

Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

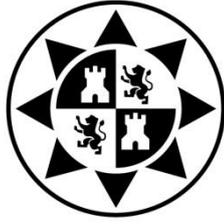
ÍNDICE

MEMORIA.....	4
1. Introducción.....	5
1.1. Objeto del proyecto.....	5
1.2. Breve descripción.....	5
2. Normativa.....	5
3. Descripción general del diseño.....	5
3.1. Funcionamiento.....	5
3.2. Componentes.....	7
PLANOS.....	12
PLIEGO DE CONDICIONES.....	41
4. Depósito.....	42
4.1. Dimensiones del depósito.....	42
4.2. Control de nivel en el depósito.....	43
5. Tuberías.....	48
5.1. Tuberías del depósito al calderín.....	48
5.2. Tuberías del calderín a la plancha.....	49
6. Agua.....	51
6.1. Tratamiento del agua.....	51
6.2. Parámetros para el tratamiento del agua.....	51
6.3. Problemas frecuentes.....	52
6.4. Equipos para el tratamiento del agua.....	53
7. Bomba de agua.....	56
7.1. Control de la bomba.....	56
7.2. Circuito detector de nivel para el accionamiento de la bomba.....	56
7.3. Funcionamiento del circuito.....	58
8. Calderín.....	59
8.1. Aislamiento térmico.....	59
8.2. Características del aislante elegido.....	59
8.3. Dimensiones del calderín.....	60
8.4. Detector de presión en el calderín.....	60
8.5. Elemento calefactor.....	63
9. Elemento de planchado.....	68
9.1. Partes que conforman el elemento de planchado.....	68
9.2. Elemento calefactor de la plancha.....	70
9.3. Vapor de la plancha.....	72
9.4. Indicador luminoso de la plancha.....	73
9.5. Circuito final para el control del elemento de planchado	74
10. Pantalla LCD.....	75
10.1. Introducción.....	75
10.2. Indicaciones de la pantalla LCD.....	79
10.3. Programación de la pantalla LCD.....	80
10.4. Circuito de control de la pantalla LCD.....	82

Proyecto Fin de Carrera

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

11. Accionamiento del sistema.....	84
11.1. Control.....	84
11.2. Programa para el accionamiento del sistema.....	85
11.3. Alimentación de la bomba.....	86
11.4. Alimentación del elemento calefactor.....	86
11.5. Alimentación de la plancha.....	87
12. Montaje del sistema.....	88
13. Seguridad.....	89
13.1. Medidas de seguridad.....	89
13.2. Seguridad y protección del operario.....	89
13.3. Mantenimiento de la instalación.....	89
13.4. Registro de las tareas de mantenimiento.....	90
PRESUPUESTO.....	91
Anexo I: Reglamento de sistemas a presión.....	95
Anexo II. Bibliografía.....	100



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Memoria

Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

1. Introducción

1.1. Objeto del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto la realización del Proyecto Final de Carrera para la titulación de Ingeniero Técnico Industrial: Especialidad en Electrónica Industrial.

1.2. Breve descripción

En este Proyecto Fin de Carrera abordaremos el diseño de una tarjeta de control para un sistema de planchado industrial. Se describirán las características funcionales del sistema de planchado en varias partes, se presentarán los circuitos y cálculos necesarios cumpliendo con la normativa, para llevar a cabo su elaboración y dar solución al problema propuesto.

2. Normativa

Para la realización del proyecto y la selección de materiales se ha tenido en cuenta la legislación vigente en materia de recipientes a presión.

Real decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión.

3. Descripción general del diseño

3.1. Funcionamiento

Vamos a automatizar el sistema para producir vapor en una caldera de 5 litros de capacidad a 3,5 bares de presión. Este vapor será suministrado a la plancha para proceder al planchado de los diferentes tejidos.

