

# **MEMORIA**

## **Control de Movimiento** **para Luminarias de** **Invernadero**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA  
TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA**



Franceschini Mincholé, Marcos  
Director: José María López Pérez  
Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial



<b>1. Enunciado del proyecto</b>	<b>4</b>
<b>2. Alcance del proyecto</b>	<b>6</b>
<b>3. Antecedentes</b>	<b>7</b>
<b>4. La luminaria basculante para invernaderos: Beamflicker</b>	<b>15</b>
<b>5. Inconvenientes del Beamflicker</b>	<b>17</b>
<b>5.1. Motor</b>	<b>17</b>
<b>5.2. Transmisión</b>	<b>17</b>
<b>5.3. Control de ángulos de exposición</b>	<b>17</b>
<b>5.4. Independencia de la luminaria con respecto al conjunto</b>	<b>18</b>
<b>6. Posibles soluciones al problema</b>	<b>19</b>
<b>6.1. Propuestas generales</b>	<b>19</b>
6.1.1. Reflector con control independiente	19
6.1.2. Reflector esclavo controlado desde centralita	19
<b>6.2. Opciones de diseño referentes a la solución escogida</b>	<b>20</b>
<b>6.2.1. Centralita</b>	<b>20</b>
6.2.1.1. Visualización	20
6.2.1.2. Mando	22
6.2.1.3. Microcontrolador	22
6.2.1.4. Gestión del teclado	22
6.2.1.5. Gestión de los visualizadores	23
6.2.1.6. Comunicación entre centralita y luminaria	24
<b>6.2.2. Módulo de la luminaria</b>	<b>25</b>
6.2.2.1. Microcontrolador	25
6.2.2.2. Driver del motor	25
6.2.2.3. Motor	26
6.2.2.4. Sensado de la posición del eje rotórico	27
<b>7. Solución escogida del problema planteado</b>	<b>29</b>
<b>7.1. Centralita: Módulo maestro</b>	<b>31</b>
7.1.1. Diagrama de funcionamiento	31
7.1.2. Diagramas electrónicos	32
7.1.3. Microcontrolador	33
7.1.4. Sistema de visualización	35
7.1.5. Gestión del teclado matricial	38
7.1.6. Transmisión en serie de la información	41
<b>7.2. Luminaria: Módulo esclavo</b>	<b>45</b>
7.2.1. Diagrama de funcionamiento	45
7.2.2. Diagramas electrónicos	46
7.2.3. Microcontrolador	47
7.2.4. Driver del motor	51
7.2.5. Recepción de los datos en serie	52
7.2.6. Motor de pasos	53
7.2.7. Sensor de posición	60

<b>7.3. Alimentación del sistema</b>	<b>62</b>
7.3.1. Diagramas electrónicos	62
7.3.2. Descripción de los componentes utilizados	63
<b>8. Diagramas de flujo de los programas</b>	<b>66</b>
<b>9. Cálculos justificativos</b>	<b>68</b>
9.1. Fuente de alimentación	68
9.2. Centralita	71
9.3. Modulo de la luminaria	72
<b>10. Descripción general del sistema</b>	<b>74</b>
<b>11. Conclusiones finales</b>	<b>76</b>
<b>12. Bibliografía</b>	<b>78</b>
<b>13. Fecha y firma</b>	<b>80</b>

## 1. Enunciado del proyecto

Se pretende mejorar el diseño y funcionamiento de una luminaria basculante para invernaderos. Estas luminarias se usan para dar aporte de luz a las plantas durante los meses en los que el día es más corto. La finalidad de la luminaria basculante es minimizar el número de fuentes emisoras de luz dentro del invernadero con el fin de producir un ahorro energético. Esto se consigue a través de un reflector en movimiento que amplía la superficie lumínica.

Las necesidades con respecto al movimiento de la luminaria son las siguientes:

- Control del ángulo de giro del reflector. Este ángulo tendrá un rango determinado y será definible desde la zona de mando.
- Control de los tiempos de exposición. Los tiempos de exposición lumínica a los que se verá sometido el cultivo.
- La configuración y los modos de operación serán configurables desde el cuadro de mando.
- El modo de trabajo dependerá de la potencia de la lámpara de luminaria, del tipo de cultivo y de la altura en la que esté situado la luminaria.

El modo de trabajo dependerá de la potencia de la lámpara de luminaria, del tipo de cultivo y de la altura en la que esté situada la luminaria.

En la tabla 1 se presentan los diferentes modos de trabajo deseados.



POTENCIA	400	600	1000
ALTURA 1	D	H	L
ALTURA 2	C	G	K
ALTURA 3	B	F	J
ALTURA 4	A	E	I

Tabla 1. Distancia entre cultivo y luminaria/ potencia de la lámpara.

Combinando las variables de distancia entre cultivo y luminaria y potencia de la lámpara (Tabla 1), se obtiene una referencia en forma de letra (Tabla 2). Esa letra hará referencia al modo de trabajo.

## 2. Alcance del proyecto.

Este proyecto se ha realizado en colaboración con un estudiante de Ingeniería técnica en diseño industrial por lo que es necesario delimitar el alcance de las tareas encomendadas a cada integrante del proyecto.

El estudiante de ingeniería de diseño se ha encargado de mejorar el diseño externo de la máquina. También ha realizado un estudio y simulación de eficiencia lumínica para determinar el tiempo de exposición según el ángulo de incidencia de la luz sobre el cultivo. Habiendo realizado un estudio mecánico de su producto, determinó el par necesario para que el motor pudiera bascular el reflector sin dificultad.

En base a los resultados obtenidos en la anterior parte del proyecto se encargó el diseño del control electrónico del movimiento del reflector. Se exige al diseño que, según las características del cultivo, el operario pueda seleccionar entre diferentes modos de operación a través de un interfaz en el dispositivo.

Los modos de operación son el resultado del estudio de eficiencia lumínica realizado y se plasmarán en una tabla de ángulos y tiempos de exposición. Esta tabla se reflejará en el comportamiento de la luminaria oscilante.

### 3. Antecedentes.

Un **invernadero** (o **invernáculo**) es una construcción de vidrio o plástico en la que se cultivan plantas, a mayor temperatura que en el exterior.

El invernadero aprovecha la radiación lumínica producida por el sol, que al atravesar el material translúcido calienta el interior. A su vez el suelo y los objetos calentados del interior emiten radiación infrarroja de una longitud de onda mayor que la solar, radiación que no puede atravesar el material translúcido quedando atrapados y produciendo el calentamiento extra buscado con estas construcciones. (fig.1).

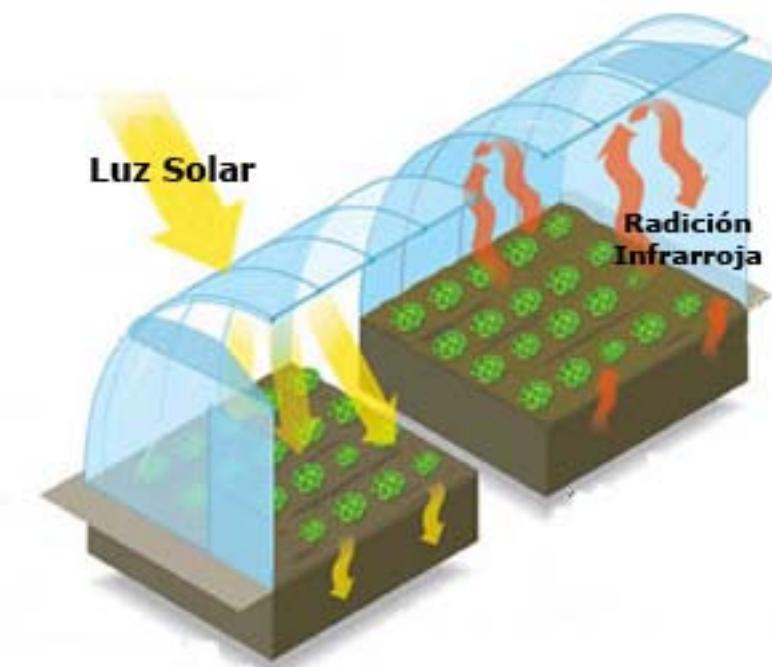


Fig. 1 Recreación grafica del flujo de la radiación lumínica en un invernadero

Con las luminarias para invernadero se busca:

- Proporcionar energía estable de luz útil.
- Extensión del día, aumentando el fotoperiodo.
- Reducir tiempo de producción.
- Reducir costes.
- Incremento de la calidad y cantidad de la cosecha.
- Añadir una nueva fuente de calor al ecosistema.

En el mercado actual coexisten diferentes tipos de luminaria que responden a las necesidades del cultivo y su elección depende de variables como la ubicación geográfica de la explotación y el espacio disponible. Algunos diseños contra los que nuestra luminaria deberá competir se exponen a continuación:

## **GREENMASTER**

El “Greenmaster” tiene un diseño tradicional. Es fácil modificar su distribución lumínica cambiando el reflector. La estructura está compuesta por perfil de aluminio extrusionado. Las terminaciones están fabricadas de acero galvanizado. El reflector está hecho del mejor aluminio posible, el Miro 9. El material está anodizado y extrusionado para proporcionar una excelente eficacia y la mejor resistencia contra la suciedad.





Fig. 2 Luminaria comercial Greenmaster

## DAYSTAR

La emisión de calor por parte de una fuente de luz, suele en muchas circunstancias ser un problema. Controlar y reducir dicha emisión de calor es una de las cualidades destacadas de la Daystar.

- Mayor rango de cultivo mínimo 2 metros cuadrados.
- Cristal protector tipo PIREX.
- Formato rectangular, mayor eficacia lumínica.
- Excelente solución para áreas de cultivo de alta temperatura.



Fig. 3 Luminaria Daystar

## BUTTERFLY

BUTTERFLY garantiza una distribución homogénea de luz en áreas extensas. Los reflectores de cabecera dirigen la cantidad máxima de luz sobre las plantas.

Gracias a las perforaciones de los inferiores, la luz es dirigida directamente sobre las plantas situadas debajo de la luminaria, mientras que la luz reflejada sobre los reflectores laterales garantiza que toda la luz sea dirigida sobre las plantas periféricas. La carcasa de aluminio extrusionado sirve como contrapeso para el sistema de reflectores brindándole a la luminaria una posición estable en suspensión.



Fig. 4 Luminaria Butterfly

## SOLUX IP67

Solución específica para semilleros bajo luz artificial, antes de ser trasplantados al exterior, o para producción exclusivamente en interior. Grado de estanqueidad IP 67, con todas las variedades de lámparas fluorescentes adecuadas para dicha aplicación. El equipamiento de las luminarias requiere una selección de balastos en relación con la cantidad de horas de trabajo de dichas luminarias.



Fig. 5 Solux IP67

Otra variable a tener en cuenta en el uso de una luminaria es la lámpara, ya que su potencia y el espectro lumínico que su iluminación abarque. El espectro lumínico útil llamado PAR (Photosynthesis Active Radiation) se encuentra entre los 400 y 700 nanómetros, y según el cultivo y la fase en que este se encuentre (floración, enraizamiento, etc.), hará que la longitud de onda necesaria para estimular a la planta varíe.

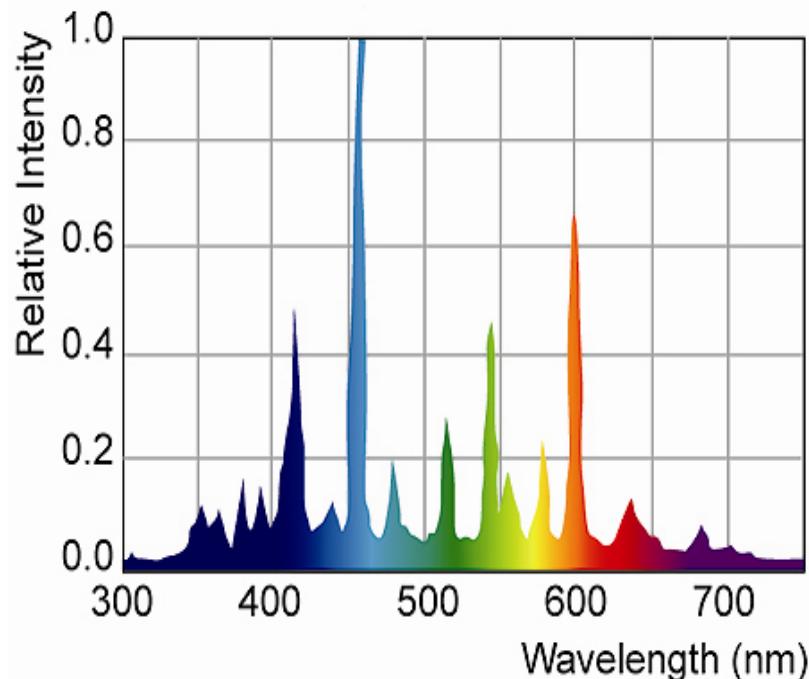


Fig. 6 Espectro de radiación activa de fotosíntesis.

Como se observa en la figura 6, la intensidad relativa del espectro lumínico varía según la longitud de onda y aunque sería deseable que la planta absorbiera todas las longitudes de onda por igual, no es el caso y la longitud más aprovechada se encuentra en torno a los 675 nanómetros. Por lo tanto lo que se busca con las lámparas es aprovechar estas longitudes al máximo.

Las lámparas usadas suelen ser lámparas de sodio de alta presión, y sus valores en potencia 400 y 600 W. Estas **lámparas de vapor de**

**sodio** son una de las fuentes de iluminación más eficientes, ya que generan mayor flujo luminoso por W de consumo. El color de la luz que producen es amarilla brillante. Se dividen en dos tipos:

- Vapor de sodio a baja presión: es la que genera mayor número de lm(lúmenes)/W, y es la más usada para lámparas solares. Negativamente la reproducción de colores proporcionada es muy pobre.
- Vapor de sodio de alta presión: Es una de las más usadas en alumbrado público de calles ya que tienen un alto rendimiento y una mejor reproducción cromática. Estas son las usadas en horticultura debido a que actúan en la gama deseada.

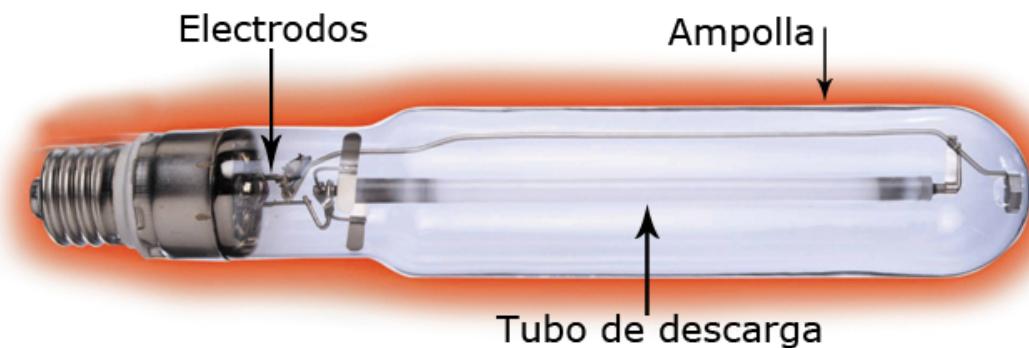


Fig. 7 Lámpara de vapor de sodio (alta presión).

El foco de vapor de sodio está compuesto por un tubo de descarga de cerámica translúcida con el fin de soportar la alta corrosión producida por el sodio y las altas temperaturas de trabajo; en su interior hay una mezcla de sodio, mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que ayuda a reducir el tiempo de arranque y las perdidas térmicas.

En sus extremos se sitúan dos electrodos por donde se les suministra la tensión. (Fig. 7).



Fig. 8 Balance energético de la lámpara de sodio a alta presión.

Para operar estas lámparas se usará un balasto y condensadores de para el arranque. Para su encendido completo serán necesarios entre 9-10 minutos y en caso de reencendido 4-5 minutos. El tiempo de vida de estas lámparas es un importante factor económico y cumplen ya que su duración se estima en alrededor de 20.000 h.

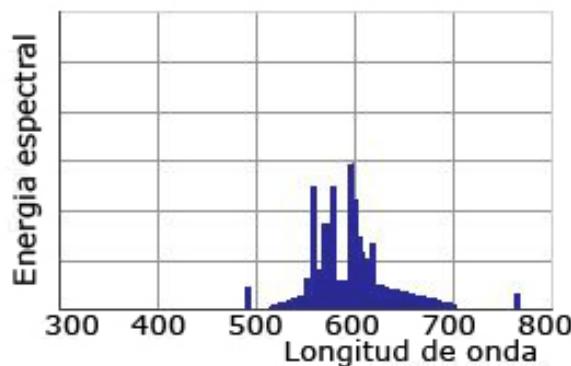


Fig. 9 Espectro lumínico de la lámpara de sodio de alta presión.

En la figura 9, correspondiente con el espectro lumínico de la lámpara de sodio de alta presión, se observan las longitudes que estas lámparas abarcan y la concordancia con las necesidades de la horticultura.

#### 4. La luminaria basculante para invernaderos: Beamflicker.

La luminaria sobre la que se ha desarrollado el control de posición y movimiento es la Beamflicker.



Fig. 10 Beamflicker Luminaria de reflector basculante.

- Esta luminaria es una solución específica para semilleros bajo luz artificial antes de ser trasplantados al exterior o para producción de interior. Algunas de sus características se exponen a continuación:
- Grado de estanqueidad IP 67.
- Posee reactancias de “baja pérdida” 13% de ahorro energético.
- Balastos electrónicos proporcionan una alta eficiencia energética.
- Posibilidad de utilizar reactancias electromagnéticas tradicionales que hacen la unidad más económica.
- Tipo de bombillas: Alta presión de Sodio.
- Alimentación: 230v 50hz
- Potencia de las lámparas: 400 W 3.8 A, 600 W 5.5 A.
- Medidas:
  - Alto: 600 mm.
  - Ancho: 450 mm.

Largo: 300 mm.

Peso: 6 Kg.

La característica diferenciadora con respecto a otras luminarias es la dotación de esta de un reflector oscilante que aumenta la superficie iluminada.

En la versión actual del Beamflicker un motor síncrono de corriente alterna ejerce la fuerza motriz necesaria para mover el conjunto reflector-lámpara. La transmisión del movimiento del motor se realiza por medio de una biela que también posibilita el cambio de sentido de giro.

El ángulo de acción abarcado por el Beamflicker viene determinado por un selector de cuatro posiciones situado en la última sección de la biela, adyacente a las ruedas dentadas de la reductora.

El movimiento lo realiza de manera continuada y no realiza paradas en ninguna posición concreta.

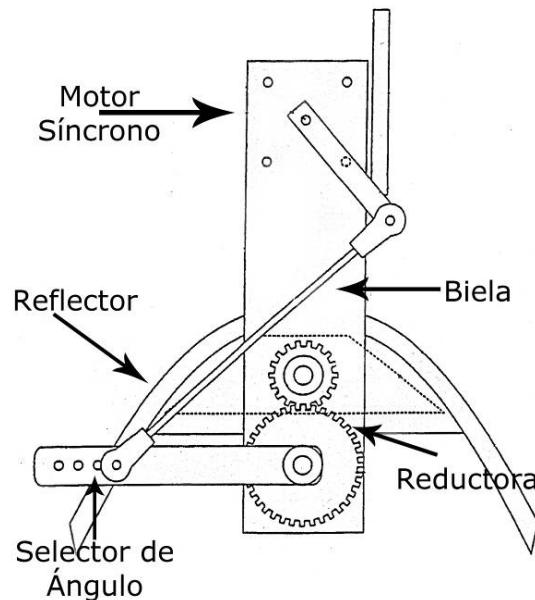


Fig. 11 Vista posterior del Beamflicker.

## 5. Inconvenientes del Beamflicker.

### 5.1. Motor

El motor utilizado es una buena solución ante el planteamiento actual del mecanismo, pero si se requiere un control electrónico no es la mejor solución ya que entre otras cosas no permitiría una posición sostenida en determinados ángulos y tendería a nivelar su posición.

### 5.2. Transmisión

La transmisión utilizada consiste en una biela, que además permite un cambio de sentido cuando ha girado hasta el ángulo establecido por medio del selector que se encuentra al final de la biela.

Es una solución demasiado mecánica, y los resultados que se obtienen son toscos, moviendo el reflector con continuos trompicones debido a las características de la biela. Por otro lado las posibilidades de selección de ángulo máximo de giro son muy limitadas. Tan sólo cuatro modos de operación posibles y que solamente difieren entre ellos en el ángulo máximo.

### 5.3. Control de ángulos y tiempos de exposición.

Otro punto a tener en cuenta es la imposibilidad de realizar paradas en determinadas posiciones. También es importante controlar el tiempo de esas paradas, porque según el ángulo con el que la luz incide sobre el cultivo la eficiencia energética de esta varía, siendo conveniente aumentar el tiempo de exposición conforme el ángulo se abre.



#### **5.4. Independencia de la luminaria con respecto al conjunto.**

Esta luminaria funciona como un ente independiente no perteneciente a un conjunto, concepto que difiere con la nueva filosofía que se busca con su rediseño.



## 6. Posibles soluciones del problema.

Ante las poco restrictivas características del proyecto se plantearon varias soluciones generales.

### 6.1. Propuestas generales.

#### 6.1.1. Reflector con control independiente.

Esta propuesta consiste en tratar cada reflector de manera independiente integrando en cada aparato todo lo necesario para el control del motor. De esta manera el interfaz humano-máquina vendría integrado en la luminaria, así como el sistema de control del motor.

Esta solución se desestimó porque cuando se requiriera poner en funcionamiento todas las luminarias, el operario tendría que ir una por una para activarlas y elegir el modo de operación, siendo esta tarea ardua debido al emplazamiento en altura de las luminarias. También se desestimó porque al incluir el interfaz en cada una de las luminarias los costes aumentarían.

Otro argumento en contra de este montaje:

Se decidió que todas y cada una de las luminarias funcionaran al unísono consiguiendo de esta manera que sus haces lumínicos no se solapen produciendo un aumento indeseado del flujo lumínico en determinadas zonas del cultivo de forma no controlada.

#### 6.1.2. Reflector esclavo controlado desde una centralita.

El concepto de este diseño se caracteriza por separar la parte del interfaz usuario de la electrónica de control del motor. De esta manera la interfaz estaría separada de la luminaria a modo de centralita desde donde dar órdenes de funcionamiento.

La primera opción derivada consistía en incluir una centralita por cada luminaria estando esta a la altura del operario, pero las características del entorno, la existencia de cultivo y la necesidad de un lugar donde asentarlo, no lo harían posible.

La segunda opción consiste en utilizar una centralita común a varias luminarias. Esta será la opción escogida finalmente.

## **6.2. Opciones de diseño referentes a la solución escogida.**

Habiendo elegido una distribución basada en centralita y luminaria como esclavo se presentan a continuación las posibles soluciones de diseño interno.

### **6.2.1. Centralita.**

#### **6.2.1.1. Visualización.**

La centralita como interfaz de usuario tendrá que estar dotarse de algún tipo de sistema de visualización. Las diferentes opciones que se barajaron fueron:

##### **6.2.1.1.1. Display LCD**

Los visualizadores LCD son muy habituales en sistemas electrónicos debido a su bajo consumo, reducido coste y variedad de tamaños y formatos disponibles. Presenta como inconveniente la no-generación de luz por el mismo y por lo tanto necesita de una fuente de iluminación externa que normalmente consume más que el LCD.

El LCD no se puede controlar directamente como periférico de salida de un microprocesador sino que necesita de un driver



específico para su control. En ocasiones, este tipo de driver se encuentra incorporado dentro del mismo LCD, denominado LCD híbrido, aunque en LCD para visualización de datos BCD estos drivers son externos y su control por parte del microcontrolador es más complejo al no disponer de las funciones características de los LCD híbridos. A estos drivers externos se les suele dotar de su propia PCB para posteriormente añadir el LCD encima de esta placa.

#### **6.2.1.1.2. LED**

Esta opción consiste en disponer en la carcasa de la centralita diodos LED que correspondan con opciones concretas. Es una solución bastante buena pero resulta un tanto aparatoso debido a la cantidad de modos de operación a los que debe trabajar el sistema lo que se traduciría en la necesidad de una carcasa bastante amplia para que cupieran todos y cada uno de los LED señalizadores.

#### **6.2.1.1.3. Visualizadores LED de siete segmentos**

Los visualizadores de siete segmentos, son una solución muy completa, simple y robusta. Una de sus principales características es que no necesitan de una fuente de iluminación externa para ser visibles, ya que su naturaleza LED proporciona la iluminación necesaria para ser visualizados convenientemente.

