN=1
        RCEN=0
        Reloj[IndiceRAM]=SSPBUF
        IndiceRAM=IndiceRAM+1
        ContLecturaRAMRTC=ContLecturaRAMRTC-1
Si ((ContEscrituraRAMRTC>0) AND (!BF)) // Escribe RAM RTC
    Si (ContEscrituraRAMRTC>ContRAM)
        SSPBUF=0xDE
    Si (ContEscrituraRAMRTC=ContRAM)
        SSPBUF=IndiceRAM
    Si (ContEscrituraRAMRTC<ContRAM)
        Si (ContEscrituraRAMRTC=1)
            PEN=1
            SSPBUF=Reloj[IndiceRAM]
            IndiceRAM=IndiceRAM+1
        ContEscrituraRAMRTC=ContEscrituraRAMRTC-1

```

### **Fin Interrupcion I2C**

### **Inicializa Hardware**

```

SSPADD=12 // Para 20 MHz, 19 para 32 MHz
SSPCON2=20
SSPSTAT=40
SSPCON1=28 // Activa Modulo SSP

```

### **Programa Principal :**

```

Si ((IniciaReloj=0) AND (IniciaI2C>0)) // Reloj Pendiente de Inicializar
    IndiceRAM=0
    ContRAM=11 // Lee 10 Bytes RAM
    ContLecturaRAMRTC=14
    SEN=1
    Cont5=0 // Sincroniza Conteo Reloj
    IniciaReloj=1
Si ((IniciaReloj=1) AND (ContLecturaRAMRTC=0)) // Reloj Inicializando
    IndiceRAM=0x18
    ContRAM=5 // Lee 4 Bytes RAM

```

```

ContLecturaRAMRTC=8
SEN=1
Reloj[0]=Reloj[0] OR 0x80 // Ajustes del Reloj On
Reloj[2]=Reloj[2] AND 0x3F // Modo 24 Horas
Reloj[7]=0x41 // Out='0' + 4kHz, No A11-2, Si XTAL
M=0xFFFF
IndiceNodo=0
Repite 128 Veces
    M=M AND NodoPasosTotal[IndiceNodo]
    IndiceNodo=IndiceNodo+1
Si (M=0xFFFF)
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=5 // Este Fin Carrera
        NodoPasos[IndiceNodo]=0x7FFF
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    IniciaReloj=20
Si (M<0xFFFF)
    IniciaReloj=2
Si (IniciaReloj=21) // Inicializa Total Pasos
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=10 // Oeste Fin Carrera
        NodoPasos[IndiceNodo]=0x7FFF
        NodoPasosActual[IndiceNodo]=0
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    IniciaReloj=22
Si (IniciaReloj=23) // Inicializa Total Pasos
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=5 // Este Fin Carrera
        NodoPasos[IndiceNodo]=0x7FFF
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    IniciaReloj=24

```

```

Si (IniciaReloj=25) // Guarda Media Total Pasos y Correcciones
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoPasosTotal[IndiceNodo]=(NodoPasosActual[IndiceNodo]+1)>>
        1
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    CorrEste=0
    CorrOeste=0
    IniciaReloj=2
Si ((IniciaReloj=2) AND (ContLecturaRAMRTC=0)) // Reloj Inicializado
    IndiceRAM=7
    ContRAM=2 // Escribe 1 Byte RAM
    ContEscrituraRAMRTC=3
    SEN=1
    N=Reloj[5]-1
    Si (N>9)
        N=N-6
    M=Reloj[4]
    Si (M>9)
        M=M-(M>>4)*6
    M=((N<<2) AND 0x3F) OR (M>>4) // Indice Horario Solar
    N=Ocaso[M]-Alba[M]+1 // Total Cuartos de Hora / Dia
    M=Reloj[0x19]
    Si (M>9)
        M=M-(M>>4)*6
    P=Reloj[0x18]
    Si (P>9)
        P=P-(P>>4)*6
    M=(M<<2) OR Redondeo(P/15) // Cuartos de Hora Inicio Falla Vcc
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoPasosQarto[IndiceNodo]=Redondeo(NodoPasosTotal[IndiceNodo]/N)
    Si ((Reloj[3] AND 0x10)>0) // Corte en la Red Electrica

```

```

        NodoPasosActual[IndiceNodo]=M*NodoPasosQarto[IndiceNodo] // Pasos Actual
Si ((Reloj[3] AND 0x10)=0) // Corte en la Red Electrica
        NodoPasosActual[IndiceNodo]=0 // No Pasos Actual
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
Reloj[3]=(Reloj[3] AND 0xEF) OR 8 // Activa Bat, Elimina Fallo Vcc
IniciaReloj=3
Si ((IniciaReloj=3) AND (ContEscrituraRAMRTC=0)) // Ajustes Reloj
        IndiceRAM=2
        ContRAM=3 // Escribe 2 Bytes RAM
        ContEscrituraRAMRTC=4
        SEN=1
        IniciaReloj=4
Si ((IniciaReloj=4) AND (ContEscrituraRAMRTC=0)) // Reloj Operativo
        IniciaReloj=5
Si (Cont2>15) // Visualizar LCD (390'625 Chr/seg)
        Si ((IniciaLCD>7) AND (IniciaLCD<25))
                PORTD=LCD[IniciaLCD]
                PORTC=PORTC OR 2
                IniciaLCD=IniciaLCD+1
        Si ((ContLCD>0) AND (IniciaLCD>24))
                Funcion(ControlLCD) // PORTC=(PORTC AND 252) OR
ControlLCD
                Funcion(CharacterLCD) // PORTD=CharacterLCD // Escritura en LCD
Cont2=0
Cont3=Cont3+1
Cont4=Cont4+1
Si (Cont3>96) // Base de Tiempos 0'25 Segundos (97.65625)
        Cont3=0
        Inicializa Flag ADC // 4 Canales Analogicos, 4 Muestras por Segundo
        EntrAnalog[IndiceAnalog]=ADC
        IndicAnalog=((IndiceAnalog+1) AND 3)
        SelectorCanalADC=IndiceAnalog
        MiniTeclado=PORTB // 4 Lecturas / Seg Cada Tecla de Mini-Teclado

```