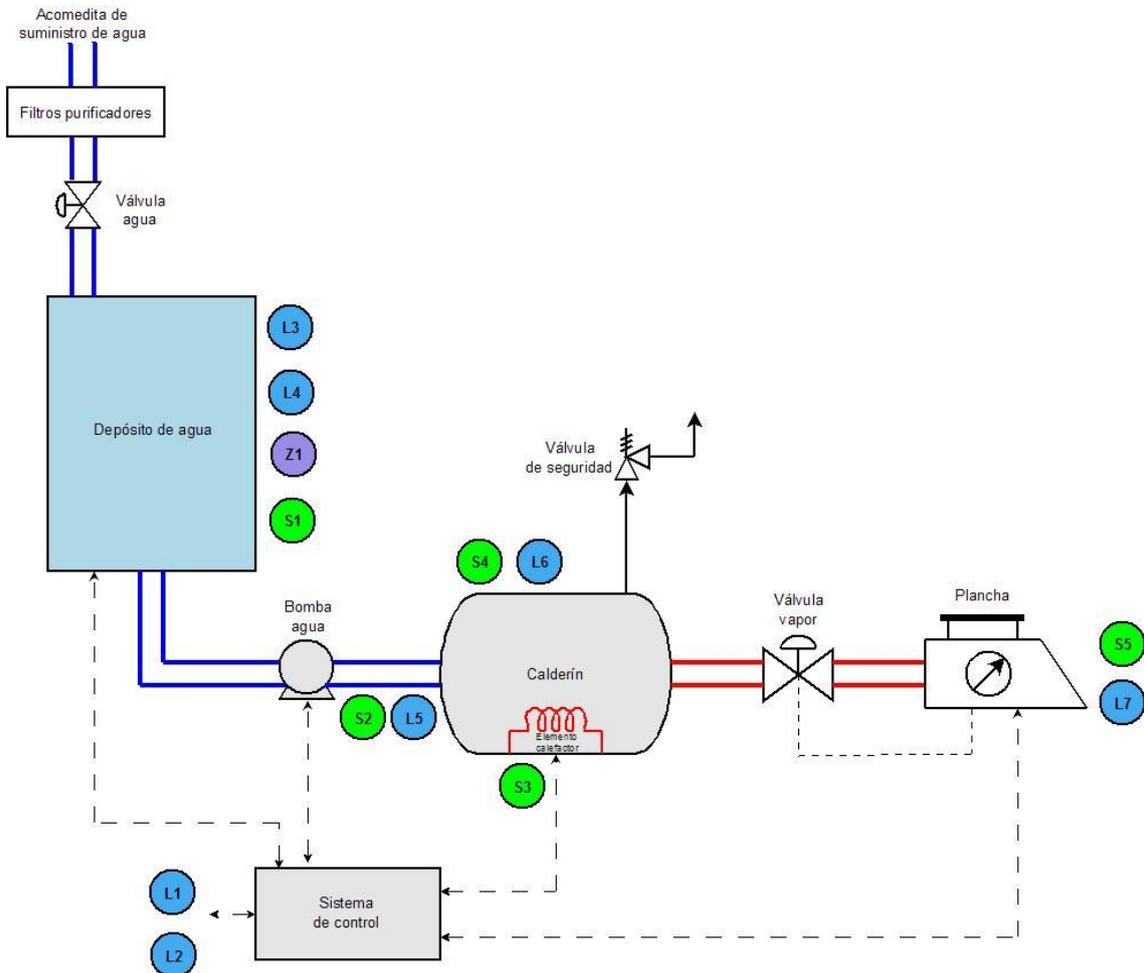
Una vez realizadas las comprobaciones correspondientes en el sistema se introduce una cantidad de agua a la caldera que es evaporada mediante un elemento calefactor.

Una vez que el vapor alcanza la presión adecuada el sistema está preparado para suministrar este vapor a la zona de planchado.

Para detectar averías en el sistema de planchado se han colocado una serie de sensores que nos previenen de un mal funcionamiento del sistema.

3.1.1. Esquema funcional del sistema

La distribución de las distintas partes y componentes de nuestro sistema es el siguiente:



- L1 y L2: Accionamiento del sistema (calderín y plancha).
- L3: Activación de la bomba de agua del depósito (nivel medio).
- L4: Alarma depósito (problema en el suministro de agua).
- L5: Activación de la bomba de aporte de agua al calderín.
- L6: Activación de la válvula de seguridad del calderín (presión alta).
- L7: Elemento de planchado en funcionamiento.
- Z1: Alarma acústica del depósito (problema de suministro de agua).
- S1: Sensor de nivel en el depósito.
- S2: Sensor de nivel en el calderín (accionamiento bomba).
- S3: Sensor de temperatura en el elemento calefactor del calderín.
- S4: Sensor de presión en el calderín.
- S5: Sensor de temperatura en el elemento calefactor de la plancha.

3.2. Componentes

3.2.1. Sistema de planchado

- Plancha

La plancha se encontrará alimentada por una fuente de vapor, la cual podremos controlar manualmente mediante un pulsador. La plancha dispondrá de un elemento calefactor, encargado de calentar la base de la plancha, la cual está fabricada en acero inoxidable.

Para garantizar tanto la seguridad del usuario como la durabilidad de los componentes, la temperatura de la plancha se encontrará controlada por medio de un termostato.

- Depósito

El depósito de agua contará con una capacidad de 200 litros, teniendo de este modo una reserva de agua en caso de corte del suministro. Sus dimensiones serán 98 cm de altura y 62 cm de diámetro. El depósito estará fabricado en polietileno.

- Calderín

El calderín contará con una capacidad de 5 litros y un volumen de 8dm³.

El aislamiento será de gran importancia, por lo que el calderín estará pintado exteriormente con una capa de imprimación antioxidante y otra capa de pintura antitérmica. Estará recubierto por una manta de lana de roca sin aglomerar con soporte de malla de acero galvanizado, recubierta a su vez por una envolvente de chapa galvanizada.

- Generación de vapor

La generación de vapor se realizará por medio del calentamiento del agua a altas temperaturas a través de un elemento calefactor.

El agua utilizada deberá pasar por varios tratamientos para asegurar su calidad y, por lo tanto, evitar problemas futuros por la degradación de los componentes.

Este sistema de planchado cumplirá la normativa correspondiente de los generadores de vapor y calderas.

- Seguridad en el sistema de planchado

Los materiales utilizados son robustos y resistentes, garantizando su larga duración.

Se han tomado las medidas de seguridad necesarias para evitar posibles fallos, sobre todo en lo referente a los sistemas de presión.