#### **6.2.1.1.4. Visualización en el propio mando**

Esta opción equivale a poner diferentes interruptores para las distintas opciones, cuando una de ellas está activada queda patente por la posición en la que se encuentra el interruptor.



#### 6.2.1.2. Mando

Para la comunicación usuario maquina solo se plantearon dos opciones, para las que se debía tener en cuenta el numero de modos totales de operación, modos de trabajo, etc.

La primera y desestimada consistía en combinar un selector rotativo de modo de trabajo y dos interruptores de apagado y reset.

La número dos y finalmente escogida consiste en un teclado matricial de 4x4.

#### 6.2.1.3. Microcontrolador

La elección del microcontrolador no planteo duda alguna y la elección recayó en el **MC9S08QG8** fabricado por **Freescale Semiconductor**. Se seleccionó por su versatilidad, por el conocimiento previo de su familia de microcontroladores y porque poseía todos los periféricos y puertos necesarios.

#### 6.2.1.4. Gestión del teclado

El teclado matricial de 16 teclas tiene 8 conexiones, la manera de explorar si una u otra tecla está pulsada consiste en enviar una señal entrante por cuatro de sus conexiones y detectar por cual de las cuatro conexiones restantes sale la señal.

Teniendo en cuenta la naturaleza del funcionamiento del teclado matricial para gestionar el funcionamiento del teclado con el microcontrolador se presentaban dos alternativas:

La primera de ellas **sin periférico** alguno consiste en cablear 8 puertos del microcontrolador a las ocho conexiones del teclado y



realizar barridos mandando una señal a este por cuatro puertos escaneando al mismo tiempo las cuatro salidas restantes del teclado. Si en alguna de los puertos que reciben estas cuatro salidas del teclado se detectara señal solo bastaría relacionar el puerto que ha mandado la señal con el que la ha recibido para conocer la tecla pulsada. Este método solamente tiene una faceta positiva y es la de ahorrar el coste de hardwares periféricos de gestión. La cara negativa es el uso de demasiados puertos de E/S y la programación más laboriosa, el programa ocupará más memoria y requerirá más ciclos de operación para su ejecución continuada.

La segunda alternativa requiere del uso de periféricos de gestión de teclado. **El 74C922** es una buena opción ya que por un bajo coste proporciona una serie de ventajas como son el ahorro de recursos de programa, menor uso de puertos del microcontrolador y la aparición de una salida de este gestor que indica cuando existe un nuevo dato proveniente del teclado. La señal de esta salida puede usarse para habilitar una interrupción o si no se usan interrupciones en el microcontrolador para facilitar el escaneo de la información proveniente del teclado.

#### 6.2.1.5. Gestión de los visualizadores

Los visualizadores LED son en realidad un conjunto de diodos LED posicionados de manera que se dibuja un dígito. Para activar un número lo que se hace es iluminar determinados LED que juntos forman la cifra.

Para visualizar dígitos en los visualizadores LED se pueden seguir dos vías:

Sin periféricos: Esta vía de diseño consiste en controlar cada una de las entradas del visualizador con un puerto del microcontrolador. De



esta manera se ahorran costes de hardware pero por otro lado se limitan las E/S disponibles del microcontrolador.

Con periféricos: Los conversores BCD a 7 segmentos son unos integrados codificadores del código BCD, siglas de Decimal Codificado en Binario, proveniente del microcontrolador en señales para el visualizador de 7 segmentos. Sus puntos fuertes son el ahorro de puertos usados en el microcontrolador y la simplicidad de mandar un código BCD de 4 bits a través de los puertos.

Para elegir conversor se ponderó entre el **74LS48** y el **MC14551**. Los dos funcionan de la misma manera y por disponibilidad se escogió el **74LS48**.

#### 6.2.1.6. Comunicación entre centralita y luminaria

Como se escogió el diseño basado en centralita y luminarias esclavas surge la duda de cómo realizar la comunicación entre ambas.

La posibilidad barajada de inicio es el cableado con el que transmitir los datos. Los datos a transmitir son únicamente un byte con el que se le indica a la luminaria cual es el modo en el cual debe trabajar. La comunicación se realizará utilizando el módulo serie **SCI** del microcontrolador y no será simétrica, existiendo comunicación únicamente en el sentido centralita-luminaria.

Otra posibilidad barajada ha sido la de la comunicación inalámbrica por radiofrecuencia. Este tipo de comunicación está en estudio y no se ha desestimado pues se están realizando pruebas.



### 6.2.2. Luminaria.

La electrónica que reside en la luminaria tendrá el principal cometido de recibir la información proveniente de la centralita y controlar el movimiento del motor en base a los datos recibidos desde esta.

#### 6.2.2.1. Microcontrolador.

El microcontrolador escogido es el mismo que el usado en la centralita, el **MC9S08QG8** de **Freescale Semiconductor**, por las mismas razones que en esta y por evitar problemas de compatibilidad.

#### 6.2.2.2. Driver del motor.

Para manejar el motor de pasos escogido será necesario un driver que proporcione la corriente necesaria para moverlo, ya que el microprocesador tiene muy limitada la corriente que puede proporcionar desde sus puertos, limitándose la corriente total que puede proporcionar a 120 mA y la máxima que puede proporcionar cada pin por separado a 25 mA.

El motor de pasos usado puede requerir un máximo de 0.5 A por bobina y como solamente habrá dos bobinas activas al mismo tiempo los requerimientos de corriente ascenderán a 1 A.

Los posibles drivers:

El **L293B** es un driver de 4 canales capaz de proporcionar una corriente de salida de hasta 1A por canal. Cada canal es controlado por señales de entrada compatibles TTL y cada pareja de canales dispone de una señal de habilitación que desconecta las salidas de los mismos. Dispone de una patilla para la alimentación de las cargas que se están

controlando, de forma que dicha alimentación es independiente de la lógica de control.

El **ULN2003AN** es un array de 7 u 8 transistores, según el fabricante, que proporcionan 0.5 A de corriente por cada uno de ellos. Es una solución simple, robusta y que se adecúa a las necesidades del proyecto.

Los **MPPC** son una familia de circuitos integrados controladores de motores unipolares de cuatro fases y bipolares de dos fases. El MPPC 001 controlará un motor paso a paso con solo dos o tres bits. Dos bits le permitirán controlar el sentido de giro y en que instante el motor debe avanzar un paso. Con el tercer bit podrá seleccionar entre precisión 1 paso o 1/2 paso. Todas sus entradas y salidas son TTL, con cual es óptimo para ser utilizado con microcontroladores.

El circuito integrado está preparado para recibir una señal digital de realimentación de límite de corriente de fase. Sus dos entradas para comparadores de le facilitaran implementar controles de corriente de fase por medio de interruptores. Las salidas tienen capacidad para entregar una corriente máxima de 100 mA, capaces de entregar corriente suficiente para la excitación de los transistores de potencia adecuados para las tensiones y corrientes de operación del motor paso a paso a controlar. El inconveniente de este driver es que hace un trabajo que el microcontrolador pude realizar por programa y además sigue requiriendo de un driver de potencia como los dos anteriormente indicados. La parte positiva es que facilitan el trabajo de control del microcontrolador.

#### 6.2.2.3. Motor.

Para seleccionar el motor se tuvieron en cuenta las características particulares de funcionamiento de la luminaria.



- El motor debía mover el reflector en trayectos de 7.5°.
- Debía ser capaz de moverse en ambos sentidos.
- La velocidad es un punto irrelevante.
- Tenía que ser capaz de quedarse enclavado en algunas posiciones un tiempo determinado.
- El motor ofrecería un par dinámico y estático suficiente para mover el reflector.

Se llegó a la conclusión de que el tipo de motor que mejor se adecuaba a estas condiciones era un motor de pasos o **Stepper**, motor muy utilizado en robótica.

#### 6.2.2.4. Sensado de la posición del eje rotórico.

Para tener un control apropiado de la posición del reflector es necesario recibir algún tipo de retroalimentación que nos indique cuál es su posición angular. Para solucionar el problema del feedback de posición las alternativas pasaban por intentar conocer en todo momento la posición del rotor o simplemente conocer una posición cero o de partida desde la cual mover el reflector.

Para controlar la posición en todo momento se podría utilizar un **encoder rotatorio**. Un encoder es un codificador rotatorio, también llamado codificador del eje, es un dispositivo electromecánico circular usado para realizar la conversión de la posición angular de un eje a un código digital, lo que lo convierte en una clase de transductor. Estos dispositivos se utilizan en robótica, en lentes fotográficas de última generación, en dispositivos de entrada de ordenador (tales como el ratón y el Trackball), y en plataformas de radar rotatorias. Hay dos tipos principales, absolutos y relativos y pueden estar basados en código binario simple o en código binario de Gray, con el que cada cambio de posición se codifica de manera que solo varía un bit del byte.



Esta solución, aunque muy buena, excede lo necesario, por lo que se desestima el uso de encoder.

Por otro lado también existía la posibilidad de escoger un sensado con el que únicamente se conozca el paso del reflector por una posición determinada. Para realizar este sensado se opta de inicio por utilizar un **fotoswitch**. El fotoswitch es en esencia un LED y un fototransistor. Estos se posicionarán enfrentados entre ellos por lo que el fototransistor recibirá de forma continua la señal luminosa proveniente del LED. Esta señal luminosa solo será interrumpida por un obstáculo que se interpondrá entre el LED y el fototransistor. En ese momento la señal de salida del fototransistor cambiará y el microcontrolador conocerá que se alcanzado la posición inicial. Esta solución tiene un inconveniente y ese inconveniente es la contaminación lumínica que puede causar la luminaria. Este hecho se comprobó en el laboratorio usando una fuente de iluminación de características similares a las de las lámparas de sodio.

La solución tomada finalmente es la de **combinar un imán con un sensor de efecto Hall**. El sensor se sirve del efecto Hall para la medición de campos magnéticos o corrientes o para la determinación de la posición. Cuando un imán adherido al eje del motor se enfrente con el sensor hall este mandará una señal al microcontrolador y se conocerá la posición del motor. El sensor usado para las pruebas funciona como un interruptor y ante cualquier variación del campo magnético, ya sea este norte o sur, cambia el estado de la salida.

Finalmente esta será la solución elegida pues en las pruebas realizadas los resultados han sido óptimos.



## 7. Solución escogida del problema planteado.

Se pretende implementar un sistema electrónico que dote a los Beamflicker de cierto grado de control sobre sus movimientos.

Basando el sistema en una relación maestro-esclavo, estableceremos contacto entre el maestro y los esclavos.

El módulo maestro corresponderá con una centralita desde la que el operario introducirá a través de un teclado el modo de operación al que los módulos esclavo deberán trabajar.

Esta centralita tendrá estas características:

- Interfaz humano máquina basado en teclado y visualizadores.
- Unidad central basada en microcontrolador.
- Montaje del equipo en cajetín plástico o metálico según necesidades del entorno dependiendo de las características de humedad (entre 40% y 60%) y temperatura del cultivo.
- Comunicación con los módulos esclavo a través de radiofrecuencia y cable.
- Diseño del equipo de acuerdo a las reglas de compatibilidad electromagnética.

El módulo esclavo se encargará de recibir las órdenes provenientes de la centralita y mover el motor de pasos en concordancia a su modo de trabajo.

- Receptor de radiofrecuencia FM y comunicación alámbrica.

- Sistema basado en microcontrolador.
- Driver para accionar el motor de pasos.
- Motor de pasos y reducción a convenir en base al peso y volumen del reflector de la luminaria.

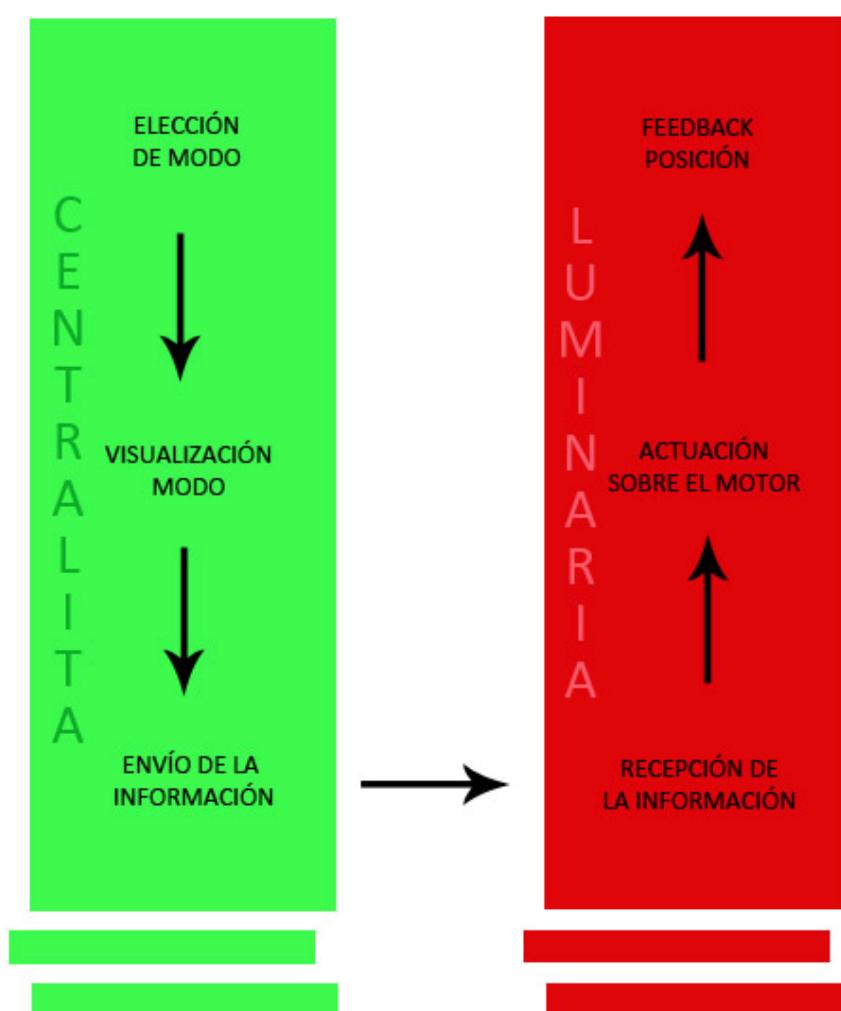


Fig. 12 Diagrama de funcionamiento general

## 7.1. Centralita. Módulo Maestro.

### 7.1.1. Diagrama de funcionamiento

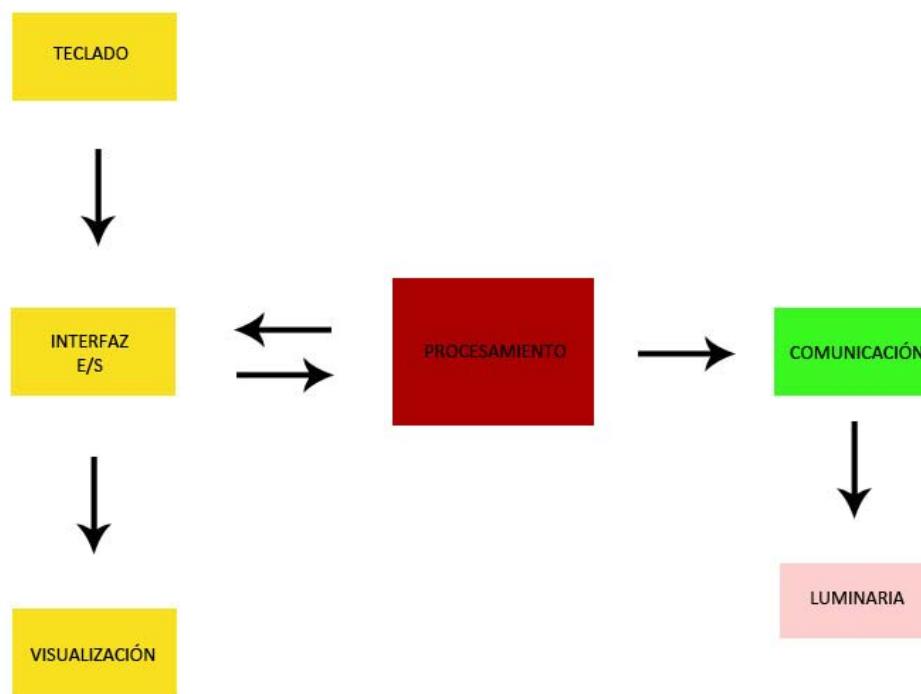


Fig. 13 Diagrama de funcionamiento Centralita

### 7.1.2. Diagramas electrónicos.

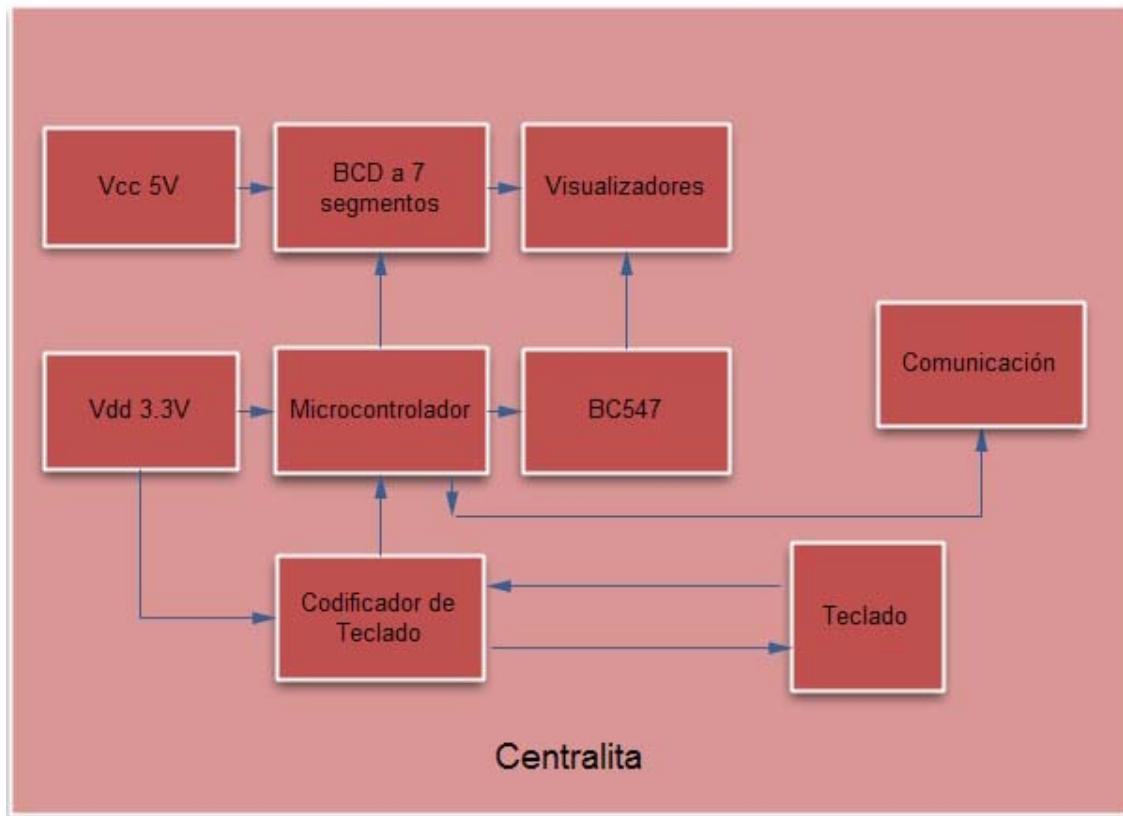


Fig. 14 Esquema funcional de Bloques de la Centralita

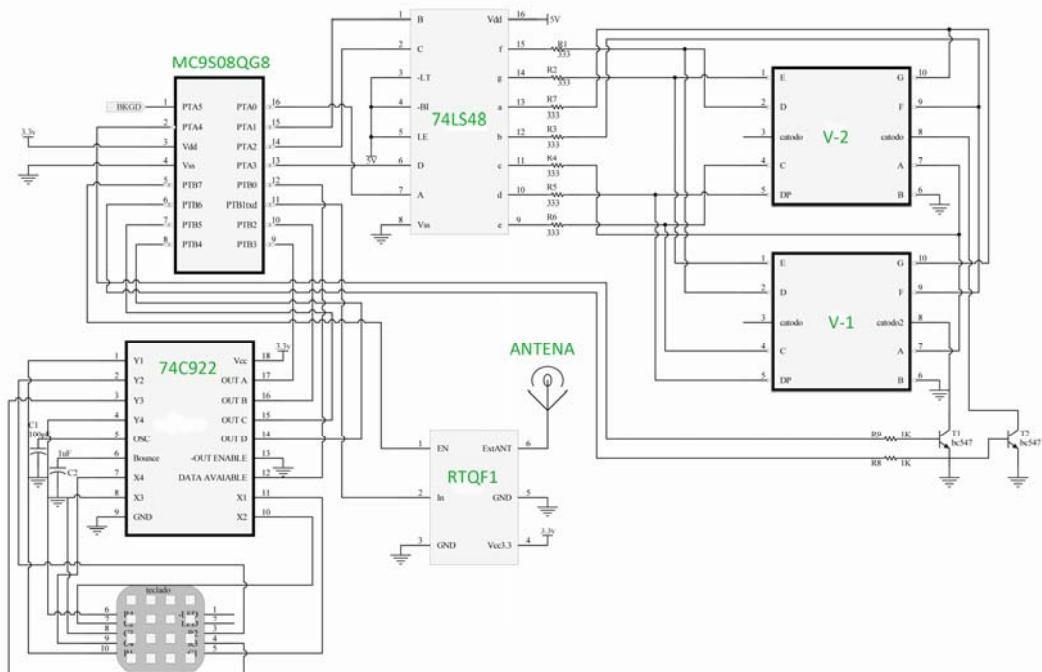


Fig. 15 Diagrama esquemático Centralita



### 7.1.3. Microcontrolador.

El microcontrolador es el núcleo central de este módulo. El microcontrolador escogido es el MC9S08QG8 de 8 bits, fabricado por la compañía Freescale, división de procesadores de Motorola.

El MC9S08QG8 es un microcontrolador muy versátil y a la vez sencillo en su aprendizaje, factor importante que ha influido en la toma de decisión de la elección. Integra en un solo chip un gran número de módulos con características especiales que hacen de este microcontrolador una buena solución para realizar aplicaciones de alta envergadura. Por otra parte su coste es inferior a 1 US\$, su tamaño es reducido (en nuestro caso un DIP16) y su consumo energético despreciable.

Sus características son:

- Está basado en el chip HCS08
- Opera hasta 20 MHz (su bus a 10 MHz) a tensiones superiores a 2.1 V, con ciclo de instrucción mínimo de 100ns y a una frecuencia de 16 MHz (bus a 8 MHz) a tensiones de alimentación inferiores a 2.1V.
- Memoria flash de 8 KB.
- Módulos de comunicación serie síncronos y asíncronos (SPI, IIC, SCI).
- Integración de un conversor analógico-digital de 8 canales y 10 bits de resolución que incluye un sensor de temperatura.
- Módulo comparador analógico (ACPM).
- Módulo temporizador/de gestión del consumo de dos canales (TPM).
- Módulo temporizador (MTIM) de 8 bits.
- Módulo de interrupciones por teclado (KeyBoard Interruptor, KBI) de 8 pines con polaridad seleccionable por software en modos flanco y flanco/nivel.
- Módulo fuente de reloj interno (Internal Clock Source, ICS) con un bucle sincronizado en frecuencia (Frequency Locked Loop, FLL).

- Oscilador externo que soporta fuentes de reloj externas.
- Funciones de protección del sistema como detección de baja tensión (LVD), control de encendido en el momento de reiniciar (POR) y un contador COP con oscilador independiente.
- Sistema de depuración no intensivo con emulación On Chip y en el circuito (ICE) con capturadora de buses en tiempo real.