```

EntradasCP=PORTE OR (PORTC AND 240) // 4 Lecturas / Seg Cada
Entrada Cuadro Principal
Si ((Cont3%6<1) AND (IniciaLCD<8)) // 15 mSeg
    PORTD=LCD[IniciaLCD]
    PORTC=PORTC OR 2
    IniciaLCD=IniciaLCD+1
Si (Cont2=7)
    PORTC=PORTC AND 0xFD
Si ((Cont5>6249) AND (IniciaReloj>1)) // RTC 6250 Int/Seg
    Cont5=0
    Reloj[0]=Reloj[0]+1 // Segundos
    Si ((Reloj[0] AND 15)>9)
        Reloj[0]=Reloj[0]+6
    Si ((Reloj[0] AND 0x7F)>59)
        Reloj[0]=(Reloj[0] AND 0x80)
        Reloj[1]=Reloj[1]+1 // Minutos
        Si (IniciaReloj=12)
            IniciaReloj=5
        Si ((Reloj[1] AND 15)>9) // Cada 10 Minutos
            Reloj[1]=Reloj[1]+6
            Si ((Reloj[2]=(8,9,0x10,0x11,0x12,0x13,0x14,0x15,0x16,0x17))
AND (IniciaReloj=11)) // Dia
                IniciaReloj=5
            Si ((Reloj[2]=(0x23,0,1,2,3,4,5)) AND (IniciaReloj=5)) // Noche
                IniciaReloj=6
        Si ((Reloj[1] AND 0x7F)>59)
            Reloj[1]=(Reloj[1] AND 0x80)
            Reloj[2]=Reloj[2]+1 // Horas
            Si ((Reloj[2] AND 15)>9)
                Reloj[2]=Reloj[2]+6
            Si ((Reloj[2] AND 0x3F)>23) // Dias
                Reloj[2]=(Reloj[2] AND 0xC0)
        Si ((Reloj[1]=(0,0x15,0x30,0x45)) AND (IniciaReloj=5)) // Genera
Orden Este-Oeste

```

```

N=(Reloj[2]<<2) OR Redondeo(Reloj[1]/15) // Cuartos de Hora
Actuales
IndiceNodo=0
Repite 128 Veces
M=N*NodoPasosQ[IndiceNodo] // Pasos Actuales
Si (NodoPasosActual[IndiceNodo]<M)
    NodoOrden[IndiceNodo]=10 // Orden Oeste
    NodoPasos[IndiceNodo]=M-
    NodoPasosActual[IndiceNodo]
Si ((NodoPasosActual[IndiceNodo]>M) AND
(M>CorrEste))
    NodoOrden[IndiceNodo]=5 // Orden Este
    NodoPasos[IndiceNodo]=NodoPasosActual[IndiceN
odo]-M
    IndiceNodo=IndiceNodo+1
IniciaReloj=12
Si ((IniciaReloj=6) AND (ContLecturaRAMRTC=0) AND
(ContEscrituraRAMRTC=0))
    IndiceRAM=0 // Actualiza Reloj desde RTC
    ContRAM=8 // Lee 7 Bytes RAM
    ContLecturaRAMRTC=10
    SEN=1
    IniciaReloj=7
Si ((IniciaReloj=7) AND (ContLecturaRAMRTC=0))
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=5 // Orden Este
        NodoPasos[IndiceNodo]=0x7FFF // Pasos Hasta Final Carrera
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    IniciaReloj=8
Si (IniciaReloj=(8,10,20,22,24))
    IndiceNodo=0
    P=0
    Repite 128 Veces

```