Contaremos con sensores de presión y nivel en el interior del calderín. Estos sensores asegurarán un correcto funcionamiento del sistema y una presión de planchado adecuada.

La temperatura de la plancha es un punto importante, ya que de ella depende la calidad del planchado y la seguridad del usuario. Como medida de seguridad se dispondrá de un termostato, con el que se proporcionará una temperatura estable.

El sistema de planchado cumple con la normativa vigente de protección contra el contacto directo del usuario con las partes de temperatura y presión elevadas. Los materiales utilizados tanto en el depósito como en el calderín son resistentes y buenos aislantes térmicos, proporcionando en el exterior una temperatura adecuada y segura para los usuarios.

En lo referente al control del sistema, las partes de tensión elevada no van a estar al alcance del usuario, ya sea por su localización o por uso de aislantes. El usuario únicamente podrá acceder al pulsador de accionamiento y detención del sistema, al pulsador de la presión de la plancha y a la pantalla de visualización del sistema.

3.2.2. Sensores

- Sensor de nivel

El sensor de nivel se encargará de controlar el nivel en el depósito y en el calderín, detectando cuando alcanza un límite preestablecido de agua.

Hemos elegido un sensor de nivel comercial de tipo boya. El sensor presenta protección ante la corrosión del agua y cerrará diversos interruptores de un circuito cuando alcance ciertos niveles.

En el calderín dispondremos de un interruptor de máximo y otro de mínimo, mientras que en el depósito contaremos con tres: un nivel máximo, un nivel medio para tener agua siempre disponible ante eventuales cortes de suministro y un nivel de vacío que nos alertará de un posible fallo en el aporte de agua de nuestro sistema.

- Sensor de presión

Para controlar la presión en el calderín contaremos con un transmisor de presión. Éste se encargará, por motivos de seguridad, de que la presión no exceda de los 5 bares.

En el caso de que en el calderín se alcance una presión máxima, se activará una válvula de seguridad que expulsará vapor de forma controlada fuera del calderín.

- Sensor de temperatura

En este proyecto necesitaremos controlar la temperatura del elemento calefactor situado en el calderín y la temperatura del elemento de planchado.

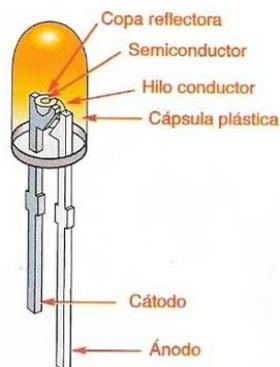
Utilizaremos dos sensores comerciales que nos darán una salida de tensión proporcional a la temperatura medida tanto en el elemento calefactor del calderín como en la plancha.

3.2.3. Indicadores

En este proyecto utilizaremos diversos indicadores para conocer el estado de nuestro sistema.

- LED's

Se utilizarán LED's de varios colores para indicar el estado de cada parte del sistema.



- Zumbador piezoeléctrico

Dispondremos de un zumbador piezoeléctrico que nos advertirá mediante una señal sonora que disponemos de una cantidad de agua muy baja dentro del depósito y que por lo tanto el aporte de agua al sistema es inexistente.

Para nuestro sistema hemos previsto conservar siempre un excedente de agua para seguir trabajando durante un tiempo aunque no exista aporte de agua de

la red local, por lo que será muy importante mantener siempre el depósito con una cantidad de agua suficiente.

- Pantalla LCD

Las pantallas de cristal líquido LCD (Liquid Cristal Display) tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económica.

En este proyecto utilizaremos una pantalla LCD 4x16. Esta contiene un módulo microcontrolado capaz de representar 4 líneas de 16 caracteres cada una. Para el control de esta pantalla se utilizará un microcontrolador que nos permitirá mostrar por pantalla el estado de nuestro sistema.



A continuación vamos a clasificar los posibles mensajes que podrán aparecer en la pantalla LCD utilizada en este proyecto:

- Nivel MAX: El nivel en el depósito es máximo. En este caso la bomba que aporta agua al depósito estará parada.
- Nivel OK: El nivel de agua en el depósito está por encima del nivel medio pero sin llegar a llenarlo. En este caso la bomba estará en funcionamiento.
- Nivel FALLA: El nivel en el depósito es muy bajo, existe algún problema con el aporte de agua al depósito.
- Nivel ERROR: Existe algún problema con el sensor de nivel.
- Plancha OK: La temperatura en la plancha es correcta y además está por debajo de los 125 °C.
- Plancha FALLA: La temperatura en la plancha es baja, activamos el elemento calefactor.

- Calefactor OK: La temperatura en el elemento calefactor situado en el calderín es la adecuada (por encima de los 100°C), por lo que la producción de vapor es correcta.
- Calefactor FALLA: La temperatura en el elemento calefactor situado en el calderín es inadecuada (por debajo de los 100 °C) y por lo tanto no se produce vapor en el calderín de forma correcta.
- Presión OK: La presión dentro del calderín es la adecuada.
- Presión FALLA: La presión dentro del calderín es demasiado alta, y por lo tanto la válvula de seguridad estará activada.

3.2.4. Microcontroladores

Para este proyecto utilizaremos un microcontrolador programado en C. Los microcontroladores son componentes muy versátiles y eficientes para el control de sistemas electrónicos.