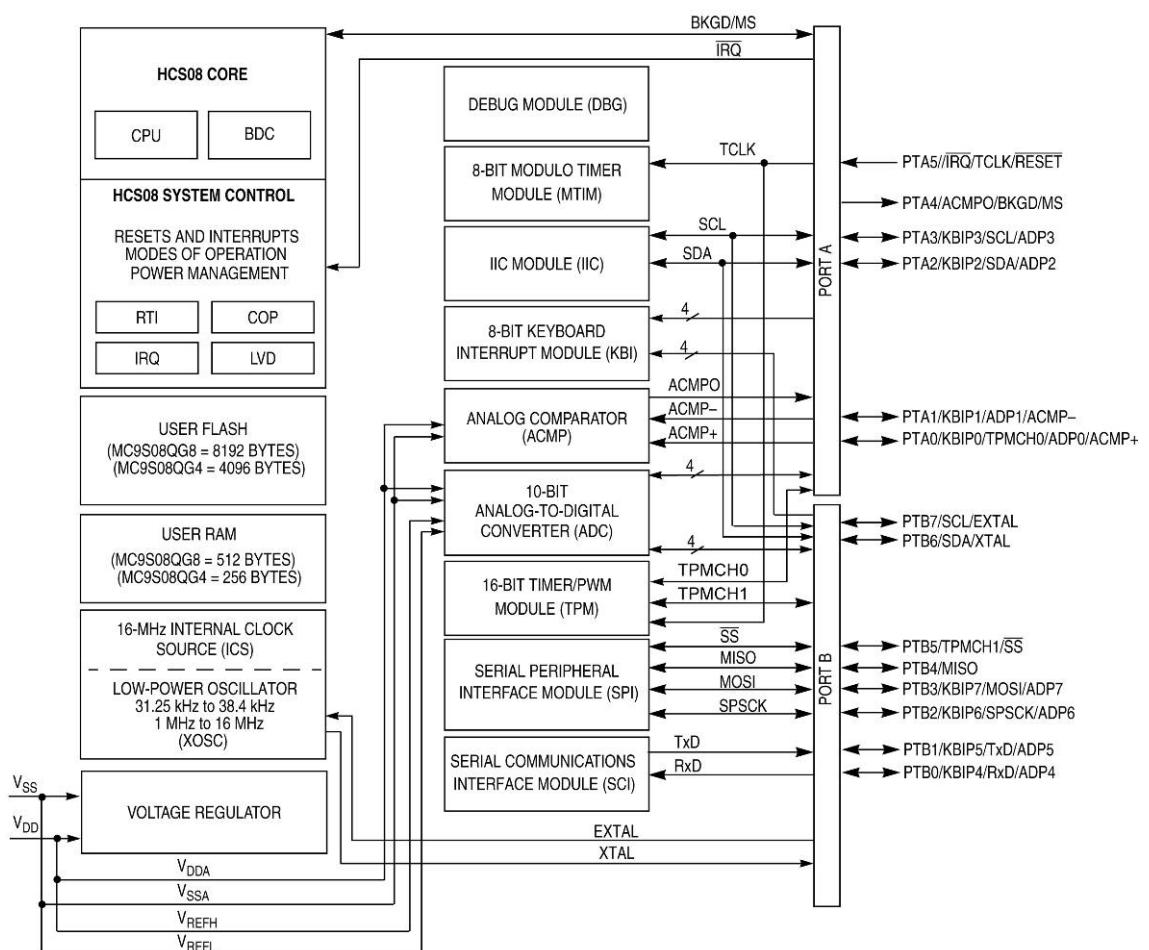


Fig. 16 Diagrama de bloques del MC9S08QG8

Existen diferentes tipos de empaquetados para el MC9S08QG8 desde SOIC/PDIP/DFN de 8 pines, los encapsulados de 16 pines como son el PDIP, TSSOP y el QFN, hasta un package de 24 pines.

Para nuestro sistema usaremos un PDIP 16-Pin (Fig.17).

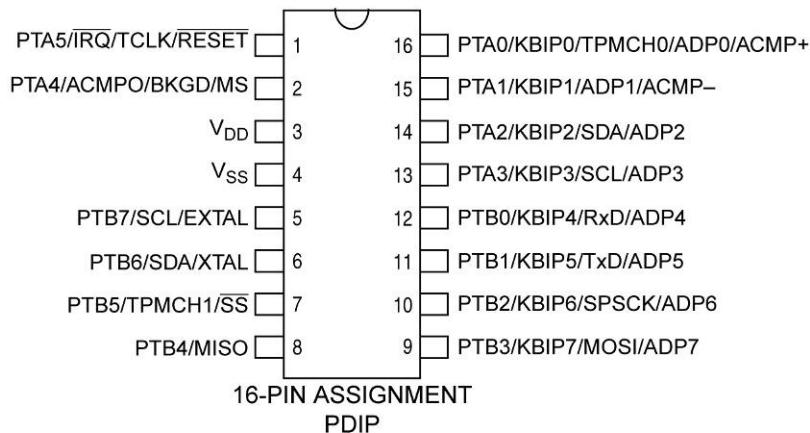


Fig. 17 Asignación de pines para el encapsulado PDIP de 16 pines.

#### 7.1.4. Sistema de visualización.

Utilizaremos dos visualizadores de 7 segmentos sin ningún tipo de iluminación auxiliar ya que estos ya emiten la luz necesaria y no es necesario añadir ningún componente externo que proporcione luz como ocurriría con una pantalla LCD (que no emite luz propia). Estos visualizadores utilizan tecnología LED, correspondiendo cada segmento con un diodo. El modelo de visualizador será el HDSP-N103 de Avago. Este visualizador de luz amarilla es muy versátil y se adapta a las características del montaje.

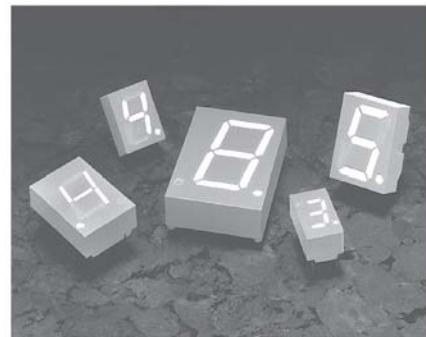


Fig. 18 HDSP-N103 de Avago

Para la visualización se utilizará la técnica de visualización dinámica. Esta técnica busca engañar al ojo humano muestreando una cifra en un visualizador y posteriormente otra cifra en el otro visualizador consiguiendo de esta manera que el observador no aprecie el periodo en el que el visualizador está apagado sin emitir luz. Con la visualización dinámica se busca limitar el uso de patillas del microcontrolador para realizar esta tarea. En nuestro caso solo utilizaríamos cuatro para mandar la cifra y otras dos que servirían como selectoras de visualizador.

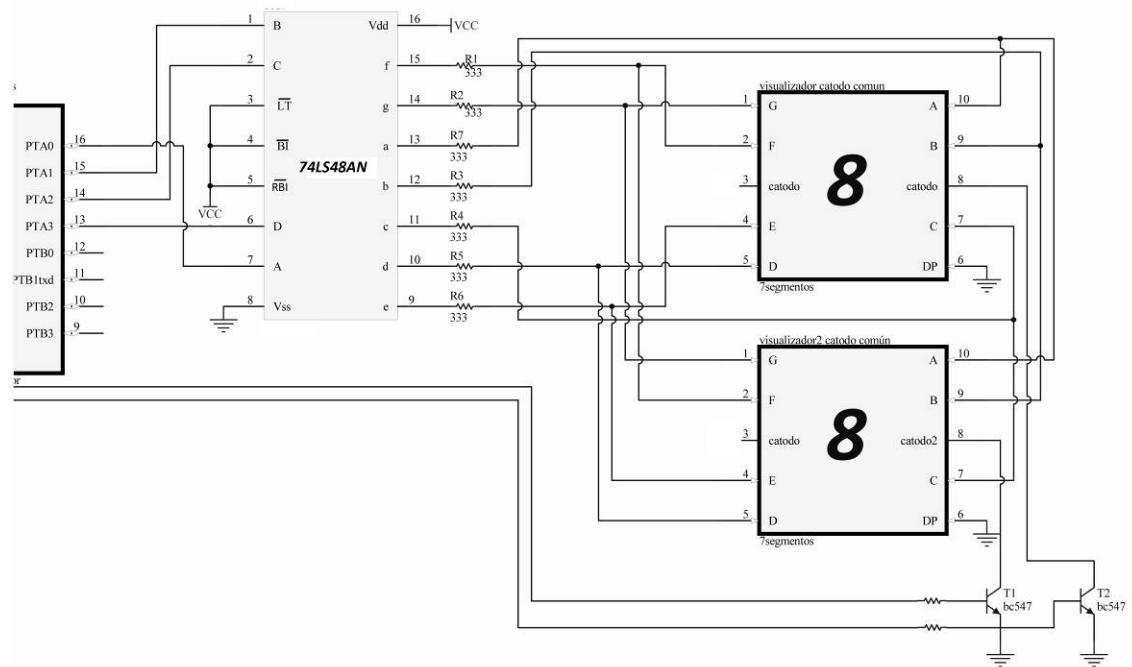


Fig. 19 Sistema de Visualización

El microprocesador enviará el dato BCD y un conversor se encargará de realizar la transformación del dato al patrón de LEDs encendidos y apagados que representaran la imagen del número correspondiente. En este caso se utilizará el conversor 74LS48AN fabricado por Texas Instruments.

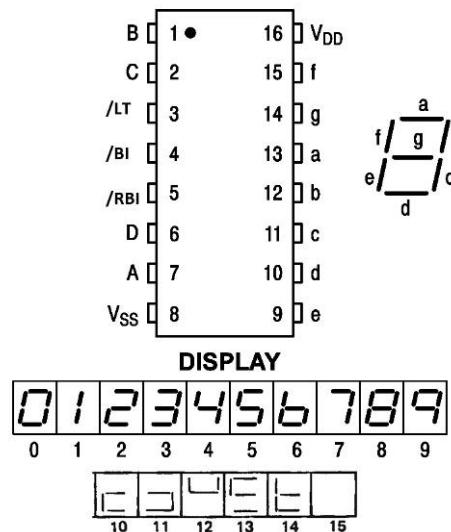


Fig. 20 Asignación de pines en el 74LS48AN

Los visualizadores de siete segmentos se dividen en dos grupos atendiendo al extremo en el que todos los LED se unen: cátodo común y ánodo común.

Cuando estos están unidos entre sí por el ánodo este se conecta a una mayor tensión que la existente en sus cátodos, lugar por donde los LED serán activados por el microprocesador o el conversor correspondiente.

Para resolver el problema se han escogido dos visualizadores de cátodo común. El conversor elegido activará los LED con niveles positivos iguales a los de su alimentación, que en este caso será +5V, y los cátodos

irán conectados a tierra.

Como queremos realizar visualización dinámica, entre el cátodo común de cada visualizador y tierra intercalaremos un transistor NPN que utilizaremos como interruptor. Se utilizará el NPN BC547 y en su base se colocará una resistencia que lo saturará. Estos interruptores serán excitados por medio de dos salidas del microcontrolador. De esta manera se multiplexará la información entre los dos visualizadores.



Fig. 21 BC547

#### 7.1.5. Gestión del teclado matricial

Para controlar a las luminarias desde la centralita, se emitirá una orden previamente dada a través de un teclado matricial.

El teclado matricial que usaremos es estándar, sin ningún tipo de particularidad. Dieciséis teclas y ocho salidas. Esas ocho salidas corresponden a las cuatro columnas y cuatro filas de teclas.

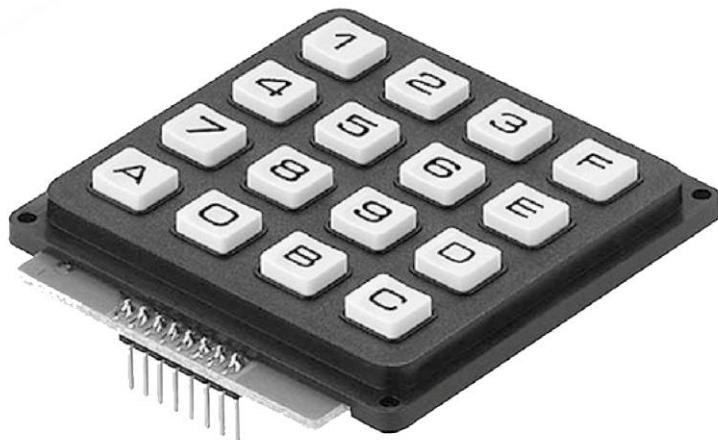


Fig. 22 Teclado Matricial de 16 teclas.

Para su gestión se podría recurrir únicamente al microcontrolador, pero sería negativo, ya que se utilizarían recursos del microcontrolador en exceso. Para solucionar este problema se utilizará un módulo codificador de teclado que convertirá la información de las ocho salidas del teclado en medio Byte.

El codificador de teclado utilizado será un MM74C922N 16-Key encoder, fabricado por National Semiconductor. Su encapsulado es Dual in Line Package de 20 pines.

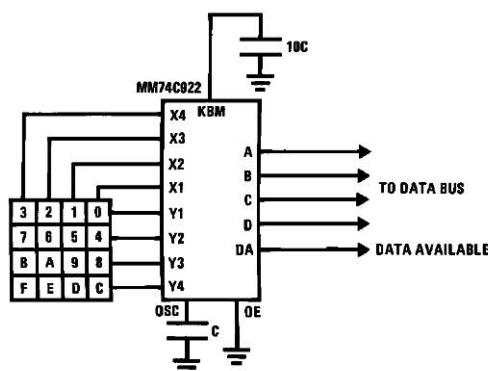


Fig. 23 Codificación de teclado con el MM74C922

Este codificador (Fig. 23) gestiona por exploración el teclado matricial de 16 teclas, a la frecuencia que marca el condensador conectado a su entrada OSC. Este condensador será de 100 pF y proporciona un periodo de trabajo de 1.66 MHz y además filtrará los rebotes creados por el condensador conectado a la patilla KBM. El condensador de la patilla Key Bounce Mask será de 1 uF y su periodo se corresponde con 10 ms.

La línea /OE se mantendrá siempre a 0, conectando a masa, así se consigue que el codificador este siempre habilitado. De esta manera, el codificador cuando detecte que una tecla ha sido pulsada presentará el valor binario de la tecla en sus salidas A, B, C, D y activando su salida DA (Data Available) mientras la tecla este pulsada.

Este gestor de teclado tiene la cualidad de discriminar el error producido si se pulsan dos teclas, dándole prioridad a la que primero se pulsa.

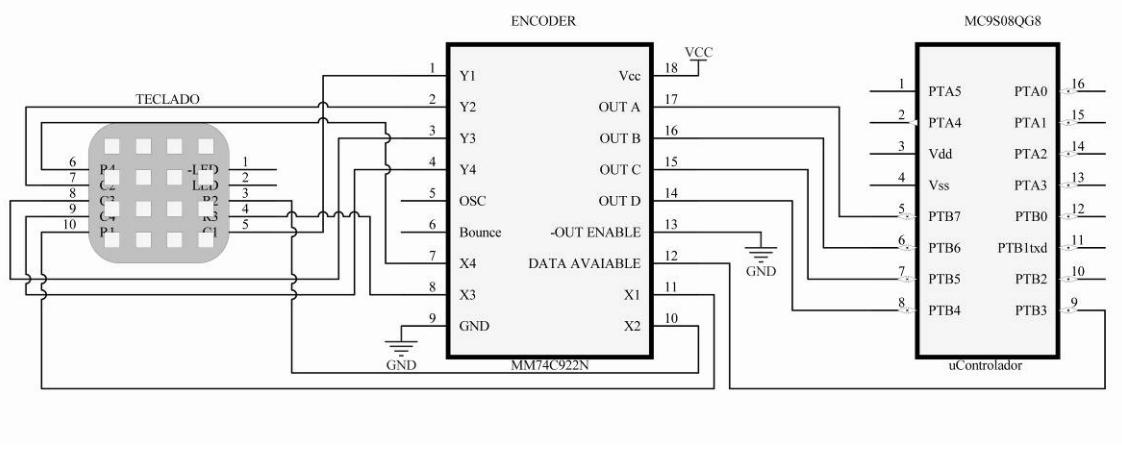


Fig. 24 Gestión de Teclado

El microcontrolador detectará el cambio producido en su puerto correspondiente a la salida DATA AVAILABLE y a continuación leerá la información proveniente de las salidas del decodificador de teclado. Una vez capturada esta información la procesará, ordenando su visualización en los displays y enviando la orden conveniente a los esclavos.

### 7.1.6. Transmisión en serie de la información

El módulo maestro o centralita tiene la exigencia de actuar como interfaz del humano con el sistema maestro-esclavo de control de luminarias. Además de poder dar órdenes al sistema la centralita tendrá que mandar estos datos a los esclavos. Las dos opciones deseables, comunicación inalámbrica y cableada presentan ventajas y según la situación pudiera ser conveniente disponer de ambas posibilidades.

Por ello se decidió que la mejor opción sería implementar un sistema de comunicación inalámbrico combinado con la posibilidad de realizar la comunicación por cable. La comunicación inalámbrica se realizará por medio de radiofrecuencia FM. También se dispondrá de una conexión en la placa correspondiente a la comunicación cableada.

A continuación se expone la elección tomada con respecto al modo seleccionado de comunicación FM.

El módulo maestro de la centralita únicamente montará un módulo transmisor, ya que el sistema no tendrá ningún tipo de comunicación en el sentido esclavo hacia maestro y por ello no se habilitara en la centralita ningún sistema receptor de FM.

El módulo transmisor de FM elegido es el RTFQ1, fabricado por RF-Solutions. Sus características son estas:

- Frecuencia de la señal : 433 MHz
- Rango de transmisión de hasta 250 metros en campo abierto.
- Ratio de datos de hasta 9.6 Kbps
- Rango de temperaturas de trabajo entre 0°C y +70°C.

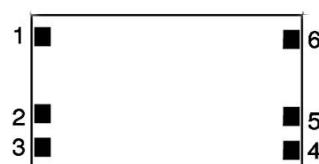
- Cumple la normativa EMC de compatibilidad electromagnética europea.
- Alimentación de 3.3 V.
- Aplicaciones para sistemas de seguridad, alarmas de coche, sensado, control y captura de datos remoto



## RTFQ1

Fig. 25 Módulo transmisor de radiofrecuencia F.M. RTFQ1

El módulo RTFQ1, es un dispositivo de comunicación serial y para enviar la información habilitaremos en el microcontrolador el módulo de comunicación serie asíncrono SCI.



- 1: (En) Dato disponible, entrada.
- 2: (In) Entrada de datos.
- 3, 5: Ground.
- 4: (Vcc) Alimentación.
- 6: (Ant) Salida de Antena externa.

Fig. 26 Descripción de pines del RTFQ1.

El volumen de datos a transmitir será muy pequeño y se limitará a una palabra, con su correspondiente bit de paridad. Todo esto lo gestionara por software el microcontrolador.

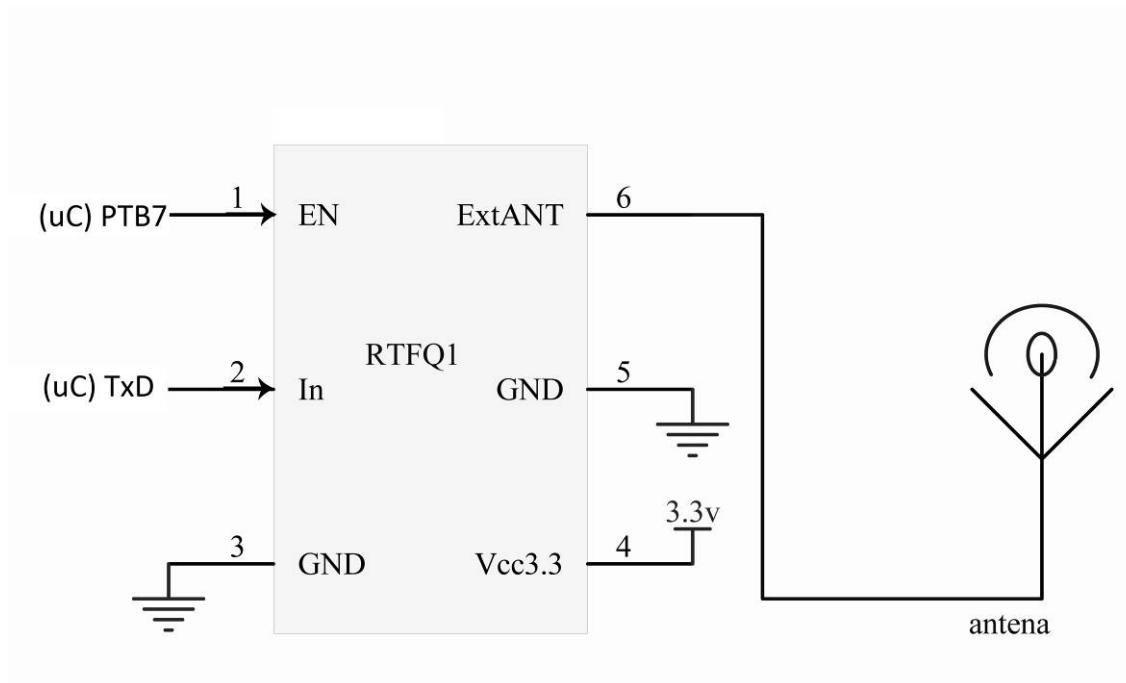


Fig. 27 Esquema de interconexiones entre el microcontrolador y el RTFQ1

Aunque idealmente y a campo abierto el módulo RTFQ1 tenga un radio de acción de 250 metros, en interiores se estima que su radio de acción se ve trágicamente disminuido a unos 100 metros. Teniendo en cuenta que un invernadero industrial es un lugar donde las ondas FM pueden encontrar bastantes obstáculos, para aumentar el rango de comunicación se hace conveniente el uso de una antena externa. La antena tendrá que estar adecuada a la frecuencia de emisión a la que trabaja el módulo transmisor, 433 MHz. Se utilizará la antena de látigo Flexi-M4-433 fabricada por RF-Solutions ya que se adapta a las necesidades del emisor y del receptor. Otra manera de antenizar el módulo es construir una antena “casera” con un cable de 173 mm.



**Fig. 28 Antena Flexi-M4.433 MHz de RF-Solutions.**

## 7.2. Luminaria: Módulo esclavo.

El Beamflicker, la luminaria sobre la que trabajamos, llevará acoplado el módulo esclavo. Este módulo se encargara de recibir las órdenes provenientes de la centralita y mover el motor de paso a paso del Beamflicker siguiendo unas directrices almacenadas en la memoria del microcontrolador.

A continuación se describe el funcionamiento y diseño por bloques del módulo esclavo.

### 7.2.1. Diagrama de funcionamiento.

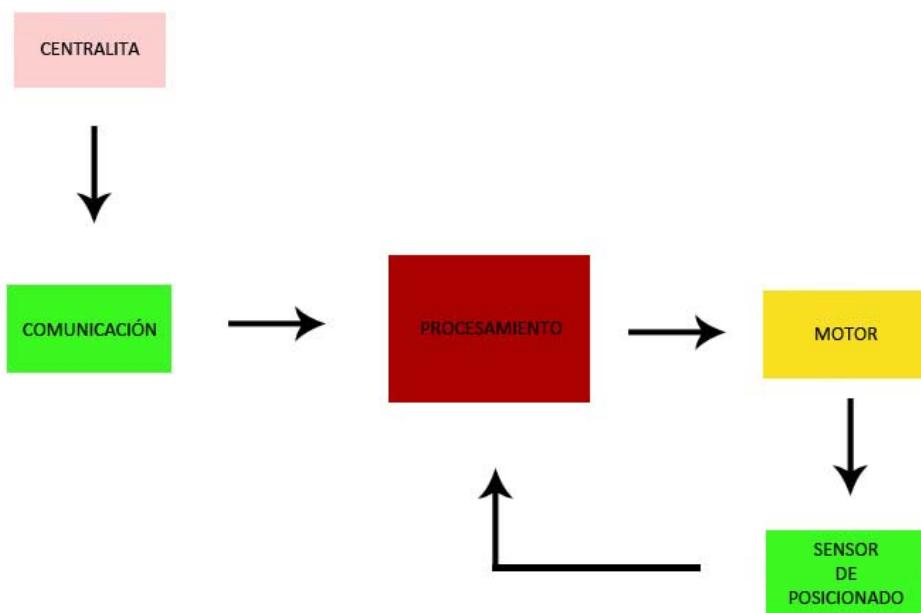


Fig. 29 Diagrama de funcionamiento de la Luminaria.