```

P=P OR NodoPasos[IndiceNodo] // Pasos Hasta Final Carrera
IndiceNodo=IndiceNodo+1
Si (P=0)
    IniciaReloj=IniciaReloj+1
Si (IniciaReloj=9)
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=10 // Orden Oeste
        NodoPasos[IndiceNodo]=CorrEste // Pasos Correccion Este
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    IniciaReloj=10
Si (Respuesta>127) // Procesa Respuesta Nodos
    Respuesta=Respuesta AND 15
    Si (Respuesta=7,8) // Fin Carrera Este
        NodoEstado[IndiceNodo]=0
        NodoOrden[IndiceNodo]=0
        NodoPasos[IndiceNodo]=0 // Fin Orden Este
    Si (Respuesta=12,13,15) // Fin Carrera Oeste
        NodoEstado[IndiceNodo]=0
        NodoOrden[IndiceNodo]=0
        NodoPasos[IndiceNodo]=0 // Fin Orden Oeste
    Si (Respuesta=15) // No Respuesta Nodo
        Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=15)
            NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16
        Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>15)
            NodoEstado[IndiceNodo]=15
        Cont4=200
    Si (Respuesta=(1,6,8,11,13)) // SobreTemperatura Puente
        Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=1)
            NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16
        Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>1)
            NodoEstado[IndiceNodo]=1
    Si (Respuesta=2) // Error Fin Carrera
        Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=2)

```

NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16

Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>2)

NodoEstado[IndiceNodo]=2

Si (Respuesta=3) // SobreTemperatura Puente y Error Fin Carrera

Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=3)

NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16

Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>3)

NodoEstado[IndiceNodo]=3

Si (Respuesta=(4,9,14)) // Error Sensor Corriente

Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=4)

NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16

Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>4)

NodoEstado[IndiceNodo]=4

Si (Respuesta=0) // No Orden

Si (NodoOrden[IndiceNodo]=0) // No Orden

NodoEstado[IndiceNodo]=0

Si (NodoOrden[IndiceNodo]=10) // Oeste, SobreTemperatura Puente  
y Error Sensor Corriente

Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=5)

NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16

Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>5)

NodoEstado[IndiceNodo]=5

Si (Respuesta=5) // Este

Si (NodoOrden[IndiceNodo]=5) // Este

NodoEstado[IndiceNodo]=0

Si (NodoPasos[IndiceNodo]>0)

NodoPasosActual[IndiceNodo]=NodoPasosActual[Indice  
Nodo]+1

NodoPasos[IndiceNodo]=NodoPasos[IndiceNodo]-1

Si (NodoPasos[IndiceNodo]=0)

NodoOrden[IndiceNodo]=0

Si (NodoOrden[IndiceNodo]=0) // No Orden, SobreTemperatura  
Puente y Error Sensor Corriente

Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=5)

```

        NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16
    Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>5)
        NodoEstado[IndiceNodo]=5
Si (Respuesta=10) // Oeste
    Si (NodoOrden[IndiceNodo]=10) // Oeste
        NodoEstado[IndiceNodo]=0
        Si (NodoPasos[IndiceNodo]>0)
            NodoPasosActual[IndiceNodo]=NodoPasosActual[Indice
            Nodo]+1
            NodoPasos[IndiceNodo]=NodoPasos[IndiceNodo]-1
        Si (NodoPasos[IndiceNodo]=0)
            NodoOrden[IndiceNodo]=0
        Si (NodoOrden[IndiceNodo]=5) // Este, SobreTemperatura Puente y
Error Sensor Corriente
        Si ((NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)=5)
            NodoEstado[IndiceNodo]=NodoEstado[IndiceNodo]+16
        Si (NodoEstado[IndiceNodo] AND 15)<>5)
            NodoEstado[IndiceNodo]=5
Funcion(Visualiza NodoEstado[IndiceNodo])
Si (NodoEstado[IndiceNodo]>0x30) // Error Nodo 3 Veces
    NodoOrden[IndiceNodo]=0
    NodoPasos[IndiceNodo]=0
    IndiceNodo=(IndiceNodo+1) AND 127 // Nodo Siguiente
Si (((EntradaCP AND 1)=1) AND (IniciaReloj=30)) // Tecla Automatico
    IniciaReloj=5
    Funcion Buzzer(Biip)
Si (((EntradaCP AND 2)=2) AND (IniciaReloj=30)) // Tecla Este
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=5 // Orden Este
        NodoPasos[IndiceNodo]=0x7FFF // Pasos Hasta Final Carrera
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    Funcion Buzzer(Biip)
Si (((EntradaCP AND 4)=4) AND (IniciaReloj=30)) // Tecla Sur

```

```

M=(NodoPasosTotal[IndiceNodo]>>1) // Sur
IndiceNodo=0
Repite 128 Veces
    Si (NodoPasosActual[IndiceNodo]<M)
        NodoOrden[IndiceNodo]=10 // Orden Oeste
        NodoPasos[IndiceNodo]=NodoPasosActual[IndiceNodo]-M //
Pasos Hasta Sur
    Si (NodoPasosActual[IndiceNodo]>M)
        NodoOrden[IndiceNodo]=5 // Orden Este
        NodoPasos[IndiceNodo]=M-NodoPasosActual[IndiceNodo] //
Pasos Hasta Sur
    IndiceNodo=IndiceNodo+1
Funcion Buzzer(Biip)
Si (((EntradaCP AND 8)=8) AND (IniciaReloj=30)) // Tecla Oeste
    IndiceNodo=0
    Repite 128 Veces
        NodoOrden[IndiceNodo]=10 // Orden Este
        NodoPasos[IndiceNodo]=0x7FFF // Pasos Hasta Final Carrera
        IndiceNodo=IndiceNodo+1
    Funcion Buzzer(Biip)
Si (((EntradaCP AND 128)=128) AND (IniciaReloj=(5,12))) // Tecla Manual
    IniciaReloj=30
    Funcion Buzzer(Biip)
Si ((MiniTeclado AND 4)=4) // Tecla Izquierda
    Funcion Variable(Anterior)
    Funcion Buzzer(Biip)
    Funcion BL(Enciende)
    Funcion Visualiza(Pantalla)
Si ((MiniTeclado AND 8)=8) // Tecla Derecha
    Funcion Variable(Siguiente)
    Funcion Buzzer(Biip)
    Funcion BL(Enciende)
    Funcion Visualiza(Pantalla)
Si ((MiniTeclado AND 16)=16) // Tecla Arriba

```