Dispondremos de un microcontrolador que será el encargado de controlar la pantalla LCD mediante las instrucciones dadas y otro microcontrolador que controlará el accionamiento del sistema.

3.2.5. Actuadores

- Válvula de seguridad

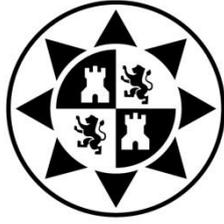
Es una parte importante del sistema, ya que de ella depende la expulsión de la presión en caso de superar el límite establecido. Deberá cumplir con todas las medidas de seguridad necesarias para que durante su activación no provoque daños a los operarios o al resto de componentes del sistema.

- Electroválvula

La función de la electroválvula será la de controlar el flujo de vapor a través de la tubería que une el calderín con la plancha. El accionamiento de esta válvula se hará de forma manual.

- Bomba

La función de la bomba es la de impulsar y transportar el agua del depósito al calderín. La bomba estará controlada por el nivel de agua del calderín. Ésta únicamente se activará cuando el nivel de agua se encuentre por debajo del mínimo propuesto.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



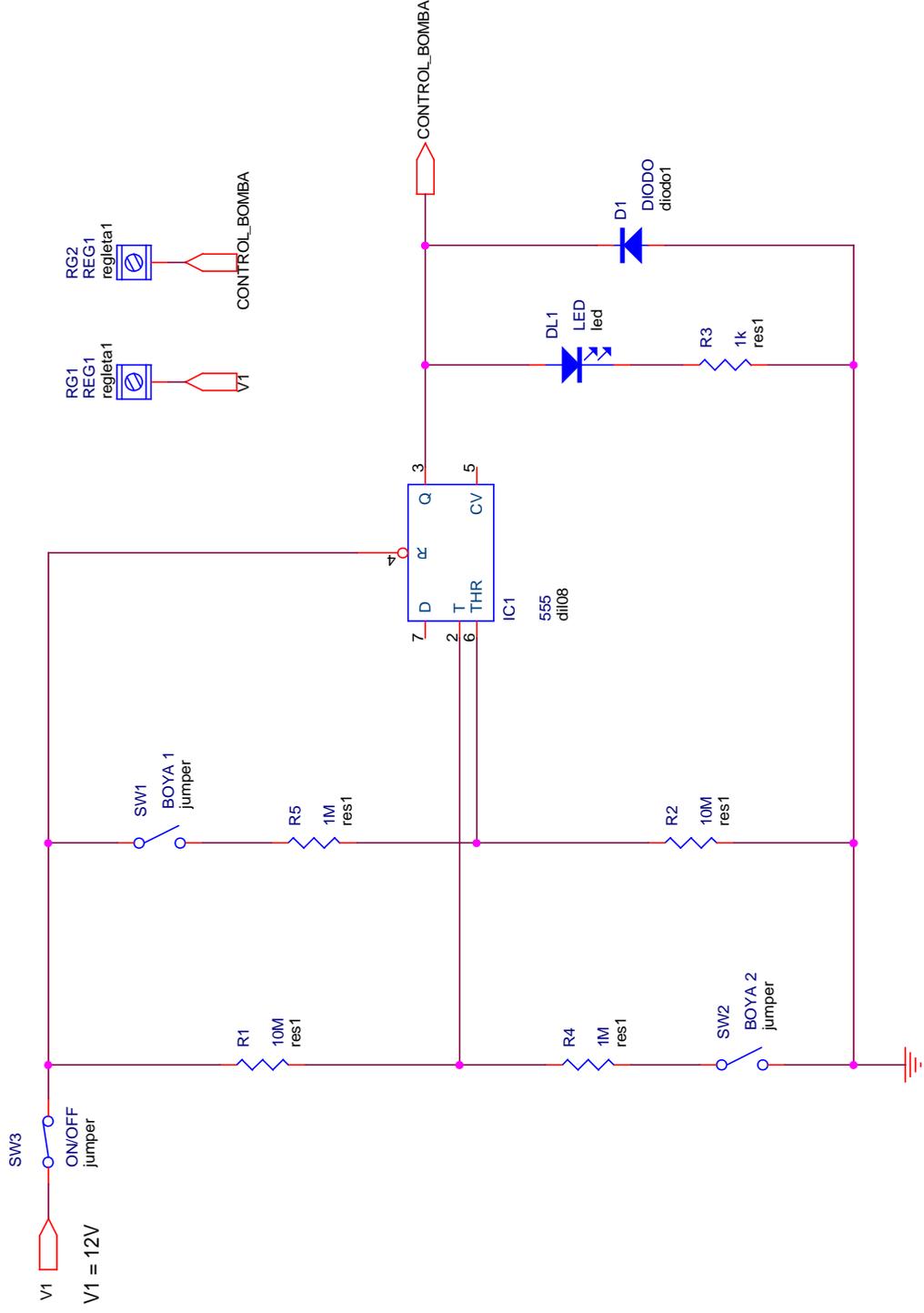
industriales

etsii UPCT

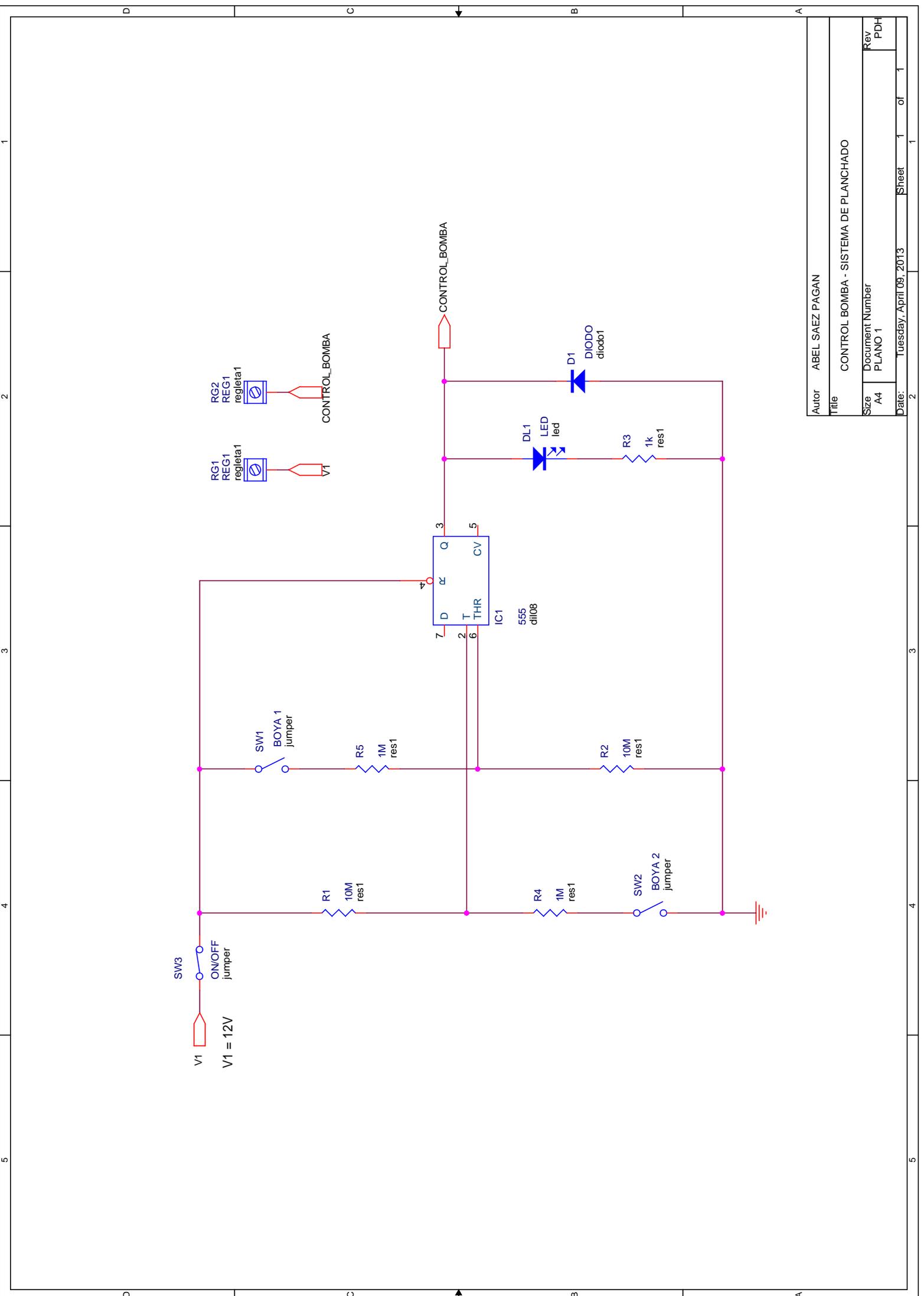
Planos

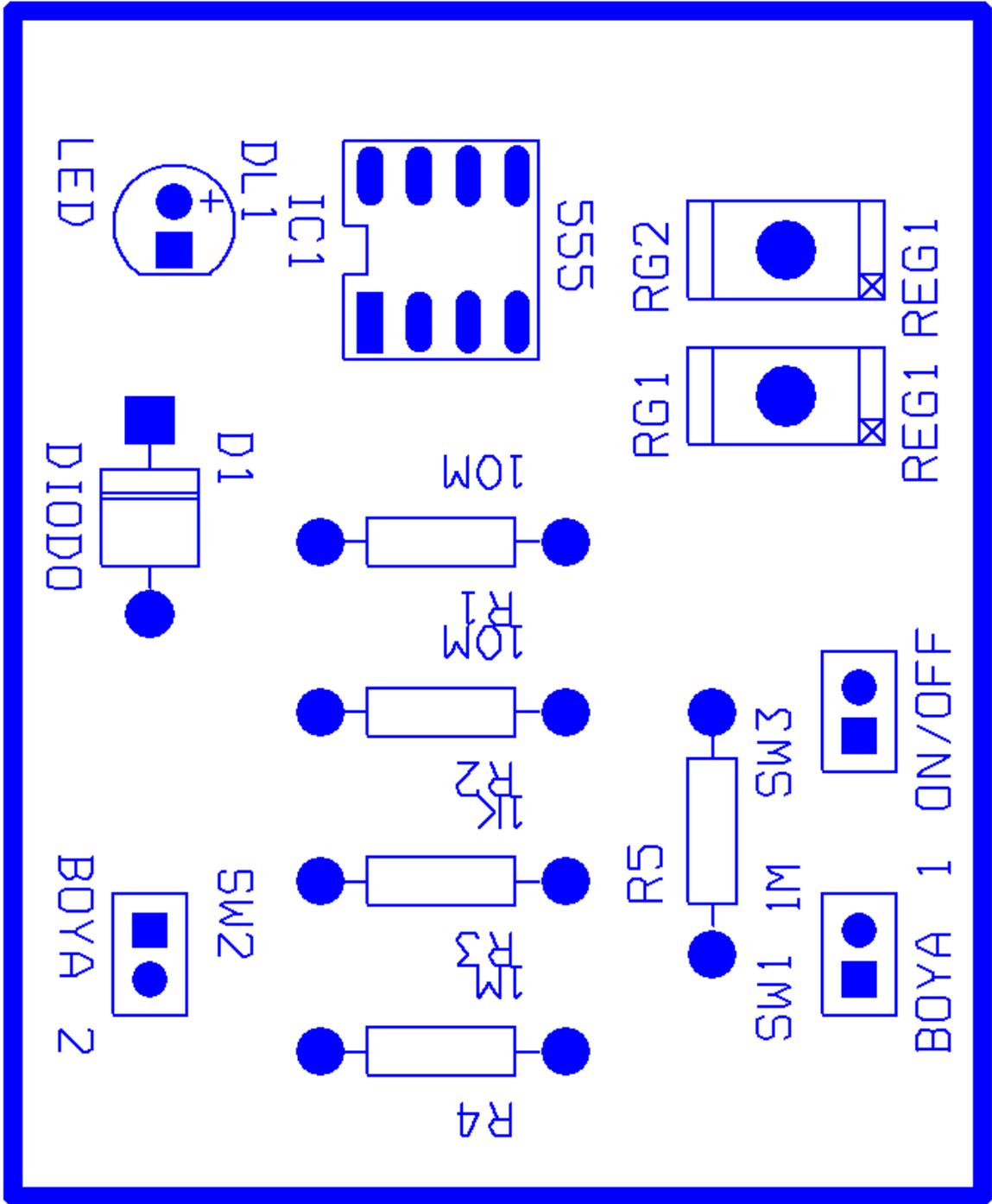
Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

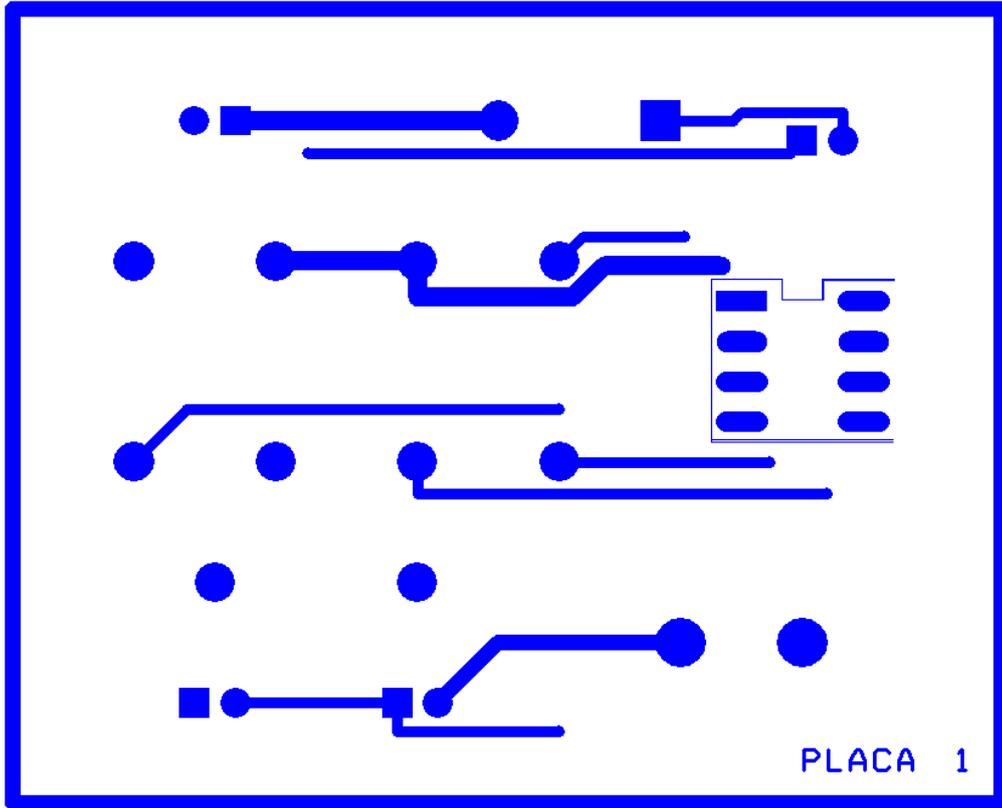


Autor		ABEL SAEZ PAGAN	
Title		CONTROL BOMBA - SISTEMA DE PLANCHADO	
Size	Document Number	Rev	PDH
A4	PLANO 1		
Date:	Tuesday, April 09, 2013	Sheet	1 of 1