### 7.2.2. Diagrama electrónico.

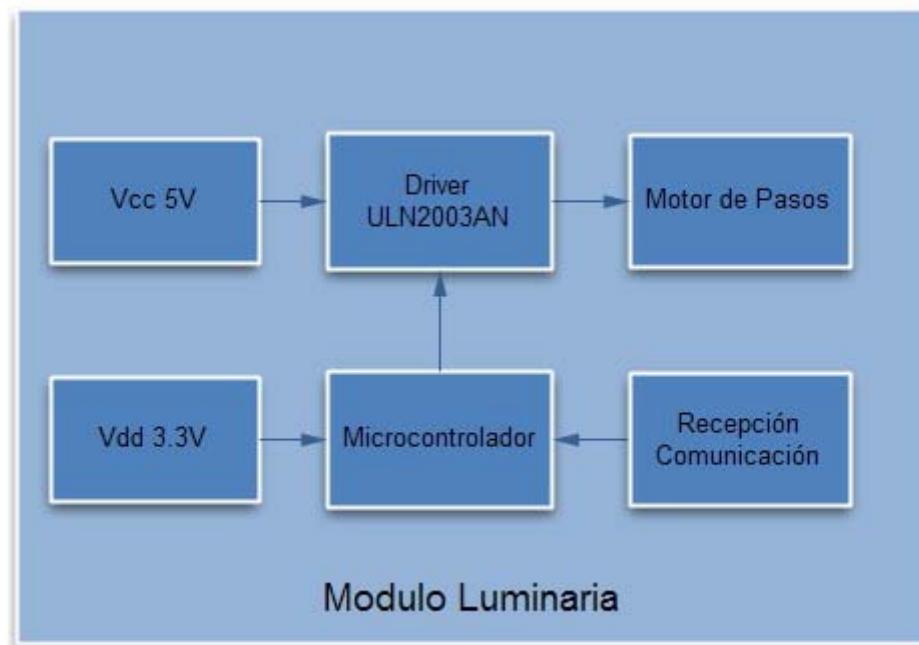


Fig. 30 Esquema funcional de bloques de la Luminaria.

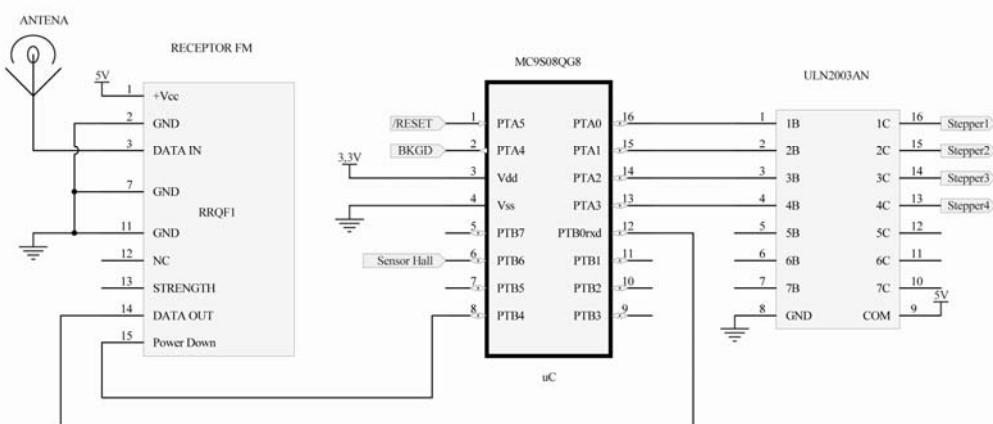


Fig. 31 Diagrama esquemático de la Luminaria.



### 7.2.3. Microcontrolador.

De la misma manera que en el módulo maestro, se utilizará el microcontrolador de Freescale MC9S08QG8 de 8 bits.

En este caso las funciones del microcontrolador serán:

- Recibir las comunicaciones que lleguen desde la centralita a través del receptor de FM o del cableado.
- Procesar la información recibida a través de su puerto serie. Este dato recibido corresponderá a un modo de funcionamiento de la luminaria.
- Según el modo de funcionamiento el microcontrolador cambiara su ciclo de trabajo, reseteará el sistema o detendrá el funcionamiento del motor.
- Cuatro salidas del microcontrolador actuarán sobre el driver que insuflara corriente en las bobinas del motor stepper.
- Recibirá información de un sensor de posición situado en el motor, obteniendo así información sobre la situación en que se encuentra el reflector de la luminaria

Para recibir los datos serie que lleguen a través del receptor FM se habilitará el módulo SCI del microcontrolador, módulo asíncrono de comunicaciones seriales.

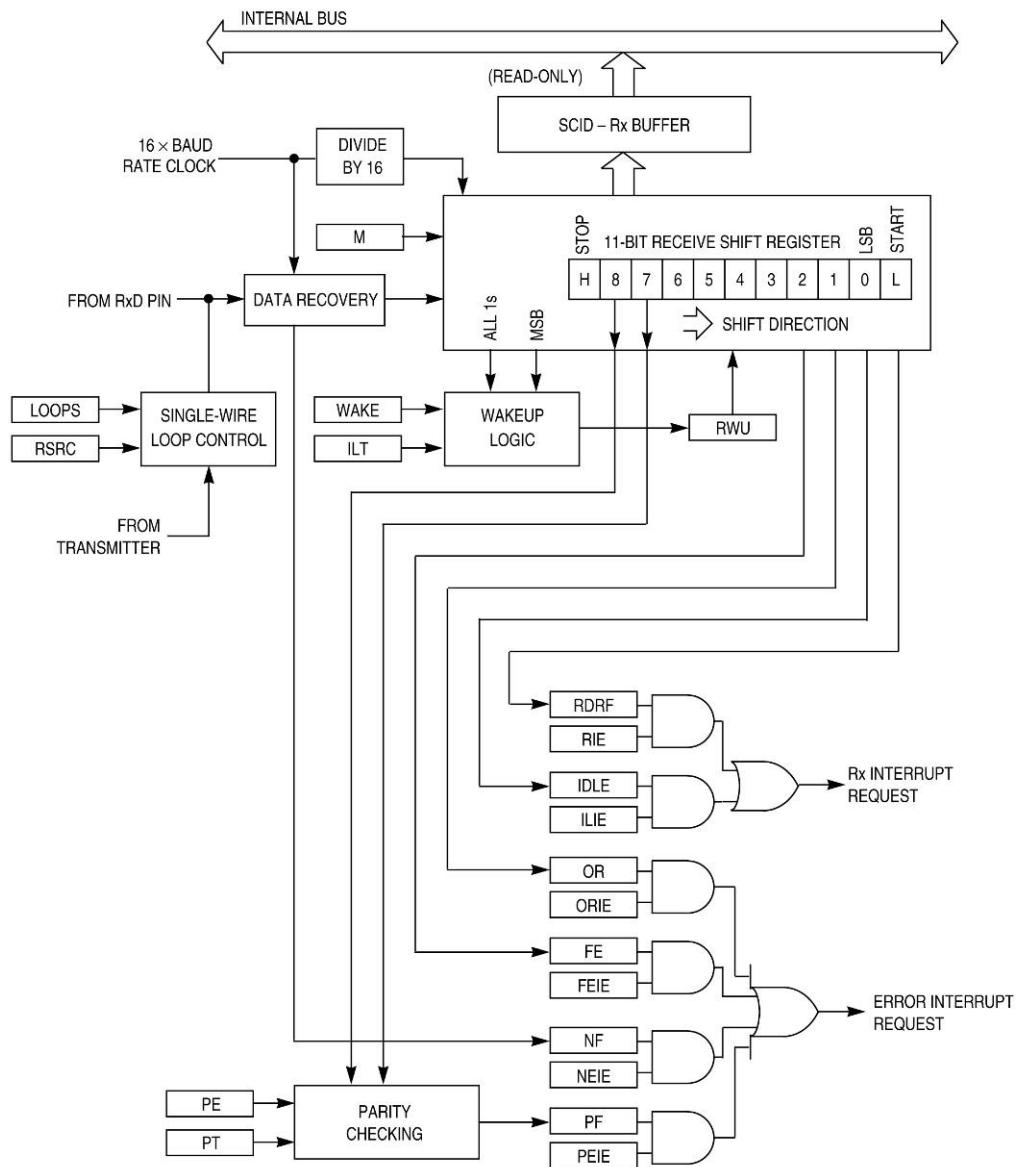


Fig. 32 Diagrama de bloques del receptor del SCI.

El módulo SCI operará únicamente como receptor. Las características de este módulo permiten comunicación Full Duplex que permite el envío de información en ambos sentidos simultáneamente, permitiendo recibir y enviar información al mismo tiempo. También permite la posibilidad de comunicación Simplex. En nuestro montaje se utilizará la comunicación Simplex ya que el módulo maestro de la centralita enviará información y el módulo esclavo de la luminaria únicamente la recibirá.

A continuación el microcontrolador procesará la información recibida y actuará en consecuencia, activando el motor de pasos a través del driver, en los tiempos y ángulos que convengan al modo de trabajo seleccionado.

El modo de trabajo dependerá de la potencia de la lámpara de luminaria, del tipo de cultivo y de la altura en la que esté situado el Beamflicker. Los modos de trabajo se resumen en las siguientes tablas.

POTENCIA	400	600	1000
ALTURA 1	D	H	L
ALTURA 2	C	G	K
ALTURA 3	B	F	J
ALTURA 4	A	E	I

Fig. 33 Distancia entre cultivo y luminaria/ potencia de la lámpara.

Combinando las variables de distancia entre cultivo y luminaria y potencia de la lámpara, se obtiene una referencia en forma de letra (Fig. 34). Esa letra hará referencia al modo de trabajo.



<b>A</b>	12	12	11	14	3	4	3	9	11	12	12
<b>B</b>	15	15	13	10	4	6	4	10	13	15	15
<b>C</b>	0	20	17	15	4	7	4	15	17	20	0
<b>D</b>	0	0	26	21	7	11	7	21	26	0	0
<b>E</b>	13	13	10	9	3	5	3	9	10	13	13
<b>F</b>	15	15	13	11	4	4	4	11	13	15	15
<b>G</b>	0	20	17	15	5	8	5	15	17	20	0
<b>H</b>	0	0	25	22	8	11	8	22	25	0	0
<b>I</b>	12	12	10	10	4	5	4	10	10	12	12
<b>J</b>	14	14	13	12	4	7	4	12	13	14	14
<b>K</b>	0	19	17	15	5	9	5	15	17	19	0
<b>L</b>	0	0	24	22	7	12	7	22	24	0	0

**ANGULO**    **45**    **40**    **35**    **30**    **15**    **0**    **-15**    **-30**    **-35**    **-40**    **-45**

Fig. 34 Tabla de ciclos de trabajo. (Segundos)

El reflector de la luminaria girará posicionándose en los ángulos a los que se hace referencia en la Fig.35, cuando llegue a la posición que la tabla determine, detendrá su movimiento y en esa posición permanecerá el tiempo que le corresponda según lo indicado en la fila de la tabla correspondiente a su modo de trabajo .

Con respecto al sensado, el microcontrolador sondeará uno de sus puertos cada vez que el programa lo indique. De esta manera conocerá si se encuentra en la posición cero.

El diagrama de flujo del programa se incluye en un anexo de esta memoria.



#### 7.2.4. Driver del motor.

Para manejar el motor será necesario alimentar sus bobinas con corrientes de una magnitud que las salidas del microcontrolador no podrán proporcionar.

Para alimentar las bobinas del motor usaremos un ULN2003AN, que no es más que un array de siete transistores NPN Darlington de alto voltaje y amperaje.

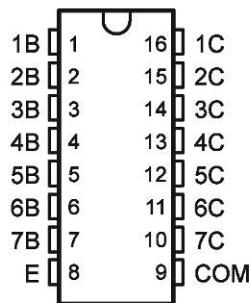


Fig. 35 Vista superior de un ULN 2003AN

Cada salida de colector del ULN2003AN proporciona una corriente de 500 mA, suficiente para alimentar las bobinas de nuestro motor que como máximo requerirán 500mA cada una.

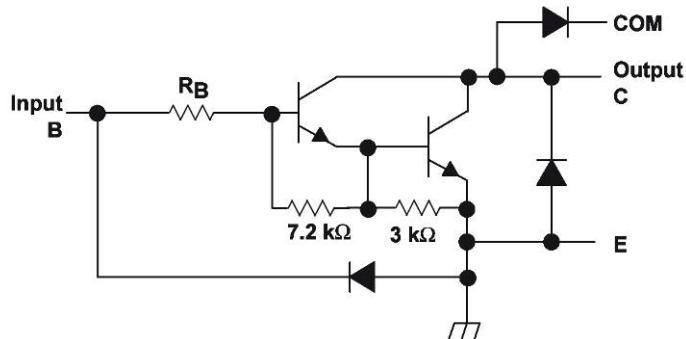


Fig. 36 Diagrama lógico del ULN2003AN

El microcontrolador enviará por su puerto la señal que activará el paso de corriente del transistor

#### 7.2.5. Recepción de los datos serie.

De la misma manera que en el módulo correspondiente a la centralita se dispondrá de la posibilidad de realizar la comunicación de manera cableada y por medio de radiofrecuencia FM.

Es importante que el cableado usado para la comunicación serie esté blindado por malla conectada directamente a tierra para evitar ruidos que alteren nuestra señal.

Como módulo de radiofrecuencia FM se usará el RRQF1-433 de RF-Solutions, emparejado directamente con su emisor colocado en el módulo maestro de la centralita. Sería deseable que dispusiera de una antena como la del módulo maestro.

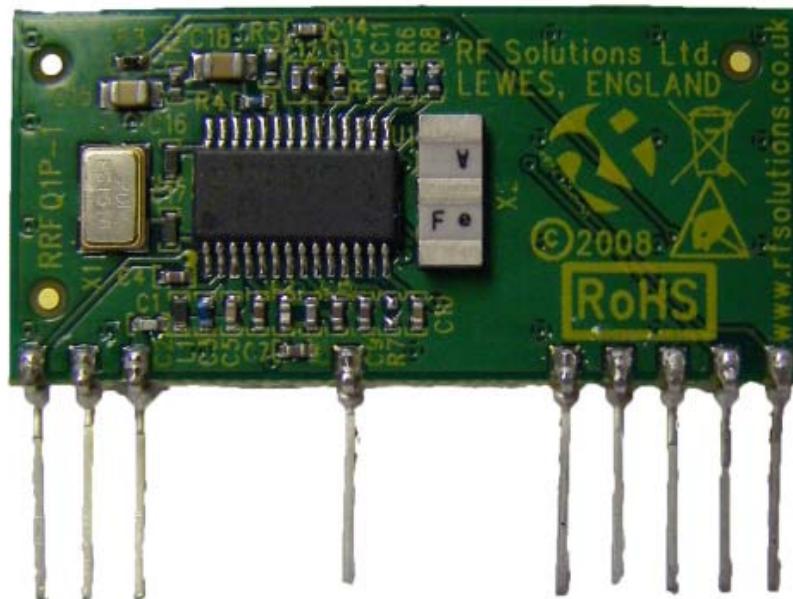


Fig. 37 RRQF1-433 de RF-Solutions

### 7.2.6. Motor de pasos.

Es un tipo de motor muy utilizado en aplicaciones de robótica. Se utilizan por sus características particulares. El control sobre ellos es preciso y permiten el enclavamiento en determinados ángulos.

Nosotros utilizaremos un motor de pasos por que asegura un mayor control sobre nuestros movimientos.

El motor utilizado será un motor de pasos de alta potencia fabricado por McLennan Servo Supplies con referencia 42M048C-1U. Este motor entregara un mayor nivel de par en comparación con otros motores de sus características. Su configuración y planta corresponden con el estándar de la industria, por lo que pueden usarse para sustituir motores previamente instalados.



Fig. 38 Motor de pasos de alta potencia. McLennan Servo Supplies.

Este motor de pasos, también llamado stepper en su forma anglosajona, se caracteriza por:

- Ángulo de paso  $7.5^\circ$ .
- Alimentado a 5 V d.c.
- Potencia de 5.5 W.
- Corriente nominal por fase: 0.5 A.
- Longitud: 22 mm.
- Par de retención: 66 mNm.

- Diámetro del eje: 3 mm.
- Longitud del bastidor 42 mm.

Este motor tiene seis conexiones, dos corresponden al común por donde suele alimentarse, y las otras cuatro son las conexiones que se conectan a tierra y en donde se añaden en serie los transistores que actúan como interruptores permitiendo el paso de la corriente.

Los motores eléctricos, en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético y creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas. Si dicha bobina, generalmente circular y denominada estator, se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético, se coloca otra bobina, llamada rotor, recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje. Al excitar el estator, se crearan los polos N-S, provocando la variación del campo magnético formado.

La respuesta del rotor será seguir el movimiento de dicho campo (tenderá a buscar la posición de equilibrio magnético), es decir, orientará sus polos NORTE-SUR hacia los polos SUR-NORTE del estator, respectivamente.

Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos y se tratará de buscar la nueva posición de equilibrio. Manteniendo dicha situación de manera continuada, se conseguirá un movimiento giratorio y continuo del rotor, produciéndose de este modo el giro del eje del motor, y a la vez la transformación de una energía eléctrica en otra mecánica en forma de movimiento circular.

Al número de grados que gira el rotor, cuando se efectúa un cambio de polaridad en las bobinas del estator, se le denomina "ángulo de paso".

Existe la posibilidad de conseguir una rotación de medio paso con el control electrónico apropiado, aunque el giro se hará con menor precisión.

Los motores paso a paso, se controlan por el cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas que lo forman.

Además estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición (si una o más de sus bobinas está energizada) o bien totalmente libres (si no circula corriente por ninguna de sus bobinas).

Según la construcción de las bobinas del estator, hay dos tipos de motores de pasos:

- Unipolares: se llaman así porque la corriente que circula por los diferentes bobinados siempre circula en el mismo sentido. Tienen las bobinas con un arrollamiento único

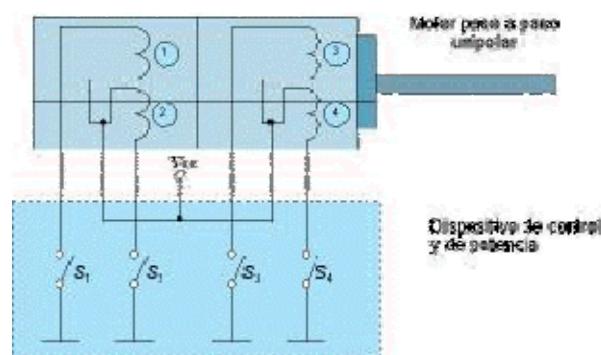


Fig. 39 Diagrama de conexiones del motor funcionando en modo unipolar.

- Bipolares: la corriente que circula por los bobinados cambia de sentido en función de la tensión que se aplica. por lo que un mismo bobinado puede tener en uno de sus extremos distinta polaridad (bipolar). Tienen las bobinas compuestas por dos arrollamientos cada una.

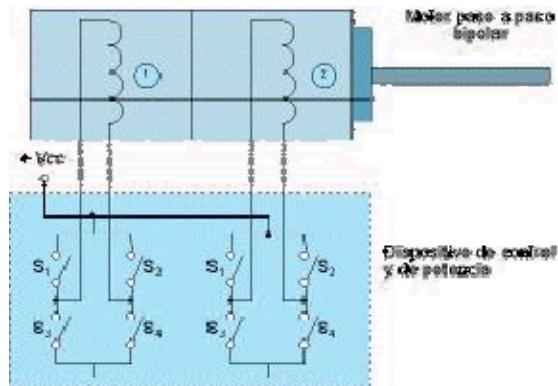


Fig. 40 Diagrama de conexiones del motor funcionando en modo bipolar.

Algunos motores tienen los bobinados de tal manera que en función de cómo se conecte su cableado pueden funcionar como unipolares o bipolares. Son los llamados motores paso a paso híbridos

El motor que se va a disponer será de funcionamiento híbrido, y se configurará en modo unipolar. Su montaje y conexiones se muestran en la figura 42.

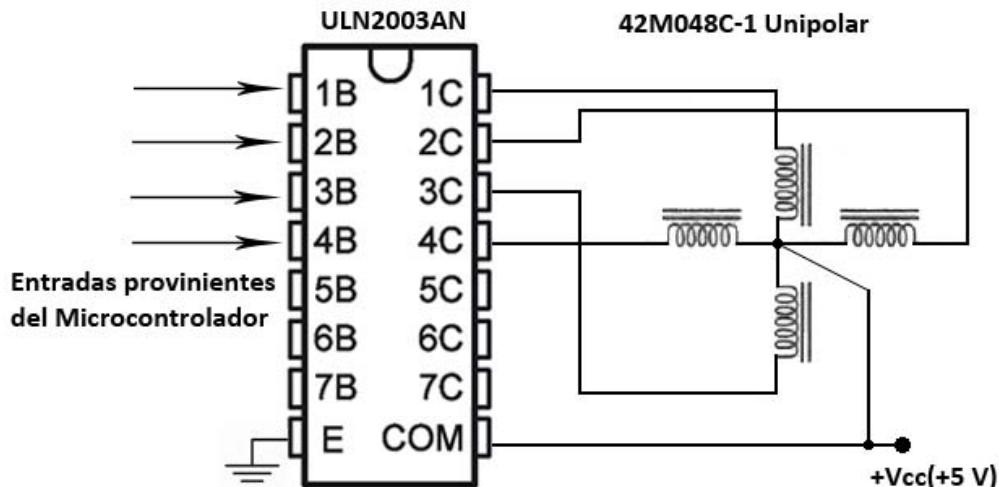
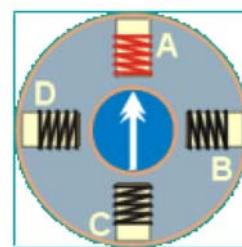


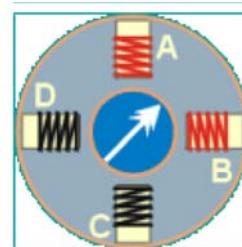
Fig. 41 Control del motor de pasos a través del driver ULN2003AN

El motor de pasos funcionando en modo unipolar puede funcionar de tres maneras distintas atendiendo a la secuencia de energizado de sus bobinas.

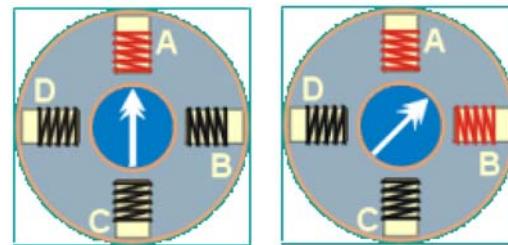
- **Paso simple:** Se energizará únicamente una de sus bobinas. Este tipo de paso proporcionará mas suavidad al movimiento pero también se restará par ya que solo ejercerá fuerza una de sus bobinas.



- **Paso doble:** Se energizarán dos bobinas simultáneamente lo que generará un campo magnético más potente que ejercerá más fuerza con la que retendrá el motor en su sitio con más par de retención. Los pasos serán menos suaves que con paso simple debido a la acción del más potente campo magnético creado.



- Paso medio: Es una combinación de los dos anteriores. Primero se activará una única bobina y en el siguiente paso se activarán dos. Este método cuenta con la principal ventaja de reducir el ángulo de paso a la mitad.



El paso recomendado para usar con la luminaria a controlar es el paso doble pues proporciona un mayor par de retención y par dinámico.