```

Funcion Variable(Incrementa)
Funcion Buzzer(Biip)
Funcion BL(Enciende)
Funcion Visualiza(Pantalla)
Si ((MiniTeclado AND 32)=32) // Tecla Abajo
    Funcion Variable(Decrementa)
    Funcion Buzzer(Biip)
    Funcion BL(Enciende)
    Funcion Visualiza(Pantalla)
Si ((MiniTeclado AND 64)=64) // Tecla OK
    Pantalla=Pantalla+1
    Si (Pantalla>2)
        Pantalla=0
    Funcion Buzzer(Biip)
    Funcion BL(Enciende)
    Funcion Visualiza(Pantalla)
// Si ((MiniTeclado AND 128)=128) // Tecla Auxiliar Sin Uso
Si (Cont4>195) // Base de Tiempos 0'5 Segundos (195.3125)
    Transmite nodo si hay orden
    Cont4=0
    Trama[0]=IndiceNodo
    Trama[1]=NodoOrden[IndiceNodo]
    Transmite=1

```

**Fin Programa Principal :**

### **3. FLUJOGRAMA LINEAL MNEMOTÉCNICO PARA EL PIC16F88**

Se muestra el programa nemónico del nodo. El programa en 'c' está en el archivo PIC16F88.c en el anexo Programación. Está excelentemente comentado.

```
// Proyecto Campo Solar
```

```
incluye "p16f88.h" // Definiciones Micro Usado
```

```
define pragmas necesarios
```

```
define constantes usadas
```

```
define variables usadas
```

```
    Byte Vector[2] // Transmision Serie
```

```
    Byte Temperatura=0
```

```
    Byte CorrienteEste=0
```

```
    Byte CorrienteOeste=0
```

```
    Byte Cont=0
```

```
    Byte Serie=0
```

```
    Byte ContBitSerie=0
```

```
    Byte ContByteSerie=0
```

```
    Byte Orden=0
```

```
    Byte Respuesta=0
```

```
    Byte ContBitRespuesta=0
```

```
Inicializa registros y variables usadas
```

```
Inicializa hardware e interrupciones necesarias // TMR, ADC, INT
```

```
    Pin SalidaBitSerie
```

```
    Pin EntradaBitSerie
```

```
    Pin MotorEste
```

```
    Pin MotorOeste
```

```
    Pin SensorCorrienteEste
```

```
    Pin SensorCorrienteOeste
```

```
Interrupcion ADC :
```

```
    Temperatura=ADC
```

```
    Inicializa Flag ADC
```

```
Fin Interrupcion ADC
```

```
Interrupcion TMR : // 250 Int/seg
```

Inicializa Contador TMR

Inicializa Flag TMR

Cont=Cont+1

### **Fin Interruccion TMR**

### **Interruccion INT :**

Inicializa Flag INT

Si (ContBitRespuesta>0) // Respuesta de 4 Bits

    SalidaBitSerie=(Respuesta AND 8) // Bit 4

    Respuesta=Respuesta<<1

    ContBitRespuesta=ContBitRespuesta-1

Si ((ContBitRespuesta=0) AND (ContByteSerie<2)) // Recibe Orden de 16 Bits

    Serie=(Serie<<1)

    Si (EntradaBitSerie=1)

        Serie=(Serie OR 1) // Bit 0

    Si (EntradaBitSerie=0)

        Serie=(Serie AND 254) // Bit 0

    ContBitSerie=ContBitSerie+1

    Si (ContBitSerie=8)

        ContBitSerie=0

        Vector[ContByteSerie]=Serie

        ContByteSerie=ContByteSerie+1

    Si (ContByteSerie=2)

        Si ((PORTA>>1)=Vector[0] // Direccion Nodo Actual

            Orden=(Vector[1] AND 15)

            Cont=0

            Cambio Flanco Negativo INT // Positivo Lee Bit Nodos,

            Negativo Escribe

            ContBitRespuesta=4

Si ((ContBitRespuesta=0) AND (ContByteSerie>1)) // Fin Respuesta y de Trama

Completa

    SalidaBitSerie=1

    ContByteSerie=(ContByteSerie<<1) AND 7

    Cambio Flanco Positivo INT // Positivo Lee Bit Nodos, Negativo Escribe

## Fin Interruccion INT

### Programa Principal :