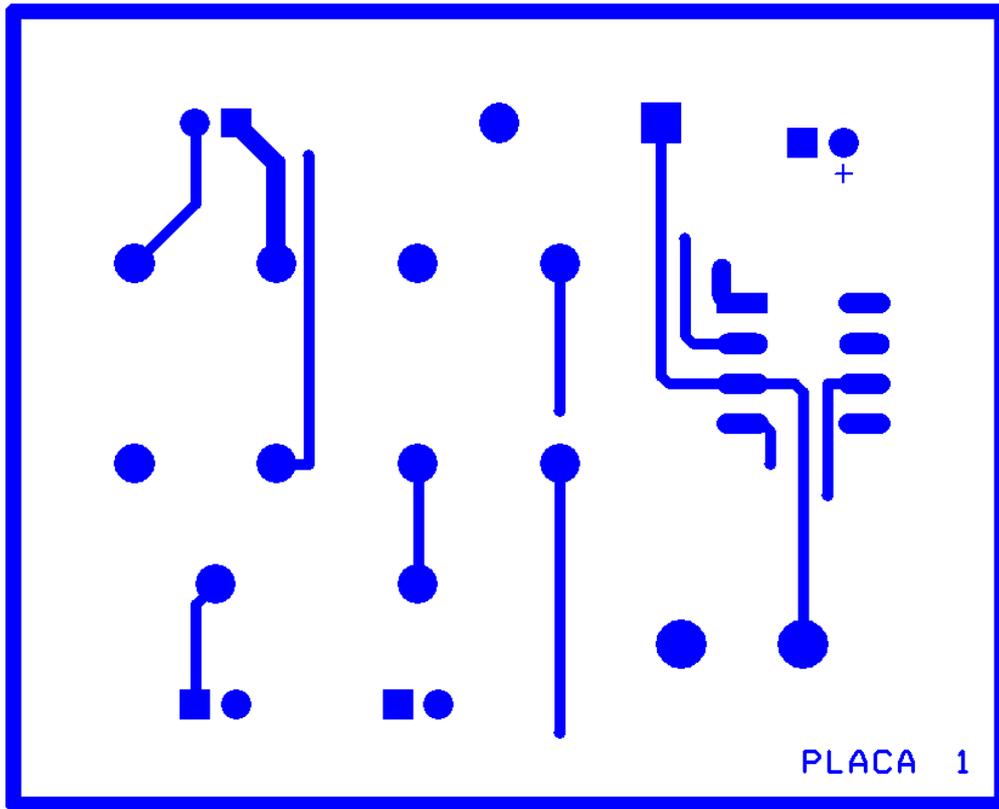




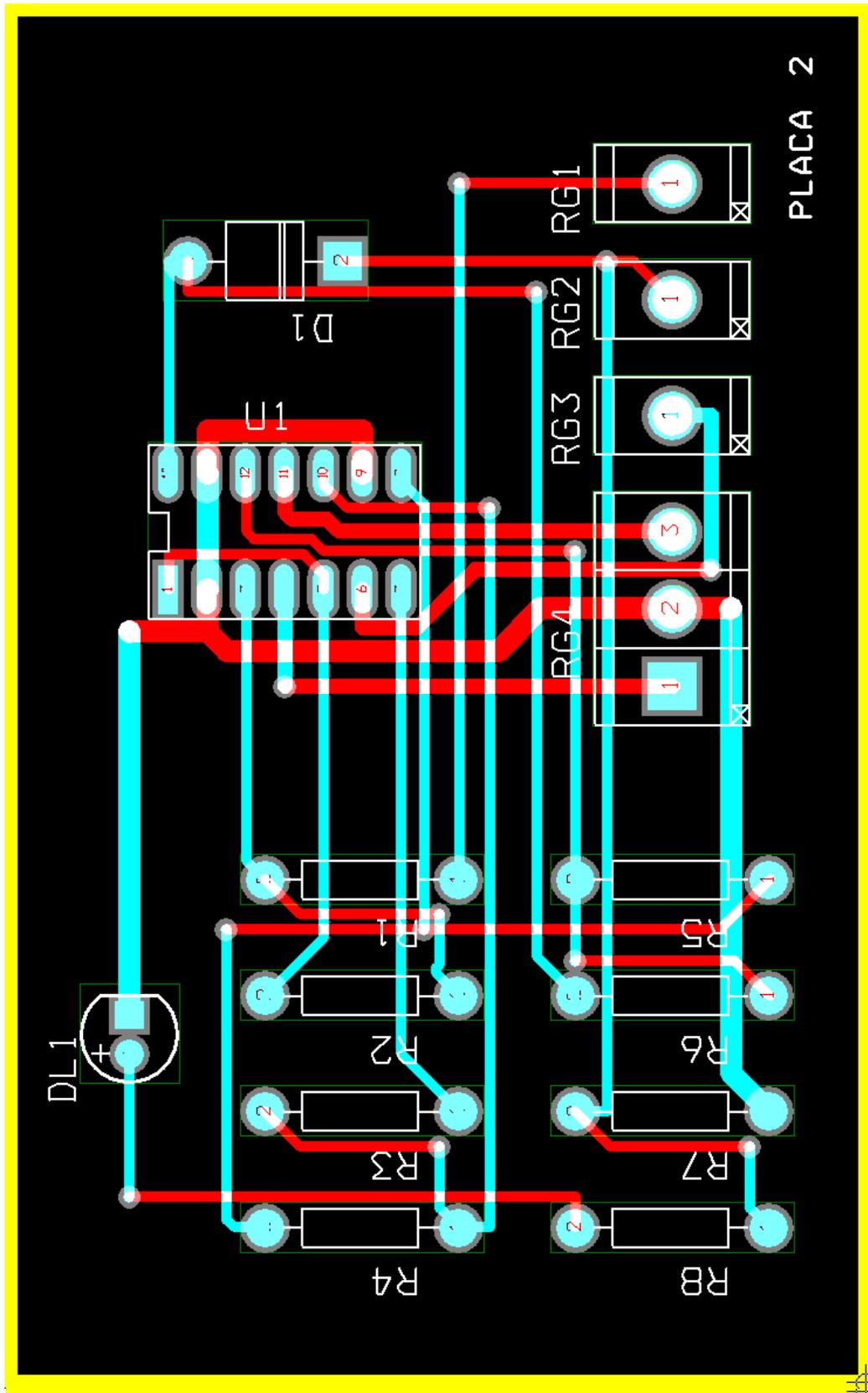
Control de la bomba de agua: Componentes.