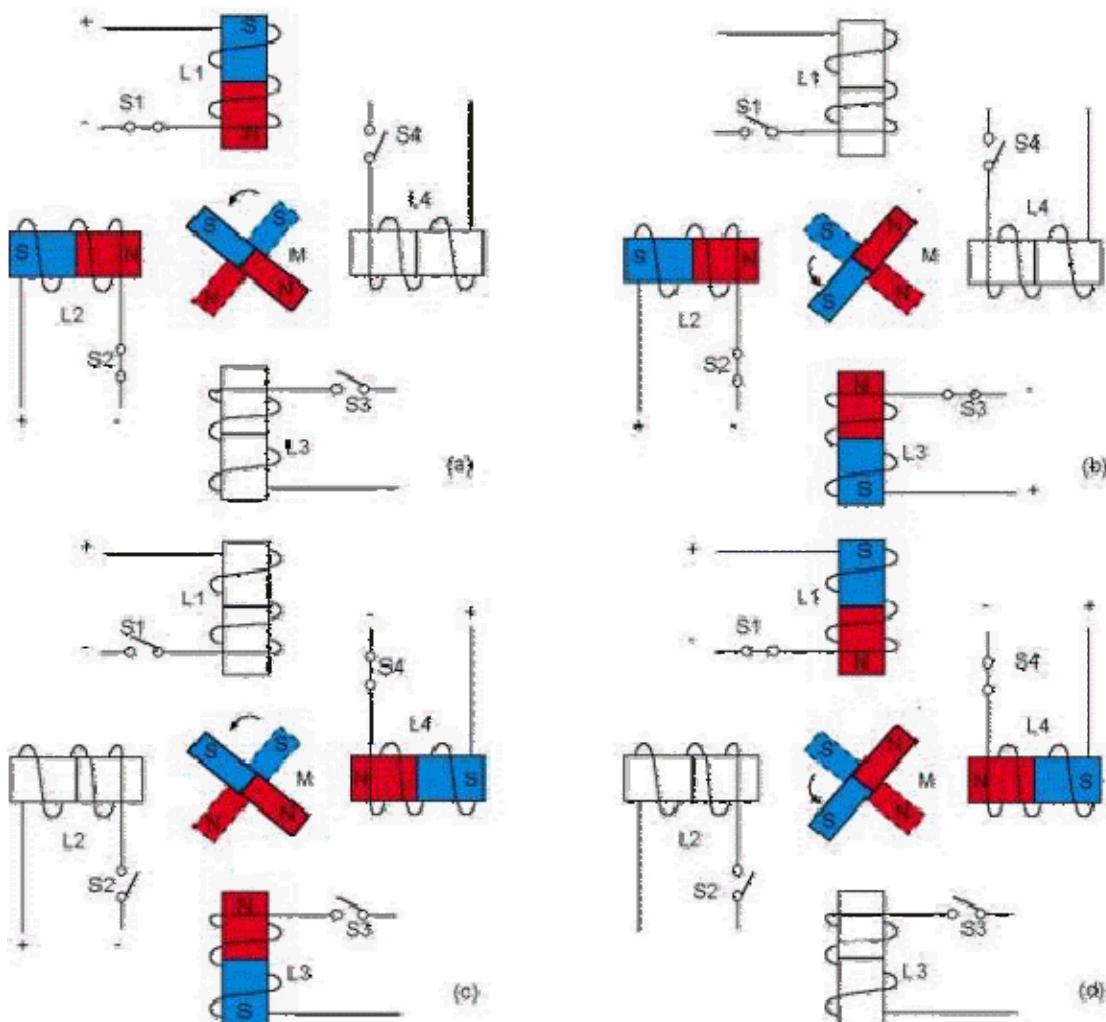


Fig. 42 Principio de funcionamiento del motor de pasos unipolar

La secuencia que se aplicará sobre los transistores del ULN2003AN será:

Paso	Transistor 1	Transistor 2	Transistor 3	Transistor 4
1	1	0	0	1
2	1	1	0	0
3	0	1	1	0
4	0	0	1	1
1	1	0	0	1

Una vez que se alcance el paso 4 se volverá a empezar desde el paso 1. Para cambiar el sentido de movimiento invertiremos la secuencia de pasos.

#### 7.2.7. Sensor de posición.

Para controlar un motor de pasos es necesario algún tipo de retroalimentación ya que la razón por la que este tipo de motor es requerido es por la precisión que estos proporcionan.

Finalmente se utilizará un sensor de **efecto Hall** que al enfrentarse con un imán situado en el rotor mandará una señal al microprocesador.

El sensor Hall utilizado es fabricado por Allegro Microsystems y su modelo es el A3213EUA-T. Funciona como interruptor y ante cualquier variación del campo magnético responde cambiando la señal que emite.



Fig. 43 Sensor efecto Hall de Allegro.

Este sensor deberá ser alimentado a 3,3V y en la patilla correspondiente a la Vout se deberá añadir un condensador de 10pF. También se deberá añadir una resistencia de 50K entre la patilla Vout y la de la alimentación. El modo de conexión viene detallado en la figura 45.

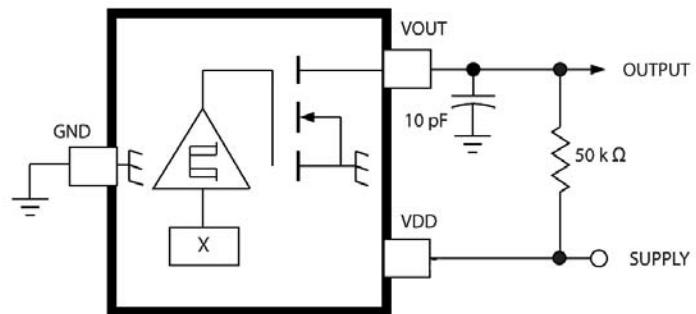


Fig. 44 Conexiones recomendadas del A3213EUA-T

### 7.3. Alimentación del sistema

#### 7.3.1. Diagrama electrónicos



Fig. 45 Diagrama funcional de bloques de la Fuente de Alimentación.

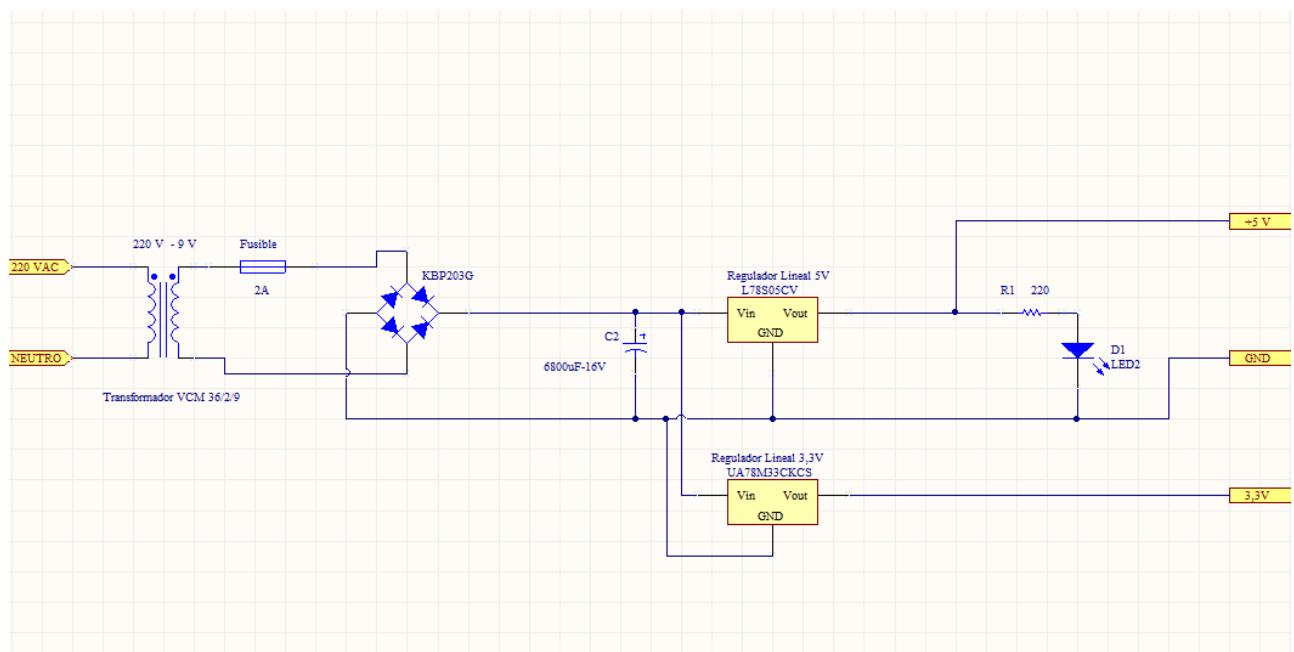


Fig. 46 Diagrama esquemático de la Fuente de Alimentación

### 7.3.2. Descripción de los componentes utilizados

Para alimentar cada uno de los módulos, tanto el maestro de la centralita como el controlador del motor de la luminaria, se diseño una fuente de alimentación ambivalente, que se pudiera usar de manera indiferente para alimentar las dos placas.

Se conectará a la red de 220V, 50Hz y se posicionará dentro de la caja de la centralita y la luminaria.

Sus características serán:

- Proporcionara 2A de corriente de pico.
- Tendrá salidas para alimentar a 3,3V y 5V.

La fuente de alimentación consistirá en un transformador de PCB de 220V/2x9V y 36VA, ofreciendo 2A por cada una de sus salidas. Este transformador es fabricado por Block y su modelo es el VCM 36/2/9.

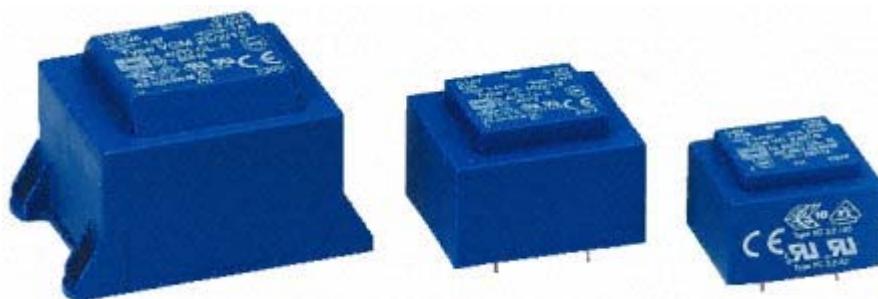


Fig. 47 Familia de transformadores PCB VCM

El puente rectificador usado es un KBP203G de Taiwan Semiconductor que proporciona hasta 2A de corriente y soporta hasta 200V, siendo su tensión típica de 1,2V. Su encapsulado es KBP y se detalla en la figura 47.

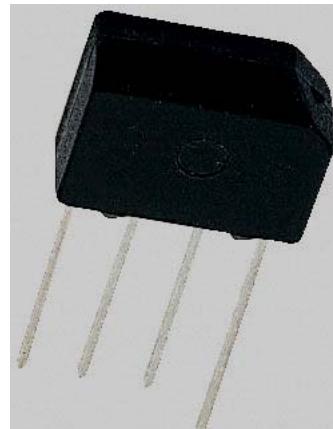


Fig. 48 Puente rectificador de 4 diodos KBP203G

Una vez rectificada la señal esta será filtrada por un condensador electrolítico de aluminio de 6800uF y 16V que proporcionará el rizado deseado. El modelo es el EEUFC1C682 de Panasonic.

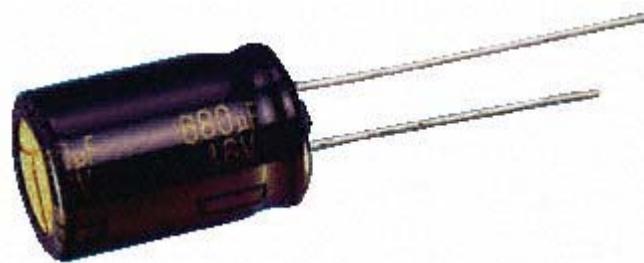


Fig. 49 Condensador 6800uF y 16V de Panasonic

Para regular las dos tensiones de salida deseadas se optó por usar reguladores lineales de tensión fija.

El regulador de 5V debía suministrar alrededor de 1.2V por eso se optó por un L78S05CV de 5V y 2A fabricado por Magna-Tec.

Para regular la tensión de 3,3V se usará un UA78M33CKCS de Texas Instruments capaz de suministrar 0,5V, corriente de sobra para alimentar el sistema.

Ambos encapsulados serán TO220 a los que se les añadirá el correspondiente disipador según sean los requerimientos de su carga.

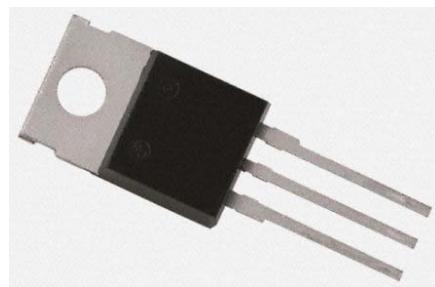


Fig. 50 Regulador lineal de 3,3V encapsulado TO220

## 8. Diagramas de flujo de los programas

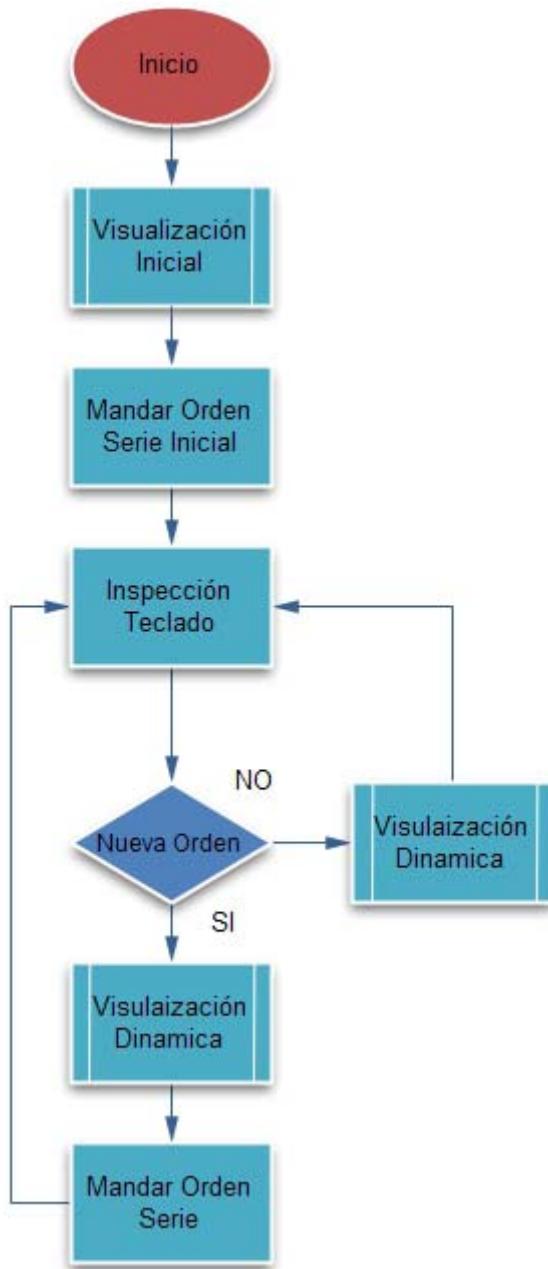
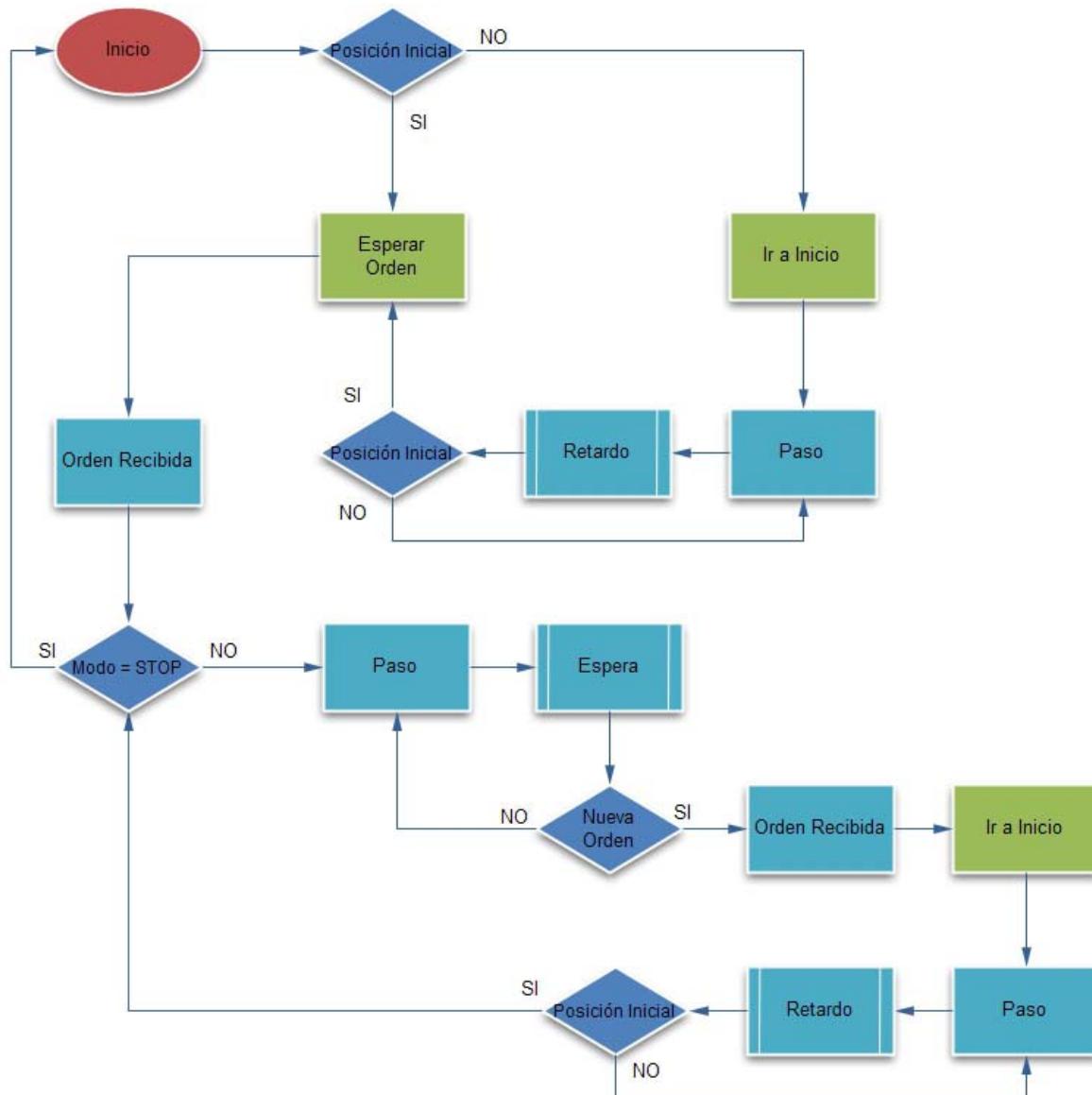


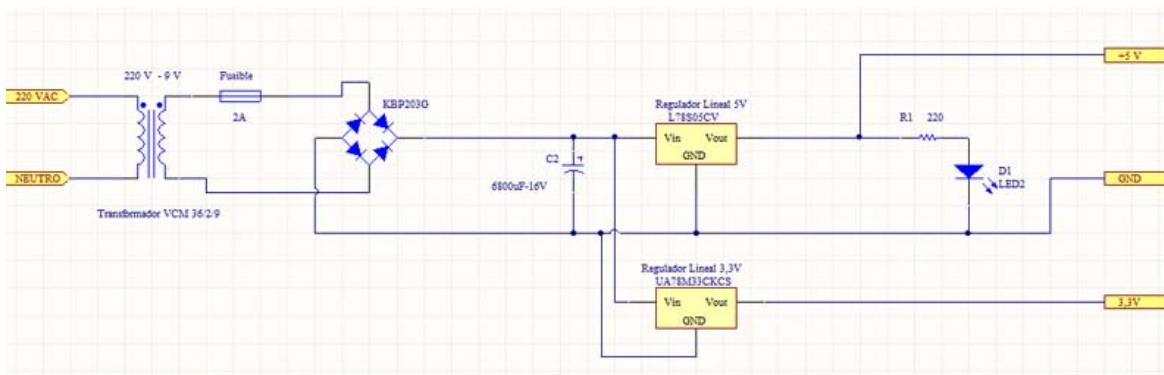
Fig. 51 Centralita: Diagrama de flujo del programa.



**Fig. 52 Modulo de control de la luminaria: Diagrama de flujo del programa**

## 9. Cálculos justificativos.

### 9.1. Fuente de alimentación.



**Fig. 53 Esquemático fuente de alimentación**

El transformador elegido es de 220/2x9 V y 36VA, proporcionando 2 A de corriente por cada una de sus salidas. Esta corriente es suficiente para alimentar todo el sistema.

Los 9 V proporcionados por el transformador son eficaces pero para calcular el valor correspondiente al condensador de filtrado tendremos en cuenta la tensión de pico y no la eficaz:

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{eficaz}} \times \sqrt{2} = 9V \times \sqrt{2} = 12,72 \text{ V.}$$

A la  $V_{\text{pico}}$  se deberá descontar la tensión que caerá en el puente rectificador. En el puente usado 1,2V.

$$V_{\text{cmax}} = V_{\text{pico}} - V_{\text{puente}} = 12,72V - 1,2V = 11,52V.$$

Para calcular el valor del condensador se debe seleccionar la  $V_{\text{cmin}}$ , que es la tensión mínima de rizado que llegará a la entrada de los reguladores lineales de 5V y 3.3V. En las especificaciones del 7805 se indica una tensión de Dropout de 3V, por lo que a la entrada del regulador lineal se requerirá una tensión coincidente con la  $V_{\text{cmin}}$  de al menos 8V.

Para asegurar que la  $V_{cmin}$  cumpla con los requisitos y se encuentre por encima de los 8V en todo momento se escoge un valor final de 8.5V.  $V_{cmin}=8.5V$ .

La tensión de rizado en el condensador será en consecuencia:

$$\Delta V_c = V_{cmax} - V_{cmin} = 11,52V - 8,5V = 3,02V.$$

El valor del condensador elegido dependerá de esta tensión de rizado, del periodo de refresco del condensador relacionado con la frecuencia de red y también de la corriente máxima consumida por la carga. La corriente máxima se encuentra cerca de los 2A y la frecuencia de red es de 50Hz. Como el rectificado de la señal será en doble onda el periodo de refresco será de 10 ms.

De este modo:

$$C_2 > (I_{max} \cdot T) / \Delta V_c = (2A \cdot 10ms) / 3,02V = 6622\mu F$$

Se escoge un valor comercial de 6800 $\mu F$  y 16V.

A continuación se procede con el cálculo de los disipadores de los reguladores lineales de tensión.

Para conocer la necesidad o no del uso de disipadores térmicos en los reguladores de tensión procederemos a calcular la potencia máxima que estos por si solos pueden disipar. Esta potencia la compararemos con la potencia que en operación producirán y de esta manera conoceremos el disipador necesario.

Siendo  $P_{dmax}$  = Potencia máxima disipable sin disipadores.

$P_{omax}$  = Potencia máxima a disipar en operación.

$T_{jmax}$  = Temperatura máxima de la unión.



T<sub>a</sub> = T<sup>a</sup> ambiental (25°C).

R<sub>th(ja)</sub> = Resistencia térmica unión-ambiente.

R<sub>th(jc)</sub> = Resistencia térmica unión-capsula.

R<sub>th(ra)</sub> = Resistencia térmica radiador.

Regulador de 5V:

$$P_{dmax} = (T_{jmax} - T_a)/R_{th(ja)} = (150 - 25)/50 = 2,5W$$

$$P_{omax} = (V_i - V_o) \cdot I_{max} = (11,52V - 5V) \cdot 2A = 13,04W$$

Por lo tanto habrá que disipar 13,04W siendo que la potencia máxima que se puede disipar es 2,5 W.

$$\begin{aligned} R_{th(ra)} &= [(T_{jmax}-T_a) - (P_{omax} \cdot R_{th(jc)})]/P_{omax} = \\ &= [(150-125) - (13 \cdot 5)]/13 = 4,61 \text{ } ^\circ\text{C/W} \end{aligned}$$

El radiador elegido tendrá una resistencia térmica de  $R_{th(ra)}$  = 4,61 °C/W.

Regulador de 3,3V:

$$P_{dmax} = (T_{jmax} - T_a)/R_{th(ja)} = (150 - 25)/19 = 5,26W$$

$$P_{omax} = (V_i - V_o) \cdot I_{max} = (11,52V - 3,3V) \cdot 0,5A = 4,2W$$

Por lo tanto habrá que disipar 4,2W siendo que la potencia máxima que se puede disipar es 5,26 W. Por lo tanto no será necesario el uso de disipador.

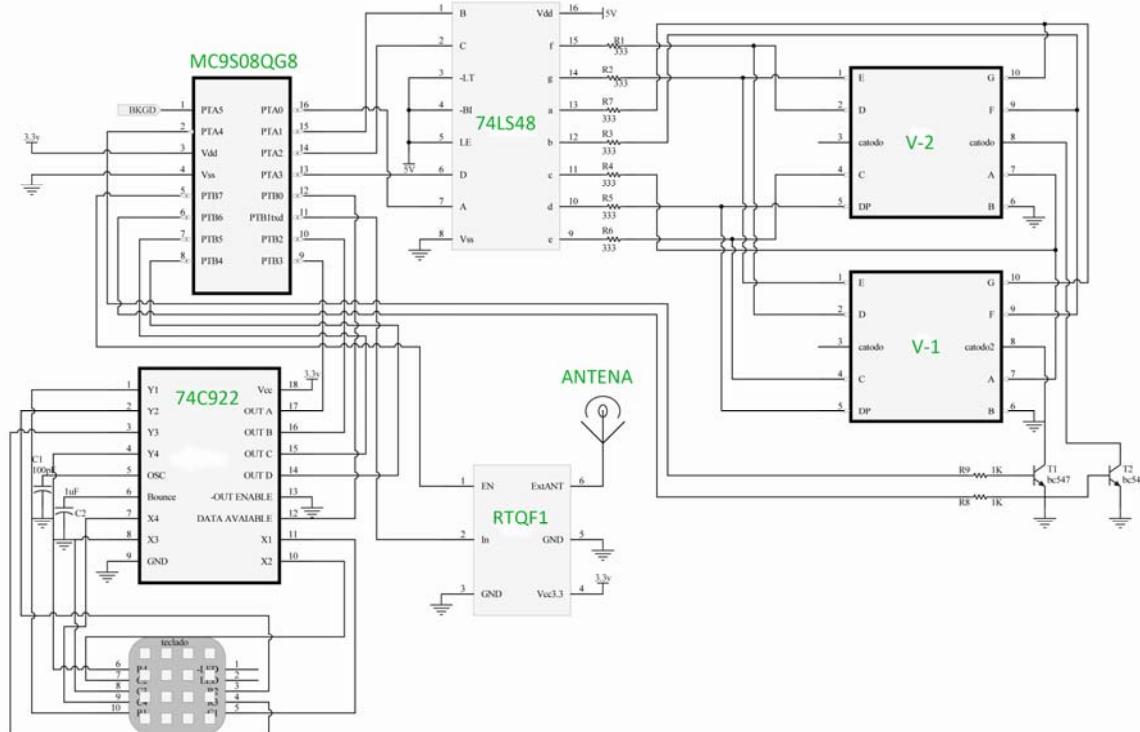
A continuación se justifica el valor de la resistencia que limita la corriente por el diodo.