```
Si ((MotorEste=0) AND (SensorCorrienteEste=1)) // Puente Inactivo y No FC
    CorrienteEste=4 // Error
Si ((MotorEste=1) AND (SensorCorrienteEste=0)) // Puente Activo y FC
    CorrienteEste=2 // FC Este
Si (((MotorEste=0) AND (SensorCorrienteEste=0)) OR ((MotorEste=1) AND
(SensorCorrienteEste=1)))
    CorrienteEste=0 // OK y No FC
Si ((MotorOeste=0) AND (SensorCorrienteOeste=1)) // Puente Inactivo y No FC
    CorrienteOeste=4 // Error
Si ((MotorOeste=1) AND (SensorCorrienteOeste=0)) // Puente Activo y FC
    CorrienteOeste=2 // FC Oeste
Si (((MotorOeste=0) AND (SensorCorrienteOeste=0)) OR ((MotorOeste=1) AND
(SensorCorrienteOeste=1)))
    CorrienteOeste=0 // OK y No FC
Si ((Orden=5) AND (Temperatura<26)) // Este 1 Paso
    MotorOeste=0
    MotorEste=1
Si ((Orden=10) AND (Temperatura<26)) // Oeste 1 Paso
    MotorEste=0
    MotorOeste=1
Si (Temperatura>25) // Temperatura Puente SobreCarga
    MotorEste=0
    MotorOeste=0
Si ((Orden>0) AND (Cont>124)) // Base de Tiempos 0'5 Segundos
    Cont=0
    MotorEste=0
    MotorOeste=0
Si (Temperatura>25) // 1-6-11 Temperatura Puente 50°C aprox.
    Respuesta=Orden+1
Orden=0
Respuesta=Respuesta+(CorrienteEste OR CorrienteOeste) // 2-7-12-4-9-14
```

Sensor Corriente

Si (Respuesta=15) // Oeste, Temperatura Puente + Error Sensor Corriente

Respuesta=0

**Fin Programa Principal** // Respuesta 0-5-10 OK, 15 No Nodo





UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA



# CALENDARIO LUZ DIURNA

**Autor:**  
Marcos Andrés Carrascosa



Mes	Día	Alba	Ocaso	Horas Luz Día
<b>Enero</b>	1	08:22	17:49	9 h, 27 min
	2	08:22	17:50	9 h, 28 min
	3	08:22	17:51	9 h, 29 min
	4	08:22	17:51	9 h, 29 min
	5	08:22	17:52	9 h, 30 min
	6	08:22	17:53	9 h, 31 min
	7	08:22	17:54	9 h, 32 min
	8	08:22	17:55	9 h, 33 min
	9	08:21	17:56	9 h, 35 min
	10	08:21	17:57	9 h, 36 min
	11	08:21	17:58	9 h, 37 min
	12	08:21	17:59	9 h, 38 min
	13	08:21	18:00	9 h, 39 min
	14	08:20	18:01	9 h, 41 min
	15	08:20	18:02	9 h, 42 min
	16	08:19	18:03	9 h, 44 min
	17	08:19	18:04	9 h, 45 min
	18	08:19	18:05	9 h, 46 min
	19	08:18	18:07	9 h, 49 min
	20	08:18	18:08	9 h, 50 min
	21	08:17	18:09	9 h, 52 min
	22	08:16	18:10	9 h, 54 min
	23	08:16	18:11	9 h, 55 min
	24	08:15	18:12	9 h, 57 min
	25	08:14	18:13	9 h, 59 min
	26	08:14	18:15	10 h, 1 min
	27	08:13	18:16	10 h, 3 min
	28	08:12	18:17	10 h, 5 min
	29	08:11	18:18	10 h, 7 min
	30	08:11	18:19	10 h, 8 min
	31	08:10	18:20	10 h, 10 min
<b>Febrero</b>	1	08:09	18:22	10 h, 13 min
	2	08:08	18:23	10 h, 15 min
	3	08:07	18:24	10 h, 17 min
	4	08:06	18:25	10 h, 19 min
	5	08:05	18:26	10 h, 21 min
	6	08:04	18:27	10 h, 23 min
	7	08:03	18:29	10 h, 26 min
	8	08:02	18:30	10 h, 28 min
	9	08:01	18:31	10 h, 30 min
	10	08:00	18:32	10 h, 32 min
	11	07:58	18:33	10 h, 35 min
	12	07:57	18:35	10 h, 38 min
	13	07:56	18:36	10 h, 40 min
	14	07:55	18:37	10 h, 42 min
	15	07:54	18:38	10 h, 44 min
	16	07:52	18:39	10 h, 47 min
	17	07:51	18:40	10 h, 49 min
	18	07:50	18:41	10 h, 51 min
	19	07:49	18:43	10 h, 54 min
	20	07:47	18:44	10 h, 57 min
	21	07:46	18:45	10 h, 59 min
	22	07:45	18:46	11 h, 1 min
	23	07:43	18:47	11 h, 4 min
	24	07:42	18:48	11 h, 6 min
	25	07:40	18:49	11 h, 9 min
	26	07:39	18:51	11 h, 12 min
	27	07:38	18:52	11 h, 14 min
	28	07:36	18:53	11 h, 17 min
<b>Marzo</b>	1	07:35	18:54	11 h, 19 min
	2	07:33	18:55	11 h, 22 min

	3	07:32	18:56	11 h, 24 min
	4	07:30	18:57	11 h, 27 min
	5	07:29	18:58	11 h, 29 min
	6	07:27	18:59	11 h, 32 min