Si la corriente máxima que debe circular por el diodo es de 25mA tenemos:



$5V / R < 25 \text{ mA} \Rightarrow R1 > 200 \Omega$  tomo  $R1 = 220\Omega$ , Idiodo max  $\approx 22\text{mA}$ .

## 9.2. Centralita.



Los condensadores colocados en la entrada de alimentación del microcontrolador vienen predeterminados con valores de fábrica.

$Cd1 = 10\mu\text{F}$  (electrolítico),  $Cd2 = 0,1\mu\text{F}$  (cerámico).

En el MM74C922N los condensadores situados en las patillas Bounce y OSC vendrán predefinidos de fábrica.

$C2=1\mu\text{F}$ ,  $C1=100\text{pF}$ .

Las resistencias limitadoras de corriente de los visualizadores de 7 segmentos.

Calcularemos la resistencia de polarización para asegurar la corriente que active el transistor a saturar. La corriente que debe circular por cada segmento del led debe ser de 20mA para su correcta visualización, su



caída de tensión en directa es de 2 V, y la tensión emisor-colector en saturación es de 0.2V

La resistencia de polarización deberá ser:

$$R = (5v - 2v - 0.2 v) / 13mA \approx 220\Omega.$$

Tomaré para R1,R2....R7=333Ω.

La corriente máxima que puede circular por el transistor es  $7 \times 13$  mA, que son 91 mA. Utilizamos BC547 capaz de suministrar hasta 100mA.

Para saturar esos transistores cuya ganancia es 200:

$$I_b > (I_c/\beta); V_{cc}-V_{eb} / R_b > 91 \text{ mA}/200; 5 - 0.6/R_b > 91\text{mA}/200;$$

$$R_b > 967\Omega \Rightarrow \text{Tomo } 1K\Omega.$$

Tomaré para R8 y R9 = 1KΩ.

### 9.3. Módulo de la luminaria.

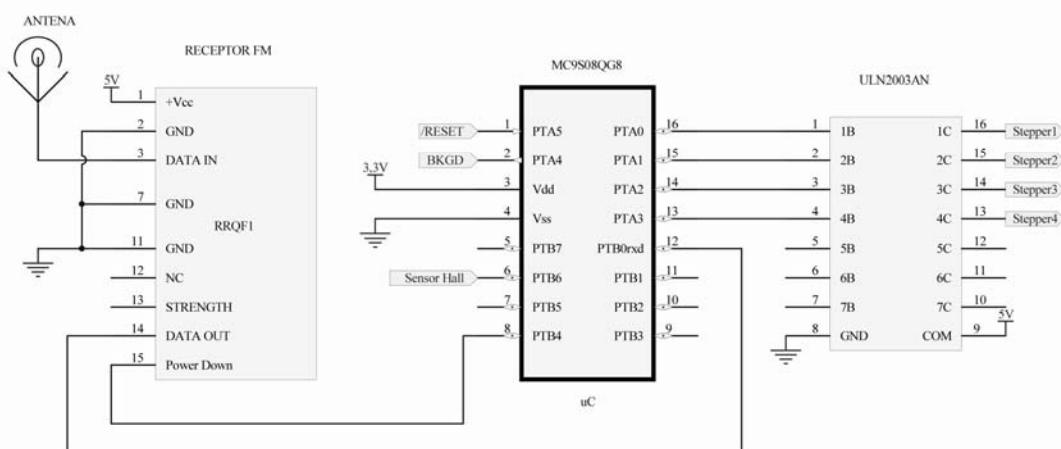


Fig. 54 Diagrama esquemático módulo de la luminaria

Los condensadores colocados en la entrada de alimentación del microcontrolador vienen predeterminados con valores de fábrica.

$$Cd1 = 10\mu F \text{ (electrolítico)}, Cd2 = 0,1\mu F \text{ (cerámico)}.$$

Los valores de la resistencia y condensador correspondientes a la señal del sensor vienen predeterminados.

$$C = 10\text{pF} \text{ y } R = 50\text{K.}$$

La corriente máxima que requiere por devanado activo el motor de pasos es de 500mA. Cada paso que da el motor activara dos devanados lo que elevará el consumo a 1A. Para alimentarlo se usará un array de transistores Darlington que proporcionará 500mA por par Darlington.



## 10. Descripción general del sistema

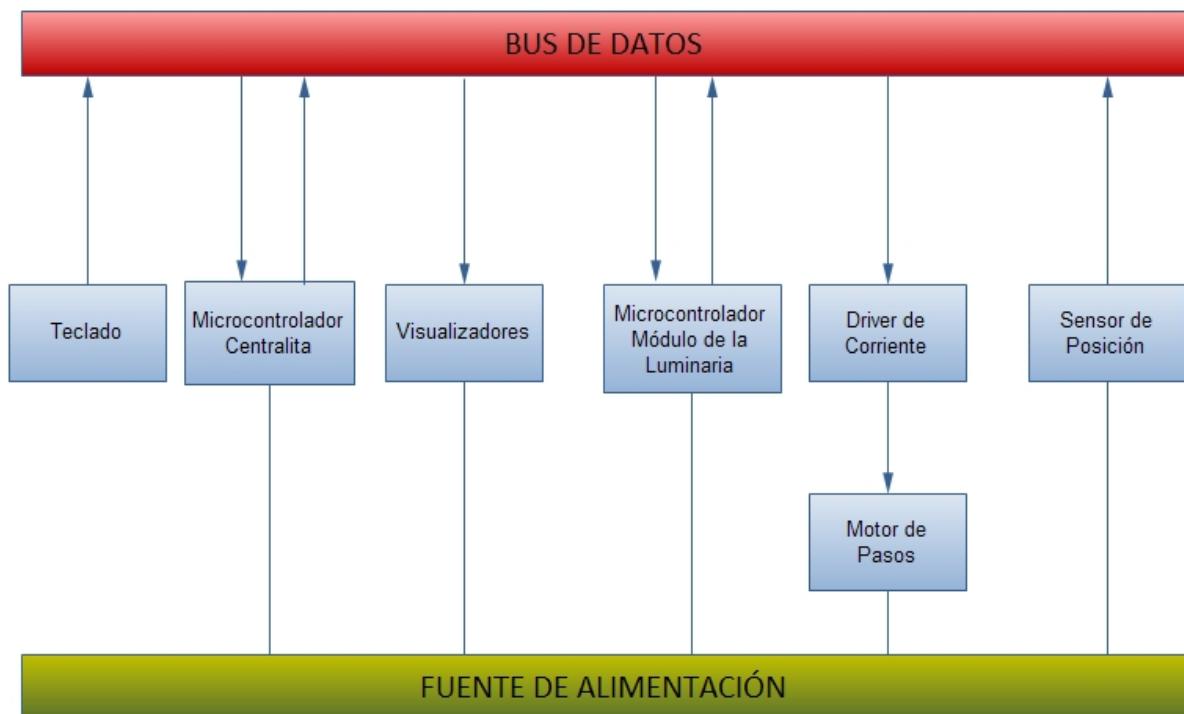


Fig. 55 Diagrama de bloques del sistema

La fuente de alimentación se alimentará de la red, y proporcionara la tensión y corriente necesarios para el funcionamiento del sistema.

Los **microcontroladores** son el núcleo del sistema y procesarán la información recibida, para después actuar en consecuencia según dicte su programa.

El **microcontrolador de la centralita** recibirá información del teclado y tras procesarla operará sobre los visualizadores y mandará información al bus de datos que posteriormente será recogida por el microcontrolador de la luminaria.

El **teclado de la centralita** es la vía de la que se sirve el operario para transmitir sus mandatos. Estos comandos serán recogidos por el microcontrolador de la centralita.

Los **visualizadores** serán controlados por el microcontrolador de la centralita y mostrarán el modo de trabajo anteriormente introducido a través del teclado.

El **microcontrolador de la luminaria** recibirá la información del

microcontrolador de la centralita a través del bus de datos y tras procesarla actuará sobre el driver que permite el movimiento del motor de pasos. También recibirá información proveniente del sensor de posición situado en el motor.

El **driver de corriente** actuará de manera que permitirá el paso o no de corriente a través de las bobinas del motor, permitiendo así su movimiento de forma correcta.

El **sensor de posición** está situado en el eje del motor y mandará información a través del bus de datos. Esta información que será recibida por el microcontrolador de la luminaria será procesada y analizada por éste.

## 11. Conclusiones finales

Para empezar se describirán las **conclusiones referentes al coste del producto.**

El sistema de control de movimiento para luminarias de invernadero tiene un coste que excede en la inversión inicial los costes de fabricación del sistema anteriormente utilizado, que se servía de un motor de corriente alterna y una biela. Los verdaderos beneficios se manifiestan en un aumento positivo del rendimiento en la producción y el ahorro de tipo energético que esto genera. Por lo tanto se considera que los beneficios a medio-largo plazo compensarán la inversión inicial.

Las **conclusiones técnicas** extraídas de la consecución de este proyecto se presentan a continuación.

Con respecto al **motor** se comprobó que los motores de pasos proporcionan un control sobre el movimiento excelente y muy superior al motor instalado en la versión antigua de la luminaria. También sorprendió la simplicidad de su uso y su robustez no apreciándose fallos en el movimiento ni perdidas de paso. Una pérdida de paso es definible como la no realización de un paso durante una secuencia. De esta manera no se realizará todo el recorrido que debiera.

Los **visualizadores** finalmente funcionaron bien pero, de forma inexplicable durante los primeros ensayos, dejaban de funcionar. Este problema se solucionaba reiniciando el sistema. El problema seguramente proviniera del conversor BCD a 7 segmentos, pero no se pudo comprobar.

Con respecto a la **comunicación** entre microcontroladores no surgieron problemas si esta se realizaba de manera cableada, pero cuando se usaba la opción de comunicar por radiofrecuencia se percibía mucho ruido en la señal recibida. Se usó un filtro paso bajo pero esto no mejoró ostensiblemente la recepción de la señal. Investigando se ha llegado a la conclusión de que la culpable del problema fuera la antena utilizada para las pruebas. Para solucionarlo se pretende utilizar una antena con una nueva topografía.



Con respecto al **sensado de posición** se dieron muchas vueltas en torno a qué tipo de sensor utilizar. Se hicieron varias pruebas y finalmente se optó por un interruptor magnético que sorprendió por su efectividad.

Como **conclusiones generales** debo añadir las siguientes:

Considero que el futuro usuario del sistema no encontrará ningún problema en su manejo y mantenimiento.

También cabe destacar que corrigiendo las tablas de tiempos del programa, el agricultor podrá adecuar el funcionamiento de la luminaria a cualquier tipo de cultivo existente.

De cara al futuro considero que se debería investigar con el fin de mejorar la calidad de la comunicación por radiofrecuencia. También sería oportuno que la empresa dueña del nuevo diseño de la luminaria se prestara para poder experimentar *in situ* su funcionamiento en invernadero.

En resumen, tenemos un producto con posibilidades de cara a su comercialización, porque ofrece innovación en el campo de las luminarias de invernadero y por el ahorro energético que este producto genera.

## 12. Bibliografía

Los libros, apuntes y catálogos de los que se ha consultado información para la elaboración de este documento, han sido:

### LIBROS:

- Diseño e ingeniería electrónica asistida sobre PROTEL, escrito por Manuel Torres Portero.
- Electrónica Digital, por Tomas Pollán Santamaría.
- Sistemas Electrónicos Basados en Microprocesadores y Microcontroladores, por Bonifacio Martín del Brío.
- Microcontroladores Motorola-Freescale, escrito por Don Juan Carlos Vesga Ferreira.
- Curso de lenguaje C, de Ángel Salas.
- El lenguaje de programación C. Escrito por Brian Kernighan y Dennis M. Ritchie

### APUNTES:

- Apuntes de la asignatura Oficina Técnica.
- Apuntes de la asignatura CAD/CAM/CAE.
- Apuntes de la asignatura Microprocesadores e Instrumentación Electrónica.
- Apuntes de la asignatura Electrónica Digital.
- Apuntes de la asignatura Electrónica Analógica.
- Apuntes de la asignatura Electrónica de Potencia.



**CATALOGOS:**

- Catálogo RS online. <http://es.rs-online.com/>
- Catálogo Farnell online. <http://es.farnell.com/>

**Internet:**

- Foros de electrónica <http://www.forosdeelectronica.com/>
- Buenos Aires Robotics <http://www.bairesrobotics.com.ar/>



### 13. Fecha y firma

El documento presente, denominado Memoria, ha sido elaborado por Marcos Franceschini Mincholé, estudiante de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Electrónica Industrial.

Fdo: Marcos Franceschini Mincholé

Zaragoza a 15 Agosto del 2010



# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## **Control de Movimiento para Luminarias de Invernadero**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA  
TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA**



Franceschini Mincholé, Marcos  
Director: José María López Pérez  
Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial



<b>1.- CONDICIONES GENERALES Y ECONOMICAS.</b>	<b>3</b>
<b>1.1.-CONDICIONES GENERALES</b>	<b>3</b>
1.1.1.- Objeto al que se refiere este pliego de condiciones	3
1.1.2.- Interpretación del proyecto	3
1.1.3.- Uso del sistema de control para luminarias de invernadero	4
1.1.4.- Desarrollo y control	4
1.1.4.1.- Comienzo de la fabricación	4
1.1.4.2.- Construcción de las placas PCB	5
1.1.4.3.- Colocación de los componentes	7
1.1.4.4.- Soldado de los componentes a las placas	8
1.1.4.5.- Mecanizado de los diferentes elementos	8
1.1.4.6.- Conexionado	9
1.1.4.7.- Enclavamiento de los dispositivos	9
1.1.4.8.- Programación del microcontrolador	9
1.1.5.- Condiciones generales de seguridad	10
1.1.6.- Facultades de la Dirección	11
1.1.7.- Derechos y deberes del contratante	11
1.1.8.- Documentación técnica	12
<b>1.2.-CONDICIONES ECONÓMICAS</b>	<b>13</b>
1.2.1.- Resolución del contrato	14
1.2.2.- Normativas legales	14
1.2.3.- Garantía	15
<b>2.- CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES</b>	<b>17</b>
2.1.- Normativas técnicas	17
2.2.- Condiciones de equipo	20
2.2.1.- Descripción Hardware	21
2.2.2.- Consideraciones sobre la realización de los cableados	21
2.2.3.- Consideraciones acerca de la ubicación de las placas de circuito impreso	22
2.2.4.- Manual de instrucciones	22
2.2.5.- Fases de puesta en marcha	23
2.2.6.- Precauciones de uso	24
<b>3.- FECHA Y FIRMA DEL PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>25</b>

## **1.- CONDICIONES GENERALES Y ECONOMICAS.**

### **1.1.-CONDICIONES GENERALES**

#### **1.1.1.- Objeto al que se refiere este pliego de condiciones.**

El objeto de este pliego de condiciones es la ordenación de las condiciones facultativas y económicas que han de seguirse en los concursos y contratos que vayan encaminados a la ejecución de los trabajos presentes en este proyecto. En este pliego de condiciones pretendemos indicar como se deberán llevar a cabo las tareas indispensables para la consecución de este trabajo. No será mas que un repaso general que con el objeto de destacar los requisitos más importantes y relevantes. También entendemos que el comprador de esta obra se comprometerá a aceptar cada una de las cláusulas de este Pliego General de Condiciones.

#### **1.1.2- Interpretación del proyecto**

La luminaria basculante dotada con el sistema de control de movimiento al que nos referimos en este pliego pretende competir con las luminarias presentes en la actualidad en el mercado, por lo tanto deberá tener unas características innovadoras. Para ello destacaremos la importancia de un diseño acorde con los tiempos actuales y una avanzada tecnología a la que tanta importancia se le da hoy en día.



### **1.1.3.- Uso del sistema de control para luminarias de invernadero.**

Todo usuario del sistema de control para luminarias basculantes tiene la responsabilidad de mantenerlo en buenas condiciones siguiendo lo indicado en el documento llamado Manual de Instrucciones. Si tuviera alguna duda el ingeniero responsable del proyecto tiene la obligación de responderla, como diseñador de esta que es.

### **1.1.4.- Desarrollo y control**

A continuación se describe todo el desarrollo y control para la correcta fabricación e instalación del sistema de control de movimiento para luminarias de invernadero.

#### **1.1.4.1.- Inicio de la fabricación.**

La construcción del sistema de control para luminarias basculantes no es una tarea sencilla, por lo tanto lo más idóneo sería encargar esta tarea a una empresa que se dedique a la realización de placas de circuito impreso con lo que se conseguiría un abaratamiento de los costes y toda la calidad que un especialista en ese campo pueda ofrecer. Pero en el caso de que el comprador decida la construcción de sus propias placas de circuito impreso se definen a continuación los pasos para la correcta realización de las placas de circuito impreso y como realizar su ensamblaje.



#### **1.1.4.2.- Construcción de las placas PCB**

A continuación se definen los pasos necesarios que el comprador debe seguir para una correcta fabricación de las placas de circuito impreso (PCB).

##### **1) Insolado**

Se debe hacer una copia de los diferentes planos de cada una de las capas de las placas en láminas transparentes. Observar que las líneas sobre las que deberán de estar representadas las pistas, están lo suficientemente oscuras para que no pase la luz a través de ellas. Así mismo se debe comprobar que en los lugares en los cuales no se desea que haya pista tampoco haya ningún tipo de mancha que evite el paso de luz a su través.

Se colocan los fotolitos o láminas transparentes de cada una de las caras de circuito impreso. Colocar los fotolitos de manera que se pueda leer en ellos de una forma correcta la referencia colocada en cada una de las capas. Por tratarse de una placa de doble cara se tendrá especial cuidado para hacer coincidir los pads o elementos de conexión de los componentes tanto en una cara como en la otra.

El conjunto de placa y fotolito se expondrá a la luz ultravioleta. Esta exposición se llevará a cabo por medio de una insoladora. El tiempo que deberá permanecer la placa bajo su influencia variará según el aparato insolador usado, aunque deberá estar comprendido entre 4 y 7 minutos

Las placas de circuito impreso utilizadas son de las denominadas sensibilizadas positivamente.

##### **2) Revelado**

Se deben separar los fotolitos de las placas. Las placas se sumergirán en un líquido revelador químico. Este líquido se encargará de erosionar las zonas de



resina fotosensible sobre las que ha incidido la luz. La mezcla para conseguir el líquido revelador estará compuesta por una parte de atacador de 40gr. de metasilicato de sodio y otra parte de agua de 1 litro. Las placas se sumergirán en un recipiente que contenga esta disolución y se agitará dicho recipiente.

La duración de este proceso no está determinada, ya que acaba cuando se distingan por completo las pistas. Se debe tener mucho cuidado de no exponer la placa demasiado tiempo en el ácido revelador ya que éste podría llegar a erosionar la resina que protege las futuras pistas.

Seguidamente, cuando se distingan completamente las pistas de cobre, se debe limpiar la placa de ácido. Esto se hará lavando la placa con abundante agua.

### **3) Atacado**

En esta fase se eliminará el cobre sobrante que estará desprotegido. Para ello se introducirá la placa en una disolución de HCl al 22%, agua oxigenada y agua. Se mantendrá el tiempo preciso sumergida y a continuación se procederá a su extracción y lavado con abundante agua para eliminar los restos de atacante.

El atacado no se prolongará más allá del tiempo necesario y solo se realizará hasta que hayan desaparecido las zonas de cobre a eliminar. Si se excediera el tiempo recomendado el circuito podría resultar dañado.

### **4) Revisión visual**

Se comprobará visualmente que en las placas no haya cortocircuitos indeseados entre pistas o si hay alguna pista que se encuentra cortada.

## 5) Estañado

En un recipiente se deposita líquido estañador (estaño para elementos electrónicos) y se introduce la placa de manera que quede completamente recubierta por el líquido. Con esta operación se consigue una mayor calidad en la continuidad de las pistas.

## 6) Serigrafiado de la placa

En esta fase se imprimirán en la cara top de la placa los dibujos y letras identificativas que posteriormente ayudarán a la colocación de los componentes, e identificación de la posición de cada uno en la placa.

## 7) Máscara de soldadura

Se realizará la máscara de los puntos en los cuales no se desea que se deposite el estaño durante el proceso de soldado de los componentes. Con la máscara lo que se consigue es recubrir de una capa de barniz aquellas zonas en las que no se van ha realizar soldaduras de los componentes en una de las caras.

### 1.1.4.3.- Colocación de los componentes

Se colocarán los componentes con ayuda del serigrafiado sobre las placas y de los planos que se disponen. En cuanto al orden de colocación se aconseja empezar por aquellos componentes que son más difíciles de colocar, ya sea por su tamaño o por el número de terminales de los que dispone. Como ejemplo primero soldar los circuitos integrados, continuar con diodos, resistencias y condensadores. Finalmente por aquellos componentes cuyas dimensiones sean mayores.



#### **1.1.4.4.- Soldado de los componentes a las placas**

El método recomendado es el de soldadura por ola. Con este método se consiguen unas correctas soldaduras sin excesos ni defectos en el estaño depositado en la placa lo que evitará cortocircuitos.

Una vez terminado dicho proceso se procederá a revisar que los pads o pistas muy próximos no se hayan cortocircuitado con estaño.

#### **1.1.4.5.- Mecanizado de los diferentes elementos**

A continuación se define la manera en la que ha de realizarse el mecanizado de las carcasa, siempre siguiendo a los planos que con el proyecto se entregan.

##### **1) Mecanizado de las cajas**

Se procederá, en primer lugar, a cortar las partes con las medidas que se indican en los diversos planos de mecanizado.

Luego se realizarán los agujeros u orificios con la medida que se indica en dichos planos.

##### **2) Ensamblado de los elementos**

Se colocará en primer lugar las placas PCB que se encuentran ensamblados en las caras de las cajas conforme a lo indicado en los planos de montaje de la caja.

La sujeción se llevará a término por medio de tornillos de la métrica indicada. Estos tornillos serán introducidos en la dirección y sentido que se indica en los planos pertenecientes al proyecto.



A continuación se colocarán el resto de los componentes, teclado y visualizadores en la caja de la centralita, y la antena en ambas cajas. Todos estos componentes se enclavarán con adhesivo.

#### **1.1.4.6.- Conexionado**

El conexionado entre los diferentes elementos que componen el sistema y la placa PCB que hay en el interior de cada caja, así como la conexión a la red, se detalla en el plano de conexionado correspondiente a cada placa.

#### **1.1.4.7.- Enclavamiento de los dispositivos.**

El cajetín correspondiente a la centralita deberá situarse en un pasillo abierto donde no exista cultivo alguno. Deberá enclavarse a una altura recomendada de 170 cm y tendrá que estar perfectamente fijada y en una posición que permita de manera sencilla su operación.

El cajetín correspondiente al controlador del motor de la luminaria estará situado junto a la luminaria de manera que no se produzcan interferencias entre el funcionamiento de ambos elementos.

Ambos elementos deberán tener accesible una toma de red para su correcta alimentación. Si se va a realizar comunicación cableada se deben cablear los módulos de la luminaria a su centralita correspondiente.

#### **1.1.4.8.- Programación del microcontrolador**

Para volcar el programa en los microcontroladores es necesario el uso de una placa DemoMC9S08QG8 con la que volcar los datos en la ROM programable del microcontrolador.