	7	07:26	19:00	11 h, 34 min
	8	07:24	19:01	11 h, 37 min
	9	07:23	19:02	11 h, 39 min
	10	07:21	19:03	11 h, 42 min
	11	07:19	19:04	11 h, 45 min
	12	07:18	19:06	11 h, 48 min
	13	07:16	19:07	11 h, 51 min
	14	07:15	19:08	11 h, 53 min
	15	07:13	19:09	11 h, 56 min
	16	07:11	19:10	11 h, 59 min
	17	07:10	19:11	12 h, 1 min
	18	07:08	19:12	12 h, 4 min
	19	07:07	19:13	12 h, 6 min
	20	07:05	19:14	12 h, 9 min
	21	07:03	19:15	12 h, 12 min
	22	07:02	19:16	12 h, 14 min
	23	07:00	19:17	12 h, 17 min
	24	06:59	19:18	12 h, 19 min
	25	06:57	19:19	12 h, 22 min
	26	06:55	19:20	12 h, 25 min
	27	06:54	19:21	12 h, 27 min
	28	06:52	19:22	12 h, 30 min
	29	06:50	19:23	12 h, 33 min
	30	06:49	19:24	12 h, 35 min
	31	06:48	20:24	12 h, 36 min
<b>Abril</b>	1	06:46	20:25	12 h, 39 min
	2	06:44	20:26	12 h, 42 min
	3	06:43	20:27	12 h, 44 min
	4	06:41	20:28	12 h, 47 min
	5	06:40	20:29	12 h, 49 min
	6	06:38	20:30	12 h, 52 min
	7	06:37	20:31	12 h, 54 min
	8	06:35	20:32	12 h, 57 min
	9	06:34	20:33	12 h, 59 min
	10	06:32	20:34	13 h, 2 min
	11	06:31	20:35	13 h, 4 min
	12	06:29	20:36	13 h, 7 min
	13	06:28	20:37	13 h, 9 min
	14	06:26	20:38	13 h, 12 min
	15	06:25	20:39	13 h, 14 min
	16	06:23	20:40	13 h, 17 min
	17	06:22	20:41	13 h, 19 min
	18	06:20	20:42	13 h, 22 min
	19	06:19	20:43	13 h, 24 min
	20	06:17	20:44	13 h, 27 min
	21	06:16	20:45	13 h, 29 min
	22	06:15	20:46	13 h, 31 min
	23	06:13	20:47	13 h, 34 min
	24	06:12	20:48	13 h, 36 min
	25	06:10	20:49	13 h, 39 min
	26	06:09	20:50	13 h, 41 min
	27	06:08	20:51	13 h, 43 min
	28	06:06	20:52	13 h, 46 min
	29	06:05	20:53	13 h, 48 min
	30	06:04	20:54	13 h, 50 min
<b>Mayo</b>	1	06:03	20:55	13 h, 52 min
	2	06:01	20:56	13 h, 55 min
	3	06:00	20:57	13 h, 57 min
	4	05:59	20:58	13 h, 59 min

	5	05:58	20:59	14 h, 1 min
	6	05:57	21:00	14 h, 3 min
	7	05:56	21:01	14 h, 5 min
	8	05:54	21:02	14 h, 8 min
	9	05:53	21:03	14 h, 10 min
	10	05:52	21:04	14 h, 12 min
	11	05:51	21:05	14 h, 14 min
	12	05:50	21:06	14 h, 16 min
	13	05:49	21:07	14 h, 18 min
	14	05:48	21:08	14 h, 20 min
	15	05:47	21:09	14 h, 22 min
	16	05:47	21:10	14 h, 23 min
	17	05:46	21:11	14 h, 25 min
	18	05:45	21:12	14 h, 27 min
	19	05:44	21:12	14 h, 28 min
	20	05:43	21:13	14 h, 30 min
	21	05:42	21:14	14 h, 32 min
	22	05:42	21:15	14 h, 33 min
	23	05:41	21:16	14 h, 35 min
	24	05:40	21:17	14 h, 37 min
	25	05:40	21:18	14 h, 38 min
	26	05:39	21:18	14 h, 39 min
	27	05:39	21:19	14 h, 40 min
	28	05:38	21:20	14 h, 42 min
	29	05:37	21:21	14 h, 44 min
	30	05:37	21:22	14 h, 45 min
	31	05:37	21:22	14 h, 45 min
<b>Junio</b>	1	05:36	21:23	14 h, 47 min
	2	05:36	21:24	14 h, 48 min
	3	05:35	21:24	14 h, 49 min
	4	05:35	21:25	14 h, 50 min
	5	05:35	21:26	14 h, 51 min
	6	05:34	21:26	14 h, 52 min
	7	05:34	21:27	14 h, 53 min
	8	05:34	21:27	14 h, 53 min
	9	05:34	21:28	14 h, 54 min
	10	05:34	21:28	14 h, 54 min
	11	05:34	21:29	14 h, 55 min
	12	05:34	21:29	14 h, 55 min
	13	05:34	21:30	14 h, 56 min
	14	05:34	21:30	14 h, 56 min
	15	05:34	21:31	14 h, 57 min
	16	05:34	21:31	14 h, 57 min
	17	05:34	21:31	14 h, 57 min
	18	05:34	21:32	14 h, 58 min
	19	05:34	21:32	14 h, 58 min
	20	05:34	21:32	14 h, 58 min
	21	05:34	21:32	14 h, 58 min
	22	05:35	21:33	14 h, 58 min
	23	05:35	21:33	14 h, 58 min
	24	05:35	21:33	14 h, 58 min
	25	05:35	21:33	14 h, 58 min
	26	05:36	21:33	14 h, 57 min
	27	05:36	21:33	14 h, 57 min
	28	05:37	21:33	14 h, 56 min
	29	05:37	21:33	14 h, 56 min
	30	05:37	21:33	14 h, 56 min
<b>Julio</b>	1	05:38	21:33	14 h, 55 min
	2	05:38	21:33	14 h, 55 min