Utilizando el software proporcionado con la placa DemoMC9S08QG8, el Freescale Codewarrior, será posible volcar el programa, así como realizar las

modificaciones que sean necesarias. El entorno permite el uso de los lenguajes de programación C, C++, así como Ensamblador.

#### **1.1.5.-Condiciones generales de seguridad.**

El presente pliego de condiciones de seguridad, tiene el carácter de órdenes fehacientes comunicadas al constructor, el cual, antes de dar comienzo a sus trabajos debe reclamar del propietario, por lo menos, un ejemplar completo, no pudiendo luego alegar ignorancia por ser parte importante del proyecto.

**A continuación se exponen las medidas de seguridad que por parte de la empresa se deberán seguir para con sus empleados que además deberán estar perfectamente cualificados y que vigilados por el ingeniero director deberán realizar su labor.**

Para el montaje, reparación y mantenimiento del equipo, siempre que sea posible, éste deberá estar desconectado de la red eléctrica. En caso de que no sea posible deberá utilizarse obligatoriamente guantes apropiados que aíslen eléctricamente de la tensión presente de manera que los riesgos queden totalmente anulados.

La instalación y enclavamiento de los módulos en sus lugares de trabajo deberá realizarse de manera segura, evitando que el técnico cometa acciones de riesgo. La instalación en altura deberá realizarse con la escalera o plataforma adecuada y, si es necesario, usar arnés de seguridad.

En las fases en las que se trabaje con ácidos en la realización de los circuitos impresos se deberán vestir guantes y ropa de trabajo que protejan de su acción. También destacar que el lugar donde se realicen estas actividades deberá ser amplio y estar adecuadamente ventilado.



Como norma general se recomienda disponer, en el lugar donde se realicen estas actividades, de botiquines que contengan los productos adecuados para atender las emergencias que se den.

#### **1.1.6.- Facultades de la Dirección**

Las facultades de la dirección serán las siguientes sin carácter limitativo:

Hacer que el proyecto se ejecute de forma que cumpla todos los requisitos expuestos en él. Por lo tanto se deberá controlar totalmente el ensamblado exigiendo al contratista el cumplimiento de todas y cada una de las condiciones que en el proyecto se exponen.

Además se deberá inspeccionar los materiales, definir las condiciones técnicas que los pliegos del proyecto dejen en sus manos, resolver todos los problemas técnicos que surjan y posibles cambios.

La dirección deberá asumir en casos de urgencia el control de los trabajos en curso para lo que el contratista pondrá todos los medios necesarios.

#### **1.1.7.- Derechos y deberes del contratante**

El contratante tiene derecho, de acuerdo con el proyecto que lo define y en las condiciones de calidad que la documentación del proyecto establece, a recibir las unidades del sistema de control para luminarias de invernadero que se requieran así como la instalación en planta del producto.

El contratante tiene la obligación de pagar al contratado la cantidad de instalación bien ejecutada, de acuerdo con las condiciones de contrato.

El contratante no tendrá acceso directo a la instalación, de ello se encargará la empresa contratada, y deberá cumplir las condiciones que se fijan en el contrato sino la garantía será anulada.



### **1.1.8.- Documentación técnica**

El propietario tendrá la obligación de entregar al contratista una copia completa de este proyecto firmada, a fin de que pueda hacerse cargo de todas y cada una de las obligaciones que se especifican en este pliego.

Es misión del contratista registrar la relación de planos originales, anulados, y complementarios.

En caso de contradicciones entre planos y pliegos, prevalecerá lo dispuesto en éstos últimos.



## 1.2.- CONDICIONES ECONÓMICAS

Todas las cantidades entregadas en cualquiera de las fases de trabajo son a cuenta de la liquidación definitiva, que se practicará retroactivamente y al inicio, en función del coste de la ejecución material de la obra, con las actualizaciones legalmente establecidas.

En el coste total del diseño se incluirán todos los trabajos necesarios para la ejecución y completa terminación del mismo.

Los honorarios voluntariamente pactados no podrán ser inferiores, en ningún caso, a los mínimos resultantes de las tarifas oficiales vigentes.

Si el cliente decidiera unilateralmente la rescisión del presente contrato, el trabajo realizado se tarifarán en todo caso como misión parcial, sin perjuicio de las indemnizaciones que correspondan.

En caso de resolución del encargo, se deberá presentar la oportuna documentación sobre los trabajos en vías de realización, a tenor de lo cual se practicará la liquidación definitiva.

No decaerá el derecho a percibir el cobro de los honorarios y gastos correspondientes en el supuesto de que la normativa varíe después de formalizado el encargo de trabajo, o se produzca la suspensión de licencias, autorizaciones o permisos.

En uno y otro caso, el cliente deberá requerir formalmente al ingeniero técnico para que suspenda el trabajo y lo presente al colegio en el estado en que se halle, acompañado de la minuta por los honorarios devengados hasta el momento.



### **1.2.1.- Resolución del contrato.**

En el supuesto de que se produzca la suspensión de pagos, quiebra o insolvencia del contratista, con anterioridad a la entrega del proyecto, quedará resuelto de pleno derecho el presente contrato, sin necesidad de intervención ni declaración judicial al efecto, quedando a favor del contratante, las cantidades recibidas, en compensación de los gastos, daños y perjuicios ocasionados. De incurrir el contratante en los supuestos expresados, se estará a lo que la Ley disponga.

En el caso de que el contratista incumpliera alguna de las obligaciones de pago contraídas según este contrato, podrá el contratante optar por exigir su pago, declarar vencida la total obligación pendiente o dar por resuelto el contrato, quedando expresamente autorizada, de optar por este último supuesto, para retirar los productos del proyecto, sin necesidad de intervención ni declaración judicial. Las cantidades percibidas por el contratante a cuenta del precio de los productos adquiridos se considerarán indemnización básica o mínima por los daños y perjuicios ocasionados en el cumplimiento del contratista.

### **1.2.2.- Normativas legales.**

Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, aprobado por decreto 842/2002 de 2 de Agosto de 2002 (B.O.E. de fecha 2-8-02).

Normativas de seguridad de equipos electrónicos:

- DIN VDE 0805/05.09.
- EN 60950.1988.
- UL 478.
- REAL DECRETO 1495/1986, del 26 de mayo de 1986, del Reglamento de Seguridad en las Máquinas.
- LEY 31/1995, del 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales

### **1.2.3.- Garantía.**

El presente documento tiene por objeto fijar los diferentes deberes que tanto en materia económica como legal poseen cada una de las partes contratantes que intervienen en el diseño, venta, instalación, uso y posterior mantenimiento del **sistema de control para luminarias basculantes.**

Igualmente se fijarán las condiciones de garantía, así como las situaciones en que es aplicable.

Se recuerda que la firma del presente documento tiene carácter contractual y por lo tanto es de obligado cumplimiento por los firmantes; por lo que el desconocimiento de alguno de los puntos que luego se expondrán por parte de algunos de los firmantes, no le eximirá del cumplimiento de todos los deberes y responsabilidades asumidas por la aprobación del documento en el momento de la firma del mismo.

Dicha garantía tendrá validez siempre y cuando todas las partes hayan cumplido con todos los compromisos adquiridos y se hayan seguido todas las instrucciones de los distintos manuales.

La garantía no tendrá validez si ocurren o se realizan determinadas acciones:

- Darle cualquier uso distinto para el que el sistema fue concebido.
- Instalación incorrecta o no reglamentaria.
- Averías causadas por fenómenos atmosféricos, geológicos o bélicos.
- Intervención de personal técnico no oficial.
- Averías causadas por el desgaste debido a un mal mantenimiento.



- Averías causadas por caídas, golpes, violencia, robo, fuego, o vertido de líquidos en cantidades no recomendadas.
- Defectos como corrosión, oxidación o cualquier otro defecto estético proveniente de un mal uso, mal mantenimiento, o que hayan sido acelerados por cualquier tipo de circunstancia climatológica.

## **2.- CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES.**

El presente apartado perteneciente al pliego de condiciones esta dedicado a las condiciones técnicas que serán de obligatorio seguimiento cuando se ejecute el proyecto. Si estas condiciones no fueran cumplidas los únicos responsables serian los ejecutores de este proyecto y quedarían fuera de toda responsabilidad los que diseñaron este proyecto.

### **2.1.- Normativas técnicas.**

Las normas técnicas a las que se ajusta este proyecto son:

UNE 13031-1:2001: Invernaderos. Proyecto y construcción de invernaderos para producción comercial.

ISO 9000: Calidad de los diseños industriales y el desarrollo e instalación de equipos.

IEC 801-2: Normas de compatibilidad electromagnética.

ZH 1/618: Normas sobre ergonomía.

Así como a las siguientes normas UNE:

UNE 1012: Formato de papeles UNE. Series A y B. Formatos de acabados.

UNE 1026: Dibujo técnico. Formato y presentación de las hojas de dibujo.

UNE 1027: Plegado de planos para archivado en formato A4.

UNE 1034: Dibujo técnico. Cuadros de rotulación.



UNE 1035: Dibujo técnico. Trazado de símbolos.

UNE 1039: Dibujo técnico. Acotación.

UNE 20 004: Simbología y esquemas en electrotecnia.

UNE 20 427: Cables de seguridad. No propagación de incendio.

UNE 20 432 1: Cables de seguridad. No propagación de llamas.

UNE 20 432 3: Cables de seguridad. No propagación de incendios.

UNE 20 501: Equipos electrónicos y sus componentes.

Ensayos generales, climáticos y de robustez mecánica.

UNE 20 512: Fiabilidad de los equipos y de sus componentes electrónicos.

Generalidades, mantenibilidad y cláusulas de fiabilidad.

UNE 20 514: Reglas de seguridad para aparatos electrónicos o análogos, conectados a una red de energía.

UNE 20 514-77: Técnicas de circuitos impresos. Parámetros fundamentales. Sistemas de cuadrícula.

UNE 20 524 77 (2) 1R: Técnica de circuitos impresos: Terminología.

UNE 20 531: Series de valores nominales para resistencias y condensadores.

UNE 20 543: Condensadores fijos usados en equipos electrónicos.

UNE 20 545: Resistencias fijas usadas en equipos electrónicos.

UNE 20 552-75: Diseño y utilización de componentes y cableados en placas de circuito impreso.

UNE 20 552 77: Diseño y utilización de componentes para circuitos impresos.

UNE 20 608: Pruebas de fiabilidad en equipos.

UNE 20 620-56: Material base para circuitos impresos.

UNE 20 620 80 (1): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos: Métodos de ensayo.

UNE 20 620 80 (2-1): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Especificación particular # 1 (TIPO PF CP 04).

UNE 20 620 80 (2-2): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Especificación particular # 2 (TIPO PF CP 06).

UNE 20 620 80 (2-3): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Especificación particular # 3 (TIPO PF CP 01).

UNE 20 620 80 (4): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Hoja de cobre.

UNE 20 620 81 (3-1): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Especificaciones para materiales especiales: hoja adhesiva impregnada para fabricación de circuitos multicapa.

UNE 20 620 82 (5): Materiales de base con recubrimiento metálico para circuitos impresos. Especificaciones para materiales flexibles. Laminado de cobre con película de poliéster (TIPO PETP).

UNE 20 620-84: Recubrimiento metálico para placas de circuito impreso.

UNE 20 621 82: Circuitos impresos: Diseño y utilización de placas impresas.

UNE 20 621 85: Circuitos impresos: Especificación para placas impresas de simple y doble cara con agujeros metalizados.

UNE 20 621 85 (2): Circuitos impresos: Especificación para placas impresas multicapa.

UNE 20 622 81: Código de símbolos para agujeros de circuitos impresos.

UNE 20 637: Conexión a tierra.

UNE 21 127: Tensiones nominales. Sobretensores en la alimentación.

UNE 21 136: Relés eléctricos.

UNE 21 172 1: Cable de seguridad sin desprendimientos de humos opacos.

UNE 21 174: Cables de seguridad. Toxicidad.

## **2.2.- Condiciones de equipo.**

El funcionamiento del equipo a nivel de hardware deberá estar acotado por las normas UNE de diseño electrónico y las normas establecidas en el reglamento electrotécnico de baja tensión.

Los materiales empleados deberán ser los expuestos en este documento. Los procesos de interconexión de los distintos componentes que forman el

proyecto deberán llevarse a cabo bajo las instrucciones expuestas en el documento denominado como PLANOS.

Una vez que esto haya sido realizado y antes de ponerse en funcionamiento, el equipo deberá ser supervisado por una persona especializada en las disciplinas a las que se refiere el proyecto (equipos eléctricos y electrónicos). Finalizadas las comprobaciones, el visto bueno definitivo deberá ser dado por el ingeniero director del proyecto.

### **2.2.1.- Descripción Hardware**

El hardware compuesto por la placa y los componentes deberán ser capaces de soportar todas las funciones implementadas en el documento Memoria y de todas y cada una de las normativas que le pueden ser aplicadas.

### **2.2.2.- Realización de los cableados**

Para la realización de los cableados, podrán utilizarse secciones de los cables mínimas, pudiendo optarse incluso por mazos de cable plano, a excepción de los cableados que transporten la tensión de red que deberán realizarse como mínimo con cable flexible de 1mm de diámetro.

Los cableados que conduzcan señales de baja tensión, y que se encuentren a menos de 10 cm de cableados que soporten la tensión de red, es conveniente que sean blindados mediante tela metálica.

Esta tela metálica del blindaje deberá estar conectada a la toma de tierra por uno de sus extremos.



### **2.2.3.- Consideraciones acerca de la ubicación de las placas de circuito impreso**

Todas las placas de circuito impreso han pasado por un proceso de protección basado en barnices que protegerán al que las manipule de posibles descargas, pero además será conveniente montar las placas dentro de un alojamiento aislante para evitar posibles errores de funcionamiento y asegurar unas buenas condiciones de trabajo para los operarios.

### **2.2.4.- Manual de instrucciones**

El manual de instrucciones se entregará conjuntamente con el **sistema de control de luminarias basculantes para invernaderos**, consistiendo en un libreto en formato DIN A-4

El Manual de instrucciones incluye las siguientes secciones:

- 1.- Especificaciones Técnicas
- 2.- Descripción del Funcionamiento
- 3.- Planos del Equipo
  - 3.1.-Plano de Disposición Espacial
  - 3.2.-Plano General del Circuito
- 4.- Medidas de Seguridad
- 5.- Mantenimiento
- 6.- Prontuario de Averías más frecuentes
- 7.-Condiciones de Garantía
- 8.- Exclusiones de la Garantía
- 9.- Fecha y Firma

Además deberá estar bien indicado el teléfono de Atención al Cliente y el del Servicio Técnico Oficial.



### **2.2.5.- Fases de puesta en marcha.**

Se deberán realizar en este orden:

#### **Instalación:**

La centralita deberá enclavarse en algún pilón y es conveniente disponerla a una altura de 170 cm para que los operarios la puedan manejar con facilidad. Una vez enclavada se procederá al conexionado eléctrico a partir de una línea provista de sistema de desconexión automática y a 220 V. ± 10 %, 50 Hz y 10 A. La base del enchufe debe ser del mismo tipo que la clavija de la máquina (europeo, con toma a tierra). En caso contrario, o cuando la misma base se utilice para varias máquinas, adquiera el adaptador adecuado. Verifique la efectividad de la toma a tierra una vez instalada la máquina.

El sistema electrónico esclavo deberá situarse en la parte trasera de cada una de las luminarias. Se le dotará de una toma de corriente de las mismas características que para la centralita. Se procederá al conexionado de los conectores que proveen de corriente al motor de pasos y de las conexiones correspondientes al sensor de posición.

#### **Puesta en marcha:**

Primero conecte la centralita a la red.

Conecte el sistema de control de las luminarias a la red.

Escoja el modo de trabajo.

Introdúzcalo a través del interfaz de la centralita.

Puede encontrar más información en el manual de instrucciones.



### **2.2.6.- Precauciones de uso.**

No se deberá alimentar el equipo a una tensión distinta de la establecida.

No se deberá colocar el equipo en un lugar inestable o poco seguro, ni tampoco cerca de fuentes de calor que superen el rango permitido o en lugares donde haya gran cantidad de polvo o humedad excesiva en el ambiente. A ser posible se situará donde el riego no lo pueda alcanzar o en su defecto se deberán reforzar sus protecciones.

Si el equipo va a ser transportado no se hará con brusquedad, evitando caídas o golpes que podrían originar desconexiones internas de conductores o circuitos integrados.

### **3.- Fecha y firma**

El documento presente, denominado Pliego de Condiciones, ha sido elaborado por Marcos Franceschini Mincholé, estudiante de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Electrónica Industrial.

Fdo.: Marcos Franceschini Mincholé

Zaragoza, 25 de Agosto 2010



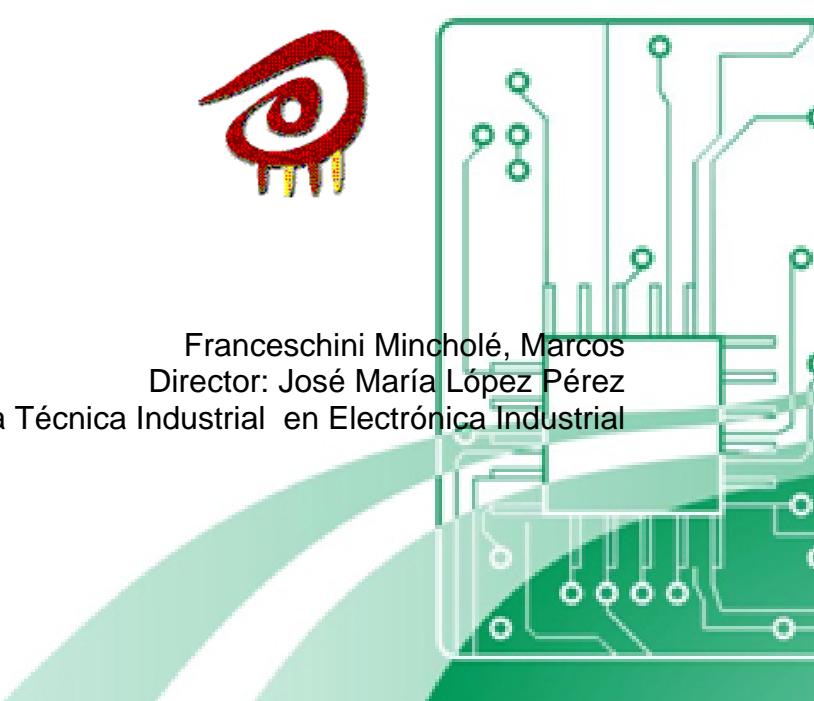
# PRESUPUESTO

## Control de Movimiento para Luminarias de Invernadero

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA  
TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA**



Franceschini Mincholé, Marcos  
Director: José María López Pérez  
Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial



<b>1.- Introducción</b>	3
<b>2.- Costes de hardware</b>	4
<b>3.- Costes de software</b>	5
<b>4.- Costes de fabricación del prototipo</b>	6
<b>5.- Costes de recursos humanos</b>	8
<b>6.- Costes fijos</b>	8
<b>7.- Costes variables</b>	8
<b>8.- Coste final por unidad producida</b>	9
<b>9.- Fecha y firma</b>	10



## 1.- Introducción

Este documento hace referencia a los costes presupuestados para la consecución del sistema de control de luminarias para invernaderos.

Para llevar a fin el presupuesto de este proyecto tendremos que tener en cuenta varios costes que atan a diferentes dimensiones del proyecto.

Indicar que estos costes presupuestados no son vinculantes y si orientativos, y la variación con respecto al coste final del producto será en torno a un 20%.

- Costes de hardware
- Costes de software
- Costes de fabricación del prototipo
- Costes en recursos humanos
- Costes fijos
- Costes variables



## 2.- Costes de hardware.

Los costes de hardware son los que abarcan la compra y uso de herramientas informáticas y electrónicas para desarrollar el proyecto.

Para el desarrollo del proyecto ha sido necesario un ordenador PC con su correspondiente monitor. La razón por la que se ha utilizado es porque es usado para diseñar los circuitos y placas PCB, para la programación de los microcontroladores y para la consecución de esta memoria.

La placa Demo9S08QG8E es usada para volcar el programa en la EEPROM del microcontrolador y para realizar pruebas con este.

El soldador se usará para soldar los componentes a la PCB.

### Costes de Hardware

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL €
IBM PC & Compatibles	Core2 Duo 2GHz RAM DDR2 2MB 667MHz	1	379	379
TFT 19" Acer	Monitor	1	119	119
Demo9S08QG8E	Placa de desarrollo Freescale	1	41,46	41,46
Soldador W101D,220V,100W	Lápiz Soldador	1	74,91	74,91
<b>Total sin IVA</b>				<b>614,37</b>
<b>Total con IVA</b>			<b>18%</b>	<b>724.95</b>

### 3.-Costes de Software.

Los costes de software hacen referencia al gasto en los programas informáticos que han sido necesarios para realizar los trabajos.

Freescale Codewarrior es el programa usado para ensayar con el microcontrolador y volcar en su memoria el programa.

Windows XP es necesario como sistema operativo pues la mayor parte de estos programas solo soportan trabajar en él.

Altium Designer es una de las herramientas más completas que existen para el desarrollo de circuitos electrónicos. \*Precio de la suscripción mensual de Altium Designer Winter 09

Como suite ofimática se ha usado OpenOffice de Oracle, cuyo coste es nulo.

Para realizar los planos correspondientes se ha usado Autodesk Inventor, potente herramienta para modelado paramétrico de piezas y ensamblajes.

The Gimp es una herramienta gratuita para retoque de imágenes.

#### Costes de Software

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL €
Freescale Codewarrior	Programación del microcontrolador	1	Incluido con la placa Demo	0
Windows XP	Sistema operativo	1	58,80	58,80
Altium Designer Winter 09	Desarrollo de PCB	1	325	325*
Open Office	Suite Ofimática	1	Soft Gratuito	0
Autodesk Inventor 2010	Diseño 3D y planos	1	Versión Estudiante	0
The Gimp	Retoque de Imágenes	1	Soft Gratuito	0
<b>Total sin IVA</b>				<b>325,25</b>
<b>Total con IVA</b>			<b>18%</b>	<b>383,8</b>

## 4.- Costes de construcción del prototipo

En este apartado de costes se incluyen los referidos a la fabricación del prototipo. En él incluiremos los costes de componentes tanto del sistema electrónico de la luminaria y la centralita como el de la fuente de alimentación.

También incluiremos los costes de producción de la PCB. La fabricación de la placa PCB la realizan empresas que suelen cobrar unos gastos fijos que incluyen preparación de los archivos y documentación y unos costes variables referentes al número de placas encargadas. Los costes fijos suelen tener un valor de unos 120 € en una de las empresas consultadas. Los variables varían dependiendo del número de placas encargadas. Suponiendo que encargamos 3 copias de cada una de las PCB diseñadas los costes ascenderán a unos 170€, teniendo en cuenta costes fijos mas 3 placas. El precio final de cada placa del prototipo ascenderá a 33,3 €\*.

\*El precio de la construcción de estas placas es orientativo pues no se han tenido en cuenta el tamaño de estas. Las empresas dedicadas a la fabricación de circuitos impresos suelen cobrar por cm<sup>2</sup> de superficie.

### CONTROL DE LA LUMINARIA

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL €
42M048C-1U McLennan S.S.	Motor paso a paso	1	26,95	26,95
MC9S08QG8 Freescale S.	Microcontrolador	1	1	1
RRFQ1-433	Modulo receptor FM	1	15,76	15,76
ULN2003AN	Array de transistores	1	0,70	0,70
A3213EUA-T	Sensor de efecto Hall	1	1,006	1,006
PC 4/3-ST-7,62	Conectores	2	2,984	5,968
PCB	Placa PCB	1	33,3	33,3
<b>Total sin IVA</b>				<b>84,684</b>
<b>Total con IVA</b>			<b>18%</b>	<b>99,92</b>

**CENTRALITA**

<b>COMPONENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>TOTAL €</b>
EAO ECO.16250.06.SP	Teclado 16 teclas	1	10,76	10,76
MC9S08QG8 Freescale S.	Microcontrolador	1	1	1
74C922	Gestor de teclado	1	5,57	5,57
74LS48	Conversor BCD a 7 seg.	1	1,30	1,3
HDSP-303G	Visualizador 7 segmentos	2	1,08	2,16
BC547	Transistor NPN	2	0,116	0,232
RTFQ1-433	Transmisor FM	1	9,75	9,75
PC 4/ 3-ST-7,62	Conectores	2	2,984	5,968
PCB	Placa PCB	1	33,3	33,3
<b>Total sin IVA</b>				<b>70,04</b>
<b>Total con IVA</b>			<b>18%</b>	<b>82,64</b>

**FUENTE DE ALIMENTACIÓN**

<b>COMPONENTE</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNIDAD</b>	<b>TOTAL €</b>
KBP203G	Puente Rectificador	1	0,335	0,335
UA78M33CKCS	Regulador lineal 3,3V 0,5 <sup>a</sup>	1	0,592	0,592
L78S05CV	Regulador lineal 5V 2A	1	0,85	0,85
PC 4/ 3-ST-7,62	Conectores	2	2,984	3,968
Condensador	6800uF 16V	1	1,54	1,54
VCM 36/2/9	Transformador 220/9v 36VA	1	16,45	16,45
PCB	Placa PCB	1	33,3	33,3
Disipadores	Disipadores para reguladores lineales	2	1,67	3,14
<b>Total sin IVA</b>				<b>59,477</b>
<b>Total con IVA</b>			<b>18%</b>	<b>70,184</b>

## 5.-Costes de recursos humanos

Los costes de recursos humanos hacen referencia al coste salarial de los desarrolladores del proyecto. Teniendo como referencia un sueldo sin impuestos de 20.000€/año repartido en 2080 horas, tenemos un sueldo de 9,61€/hora.

PERIODO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	TOTAL €
Análisis	Análisis requerimientos técnicos	80	9,61	768,8
Diseño	Diseño de la solución	180	9,61	1729,8
Implementación	Implementación del sistema	200	9,61	1922
Experimentación	Experimentación y puesta a punto	120	9,61	1153,2
Documentación	Realización de la documentación técnica	80	9,61	768,8
<b>Total sin IVA</b>				<b>5408,98</b>
<b>Total con IVA</b>				<b>18% 6382,6</b>

## 6.-Costes Fijos

Los costes fijos (CF) hacen referencia a los costes de desarrollo, prototipado y experimentación del proyecto. Son la suma de los costes de hardware, software, recursos humanos y construcción del prototipo.

El total de estos gastos ascenderá a: 7739,40 € (IVA 18% incluido).

## 7.- Costes variables

Los costes variables (CV) hacen referencia a los gastos de producción en masa del producto. Estos gastos dependen del número de unidades que se necesiten producir, de si la fabricación la van a realizar terceros y de otras variables a tener en cuenta.

## 8.-Coste final por unidad producida

El coste final del producto será la suma de los costes variables mas los fijos dividido entre el número de unidades.

$$(CF+CV)/Ud=\text{Coste final por unidad de producto.}$$

Los costes fijos son conocidos, pero para conocer los variables se deberá realizar un estudio económico más profundo, con el que establecer diferentes posibilidades y elegir las mejores ofertas.



## 9.- Fecha y firma

El documento presente, denominado Presupuesto, ha sido elaborado por Marcos Franceschini Mincholé, estudiante Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica Industrial.

Fdo: Marcos Franceschini Mincholé

Zaragoza a 25 de Agosto de 2010



# **MANUAL DE INSTRUCCIONES**

## **Control de Movimiento para Luminarias de Invernaderos**

**ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA  
TÉCNICA INDUSTRIAL DE ZARAGOZA**



Franceschini Mincholé, Marcos  
Director: José María López Pérez  
Ingeniería Técnica Industrial en Electrónica Industrial



<b>1.- Especificaciones técnicas</b>	<b>3</b>
<b>2.- Descripción del funcionamiento</b>	<b>4</b>
<b>3.- Planos del equipo</b>	<b>5</b>
3.1.-Planos de disposición espacial	5
3.2.-Planos de los circuitos	7
<b>4.- Medidas de seguridad</b>	<b>9</b>
<b>5.- Mantenimiento</b>	<b>10</b>
<b>6.- Condiciones de garantía</b>	<b>11</b>
<b>7.- Exclusiones de la garantía</b>	<b>12</b>
<b>8.- Fecha y firma</b>	<b>13</b>



## 1.- Especificaciones técnicas

- Sistema de control de movimiento para luminarias basculantes de invernadero, para explotaciones agrícolas intensivas.
- Comunicación cableada o por radiofrecuencia FM a 433MHz.
- Centralita con interfaz provista de teclado y visualizadores de modo.
- Control simultaneo de múltiples luminarias.
- Catorce modos de trabajo acordes con las necesidades de la explotación.
- Alimentación a la red de 220V, 50 Hz.
- Modulo controlador de movimiento del motor paso a paso de la luminaria.



## 2.- Descripción del funcionamiento

- Enclavar la centralita y los correspondientes módulos de las luminarias, de manera que se puedan realizar correctamente los conexionados.
- Una vez enclavados en el lugar apropiado se conectarán todos los módulos a la red eléctrica.
- Si la comunicación se va a realizar de forma cableada, cablee adecuadamente los módulos pertenecientes a las luminarias con la centralita que les corresponda.
- Si la comunicación se va a realizar de manera inalámbrica debe asegurar una perfecta conexión de las antenas de cada módulo.
- Abra la llave de paso de la corriente de la centralita y de los módulos luminaria.
- Espere a que los reflectores de las luminarias acudan automáticamente a la posición cero o de inicio.
- Elija el modo de trabajo guiándose por la tabla que relaciona altura del cultivo con potencia de las lámparas e introduzcalo a través del teclado de la centralita.

POTENCIA	400	600	1000
ALTURA 1	D	H	L
ALTURA 2	C	G	K
ALTURA 3	B	F	J
ALTURA 4	A	E	I

- Si desea cambiar de modo de trabajo presione la tecla correspondiente a este.
- Para desconectar la instalación es recomendable que presione en el teclado de la centralita la tecla STOP, de esta manera todas las luminarias acudirán a su posición cero o de inicio y quedarán paradas hasta que se reciba nueva orden. Tras esto es recomendable desconectar con la llave de paso tanto la centralita como las luminarias.



### 3.- Planos del equipo

#### 3.1.-Planos de disposición espacial

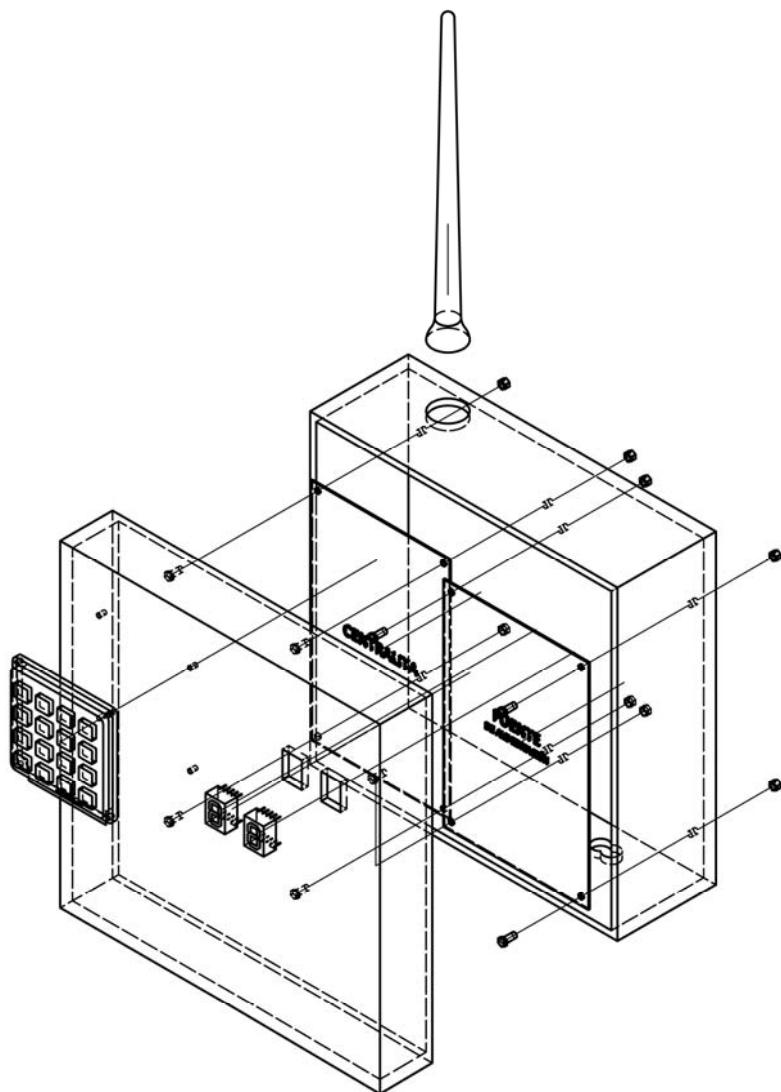


Fig. 1 Plano de disposición espacial y despiece de la centralita.

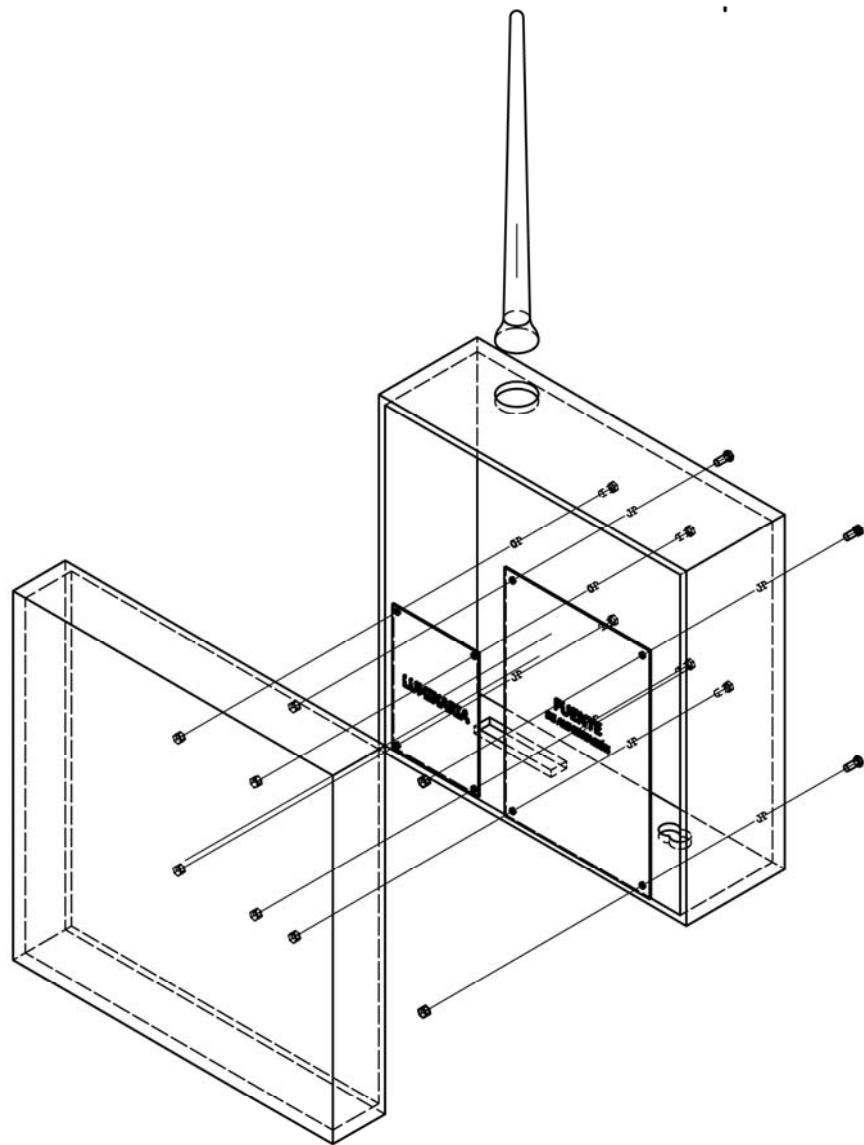
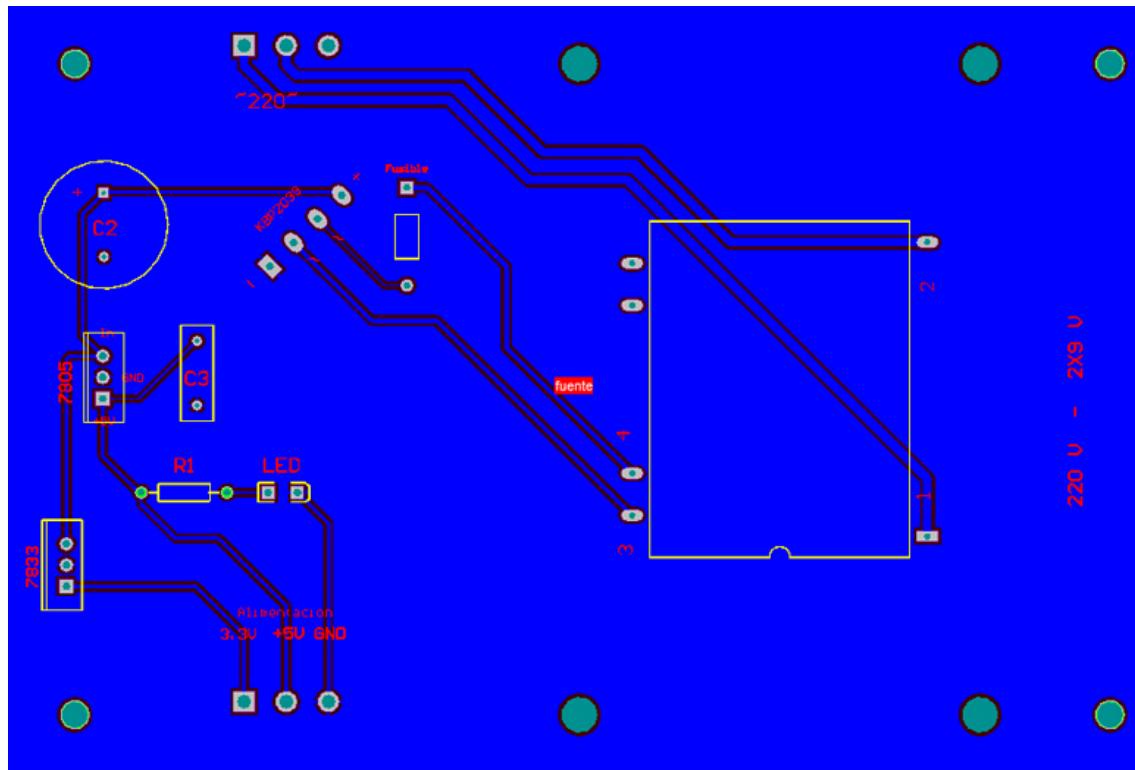
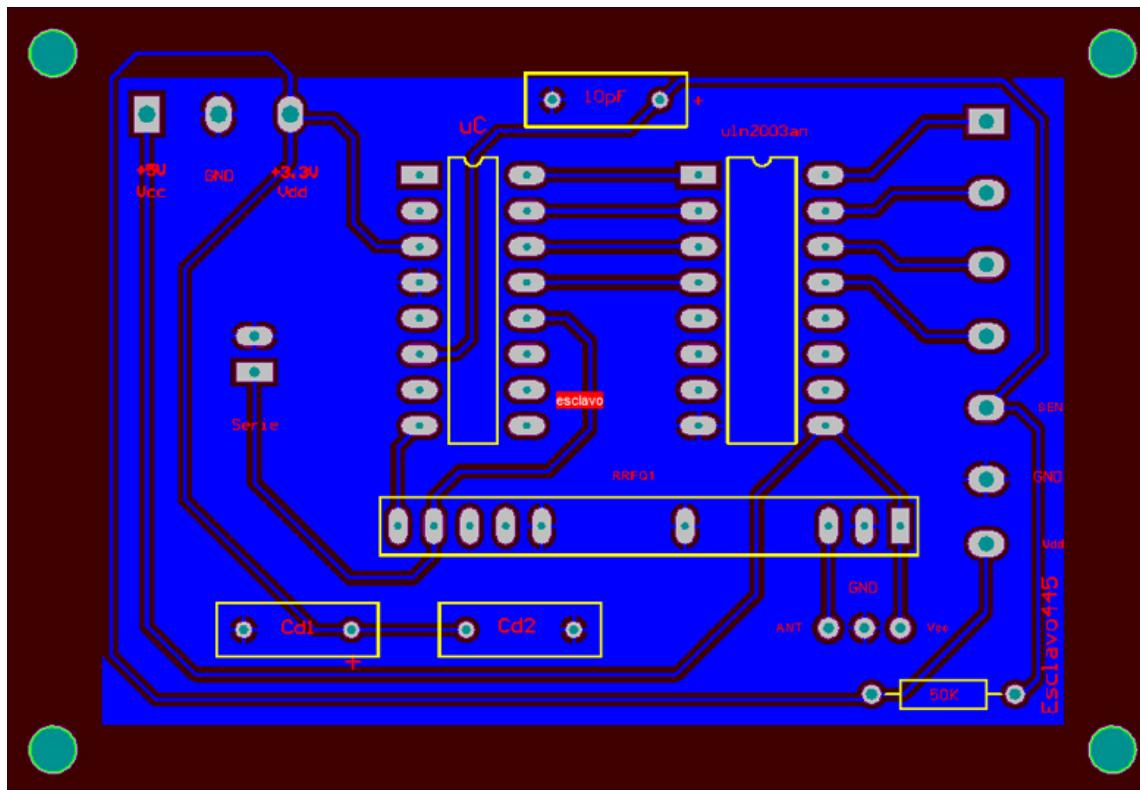


Fig. 2 Plano de disposición espacial y despiece del modulo de control de la luminaria

### **3.2.-Planos de los circuitos**



**Fig. 3 Plano general de la fuente de alimentación**



**Fig. 4 Plano general del módulo de control de la luminaria**

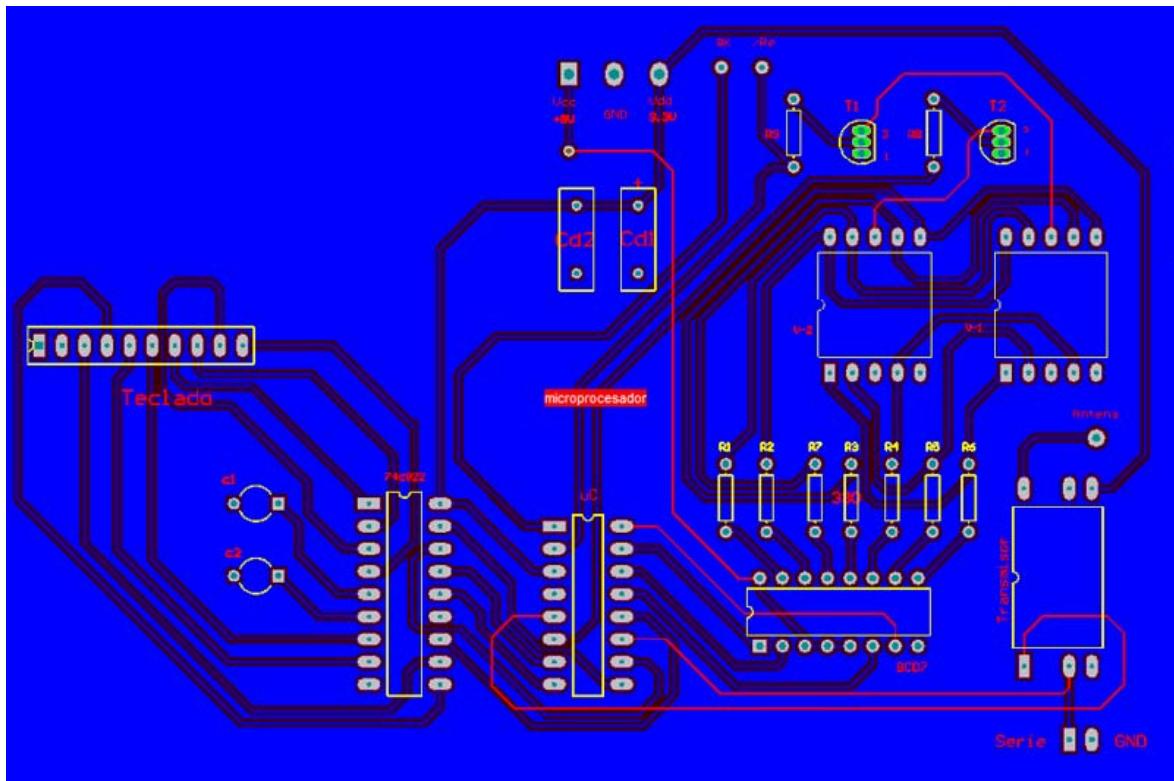


Fig. 5 Plano general de la centralita

## 4.- Medidas de seguridad

- Evitar la proyección directa de agua u otros líquidos sobre la carcasa de los módulos, tanto de la centralita como el correspondiente a cada luminaria.
- No quitar o introducir el enchufe de la toma de red con las manos mojadas.
- Antes de realizar cualquier operación de mantenimiento o limpieza desconecte el sistema de la toma de corriente.
- No tirar del cable de alimentación para desconectar el aparato.
- No instalar el aparato cerca de fuentes de calor.
- Usted o cualquier persona ajenas al servicio técnico oficial sólo están autorizados a intervenir en el cambio del fusible, que será del tipo y valor indicados en el apartado de Mantenimiento.
- Cualquier otro cambio en el equipo deberá ser efectuado exclusivamente por personal especializado y perteneciente al servicio técnico oficial.
- Seguir estrictamente las recomendaciones de limpieza que se describen en el apartado Mantenimiento.
- Para evitar daños no conecte el aparato a tensiones distintas de las especificadas por el fabricante. Tensión de conexión 220v – 50Hz.
- El rango de temperaturas para el que sea diseñado el aparato, es el comprendido entre -5°C y 75 ° C, por lo tanto deberá evitarse una exposición continuada a temperaturas por encima de las anteriormente especificadas.
- Evitar en la medida de lo posible someterlo a golpes.



## 5.- Mantenimiento

### Instrucciones de limpieza

- Desconecte de la red.
- Limpie las carcasa con un paño suave humedecido con agua y jabón diluido o alcohol.
- Nunca limpie con sustancias corrosivas como ácidos, ni tampoco con una gran cantidad de agua ya que no se asegura la estanqueidad.

### Cambio del fusible

Si algún módulo del sistema no funciona, ya sea la centralita o el sistema de control de la luminaria, antes de acudir al servicio técnico para su reparación debe comprobar si la causa de su avería es el fundido del fusible. Para ello siga estas instrucciones:

- Desconecte el sistema de la red eléctrica.
- Abra la carcasa.
- Tenga cuidado de no romper conexiones o cableados internos.
- Compruebe si el fusible está fundido.
- Si lo esta sustitúyalo por uno de sus mismas características: 2A y 250 V.
- Cierre adecuadamente la carcasa.



## 6.- Condiciones de Garantía

- El fabricante garantiza el producto contra todo defecto de fabricación o defectos en el material.
- El periodo de garantía es de 24 meses.
- El periodo de garantía dará comienzo en la fecha que se realice la instalación del aparato y que vendrá avalada por la factura correspondiente o el albarán de entrega.
- Durante el periodo de garantía el fabricante repondrá las piezas defectuosas en origen, sin coste alguno para el cliente y se hará cargo de los gastos de desplazamiento, mano de obra y transporte.
- De igual manera el fabricante reconoce al titular de este documento, y durante el plazo de 6 meses el derecho a la sustitución del modelo por otro de idénticas características o la devolución del precio pagado por él, si no fuera satisfactoria su reparación y el aparato no revistiese las condiciones óptimas necesarias para cumplir el uso al que estuviese destinado.



## 7.- Acciones que Anulan la Garantía

Hay determinadas acciones que le aconsejamos no realice ya que anularían la garantía y que en este apartado le enumeramos.

- Darle cualquier uso distinto para el que fue concebido.
- Instalación incorrecta o no reglamentaria como conectarla a un voltaje distinto al señalado.
- Averías causadas por fenómenos atmosféricos, geológicos o bélicos.
- Intervención de personal técnico no oficial.
- Averías causadas por el desgaste debido a un mal mantenimiento.
- Averías causadas por caídas, golpes, violencia, robo, fuego, o vertido de líquidos en cantidades no recomendadas.
- Defectos como corrosión, oxidación o cualquier otro defecto estético proveniente de un mal uso, mal mantenimiento, o que hayan sido acelerados por cualquier tipo de circunstancia climatológica.



## 8.-Fecha y Firma

El documento presente, denominado Manual de Instrucciones, ha sido elaborado por Marcos Franceschini Mincholé, estudiante de Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en Electrónica Industrial.

Fdo: Marcos Franceschini Mincholé

Zaragoza, 25 de Agosto del 2010.