	3	05:39	21:33	14 h, 54 min
	4	05:39	21:32	14 h, 53 min
	5	05:40	21:32	14 h, 52 min
	6	05:41	21:32	14 h, 51 min
	7	05:41	21:32	14 h, 51 min

	<b>8</b>	05:42	21:31	14 h, 49 min
	<b>9</b>	05:42	21:31	14 h, 49 min
	<b>10</b>	05:43	21:31	14 h, 48 min
	<b>11</b>	05:44	21:30	14 h, 46 min
	<b>12</b>	05:45	21:30	14 h, 45 min
	<b>13</b>	05:45	21:29	14 h, 44 min
	<b>14</b>	05:46	21:29	14 h, 43 min
	<b>15</b>	05:47	21:28	14 h, 41 min
	<b>16</b>	05:48	21:27	14 h, 39 min
	<b>17</b>	05:48	21:27	14 h, 39 min
	<b>18</b>	05:49	21:26	14 h, 37 min
	<b>19</b>	05:50	21:26	14 h, 36 min
	<b>20</b>	05:51	21:25	14 h, 34 min
	<b>21</b>	05:52	21:24	14 h, 32 min
	<b>22</b>	05:52	21:23	14 h, 31 min
	<b>23</b>	05:53	21:23	14 h, 30 min
	<b>24</b>	05:54	21:22	14 h, 28 min
	<b>25</b>	05:55	21:21	14 h, 26 min
	<b>26</b>	05:56	21:20	14 h, 24 min
	<b>27</b>	05:57	21:19	14 h, 22 min
	<b>28</b>	05:58	21:18	14 h, 20 min
	<b>29</b>	05:58	21:17	14 h, 19 min
	<b>30</b>	05:59	21:16	14 h, 17 min
	<b>31</b>	06:00	21:15	14 h, 15 min
<b>Agosto</b>	<b>1</b>	06:01	21:14	14 h, 13 min
	<b>2</b>	06:02	21:13	14 h, 11 min
	<b>3</b>	06:03	21:12	14 h, 9 min
	<b>4</b>	06:04	21:11	14 h, 7 min
	<b>5</b>	06:05	21:10	14 h, 5 min
	<b>6</b>	06:06	21:09	14 h, 3 min
	<b>7</b>	06:07	21:07	14 h, 0 min
	<b>8</b>	06:08	21:06	13 h, 58 min
	<b>9</b>	06:09	21:05	13 h, 56 min
	<b>10</b>	06:10	21:04	13 h, 54 min
	<b>11</b>	06:11	21:02	13 h, 51 min
	<b>12</b>	06:11	21:01	13 h, 50 min
	<b>13</b>	06:12	21:00	13 h, 48 min
	<b>14</b>	06:13	20:59	13 h, 46 min
	<b>15</b>	06:14	20:57	13 h, 43 min
	<b>16</b>	06:15	20:56	13 h, 41 min
	<b>17</b>	06:16	20:54	13 h, 38 min
	<b>18</b>	06:17	20:53	13 h, 36 min
	<b>19</b>	06:18	20:52	13 h, 34 min
	<b>20</b>	06:19	20:50	13 h, 31 min
	<b>21</b>	06:20	20:49	13 h, 29 min
	<b>22</b>	06:21	20:47	13 h, 26 min
	<b>23</b>	06:22	20:46	13 h, 24 min
	<b>24</b>	06:23	20:44	13 h, 21 min
	<b>25</b>	06:24	20:43	13 h, 19 min
	<b>26</b>	06:25	20:41	13 h, 16 min
	<b>27</b>	06:25	20:40	13 h, 15 min
	<b>28</b>	06:26	20:38	13 h, 12 min
	<b>29</b>	06:27	20:37	13 h, 10 min
	<b>30</b>	06:28	20:35	13 h, 7 min
	<b>31</b>	06:29	20:34	13 h, 5 min
<b>Septiembre</b>	<b>1</b>	06:30	20:32	13 h, 2 min
	<b>2</b>	06:31	20:31	13 h, 0 min
	<b>3</b>	06:32	20:29	12 h, 57 min
	<b>4</b>	06:33	20:27	12 h, 54 min
	<b>5</b>	06:34	20:26	12 h, 52 min
	<b>6</b>	06:35	20:24	12 h, 49 min
	<b>7</b>	06:36	20:23	12 h, 47 min
	<b>8</b>	06:37	20:21	12 h, 44 min
	<b>9</b>	06:37	20:19	12 h, 42 min

	<b>10</b>	06:38	20:18	12 h, 40 min
	<b>11</b>	06:39	20:16	12 h, 37 min
	<b>12</b>	06:40	20:15	12 h, 35 min
	<b>13</b>	06:41	20:13	12 h, 32 min
	<b>14</b>	06:42	20:11	12 h, 29 min
	<b>15</b>	06:43	20:10	12 h, 27 min
	<b>16</b>	06:44	20:08	12 h, 24 min
	<b>17</b>	06:45	20:07	12 h, 22 min
	<b>18</b>	06:46	20:05	12 h, 19 min
	<b>19</b>	06:47	20:03	12 h, 16 min
	<b>20</b>	06:48	20:02	12 h, 14 min
	<b>21</b>	06:48	20:00	12 h, 12 min
	<b>22</b>	06:49	19:59	12 h, 10 min
	<b>23</b>	06:50	19:57	12 h, 7 min
	<b>24</b>	06:51	19:55	12 h, 4 min
	<b>25</b>	06:52	19:54	12 h, 2 min
	<b>26</b>	06:53	19:52	11 h, 59 min
	<b>27</b>	06:54	19:51	11 h, 57 min
	<b>28</b>	06:55	19:49	11 h, 54 min
	<b>29</b>	06:56	19:47	11 h, 51 min
	<b>30</b>	06:57	19:46	11 h, 49 min
<b>Octubre</b>	<b>1</b>	06:58	19:44	11 h, 46 min
	<b>2</b>	06:59	19:43	11 h, 44 min
	<b>3</b>	07:00	19:41	11 h, 41 min
	<b>4</b>	07:01	19:39	11 h, 38 min
	<b>5</b>	07:01	19:38	11 h, 37 min
	<b>6</b>	07:02	19:36	11 h, 34 min
	<b>7</b>	07:03	19:35	11 h, 32 min
	<b>8</b>	07:04	19:33	11 h, 29 min
	<b>9</b>	07:05	19:32	11 h, 27 min
	<b>10</b>	07:06	19:30	11 h, 24 min
	<b>11</b>	07:07	19:29	11 h, 22 min
	<b>12</b>	07:08	19:27	11 h, 19 min
	<b>13</b>	07:09	19:26	11 h, 17 min
	<b>14</b>	07:10	19:24	11 h, 14 min
	<b>15</b>	07:11	19:23	11 h, 12 min
	<b>16</b>	07:12	19:21	11 h, 9 min
	<b>17</b>	07:13	19:20	11 h, 7 min
	<b>18</b>	07:14	19:18	11 h, 4 min
	<b>19</b>	07:15	19:17	11 h, 2 min
	<b>20</b>	07:16	19:15	10 h, 59 min
	<b>21</b>	07:18	19:14	10 h, 56 min
	<b>22</b>	07:19	19:13	10 h, 54 min
	<b>23</b>	07:20	19:11	10 h, 51 min
	<b>24</b>	07:21	19:10	10 h, 49 min
	<b>25</b>	07:22	19:09	10 h, 47 min
	<b>26</b>	07:23	19:07	10 h, 44 min
	<b>27</b>	07:24	18:06	10 h, 42 min
	<b>28</b>	07:26	18:05	10 h, 39 min
	<b>29</b>	07:27	18:03	10 h, 36 min
	<b>30</b>	07:28	18:02	10 h, 34 min
	<b>31</b>	07:29	18:01	10 h, 32 min
<b>Noviembre</b>	<b>1</b>	07:30	18:00	10 h, 30 min
	<b>2</b>	07:31	17:59	10 h, 28 min
	<b>3</b>	07:32	17:58	10 h, 26 min
	<b>4</b>	07:33	17:57	10 h, 24 min
	<b>5</b>	07:34	17:56	10 h, 22 min
	<b>6</b>	07:36	17:55	10 h, 19 min
	<b>7</b>	07:37	17:54	10 h, 17 min
	<b>8</b>	07:38	17:53	10 h, 15 min
	<b>9</b>	07:39	17:52	10 h, 13 min
	<b>10</b>	07:40	17:51	10 h, 11 min
	<b>11</b>	07:41	17:50	10 h, 9 min

	<b>12</b>	07:42	17:49	10 h, 7 min
	<b>13</b>	07:44	17:48	10 h, 4 min
	<b>14</b>	07:45	17:47	10 h, 2 min
	<b>15</b>	07:46	17:47	10 h, 1 min
	<b>16</b>	07:47	17:46	9 h, 59 min
	<b>17</b>	07:48	17:45	9 h, 57 min
	<b>18</b>	07:49	17:44	9 h, 55 min
	<b>19</b>	07:50	17:44	9 h, 54 min
	<b>20</b>	07:51	17:43	9 h, 52 min
	<b>21</b>	07:52	17:43	9 h, 51 min
	<b>22</b>	07:53	17:42	9 h, 49 min
	<b>23</b>	07:55	17:41	9 h, 46 min
	<b>24</b>	07:56	17:41	9 h, 45 min
	<b>25</b>	07:57	17:41	9 h, 44 min
	<b>26</b>	07:58	17:40	9 h, 42 min
	<b>27</b>	07:59	17:40	9 h, 41 min
	<b>28</b>	08:00	17:39	9 h, 39 min
	<b>29</b>	08:01	17:39	9 h, 38 min
	<b>30</b>	08:02	17:39	9 h, 37 min
<b>Diciembre</b>	<b>1</b>	08:03	17:39	9 h, 36 min
	<b>2</b>	08:04	17:38	9 h, 34 min
	<b>3</b>	08:05	17:38	9 h, 33 min
	<b>4</b>	08:06	17:38	9 h, 32 min
	<b>5</b>	08:06	17:38	9 h, 32 min
	<b>6</b>	08:07	17:38	9 h, 31 min
	<b>7</b>	08:08	17:38	9 h, 30 min
	<b>8</b>	08:09	17:38	9 h, 29 min
	<b>9</b>	08:10	17:38	9 h, 28 min
	<b>10</b>	08:11	17:38	9 h, 27 min
	<b>11</b>	08:12	17:38	9 h, 26 min
	<b>12</b>	08:12	17:38	9 h, 26 min
	<b>13</b>	08:13	17:39	9 h, 26 min
	<b>14</b>	08:14	17:39	9 h, 25 min
	<b>15</b>	08:14	17:39	9 h, 25 min
	<b>16</b>	08:15	17:39	9 h, 24 min
	<b>17</b>	08:16	17:40	9 h, 24 min
	<b>18</b>	08:16	17:40	9 h, 24 min
	<b>19</b>	08:17	17:40	9 h, 23 min
	<b>20</b>	08:18	17:41	9 h, 23 min
	<b>21</b>	08:18	17:41	9 h, 23 min
	<b>22</b>	08:19	17:42	9 h, 23 min
	<b>23</b>	08:19	17:42	9 h, 23 min
	<b>24</b>	08:19	17:43	9 h, 24 min
	<b>25</b>	08:20	17:44	9 h, 24 min
	<b>26</b>	08:20	17:44	9 h, 24 min
	<b>27</b>	08:20	17:45	9 h, 25 min
	<b>28</b>	08:21	17:46	9 h, 25 min
	<b>29</b>	08:21	17:46	9 h, 25 min
	<b>30</b>	08:21	17:47	9 h, 26 min
	<b>31</b>	08:21	17:48	9 h, 27 min

# **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradecer a mi familia por el apoyo en todo este tiempo, Ricardo Navarro por su tiempo y conocimiento desde el principio hasta el fin, Rafael Masot por su ayuda y disponibilidad a lo largo de todo el proyecto, Maria Ferrer por su comprensión al inicio y durante el trabajo.