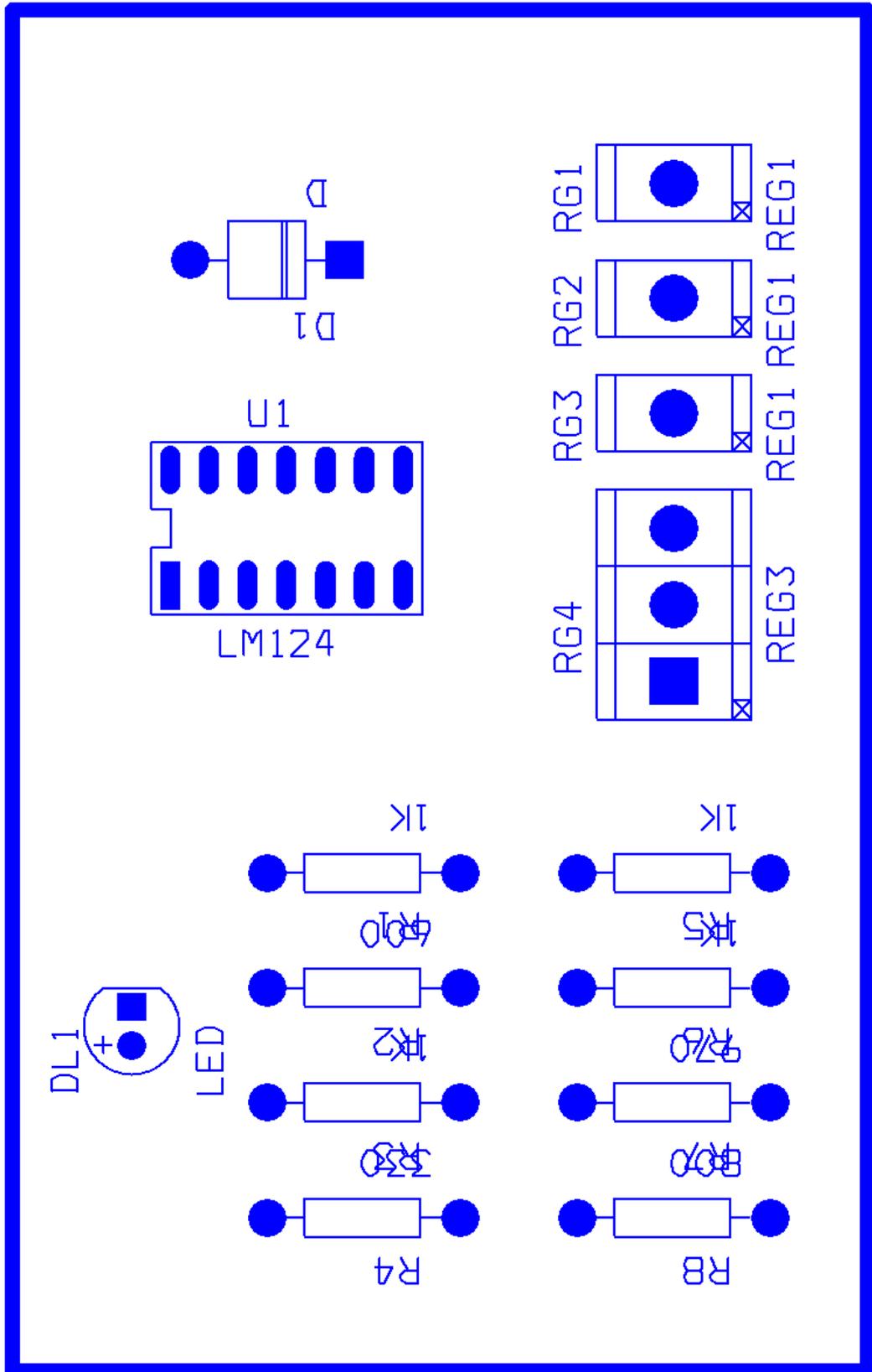
Control de la bomba de agua: Capa TOP



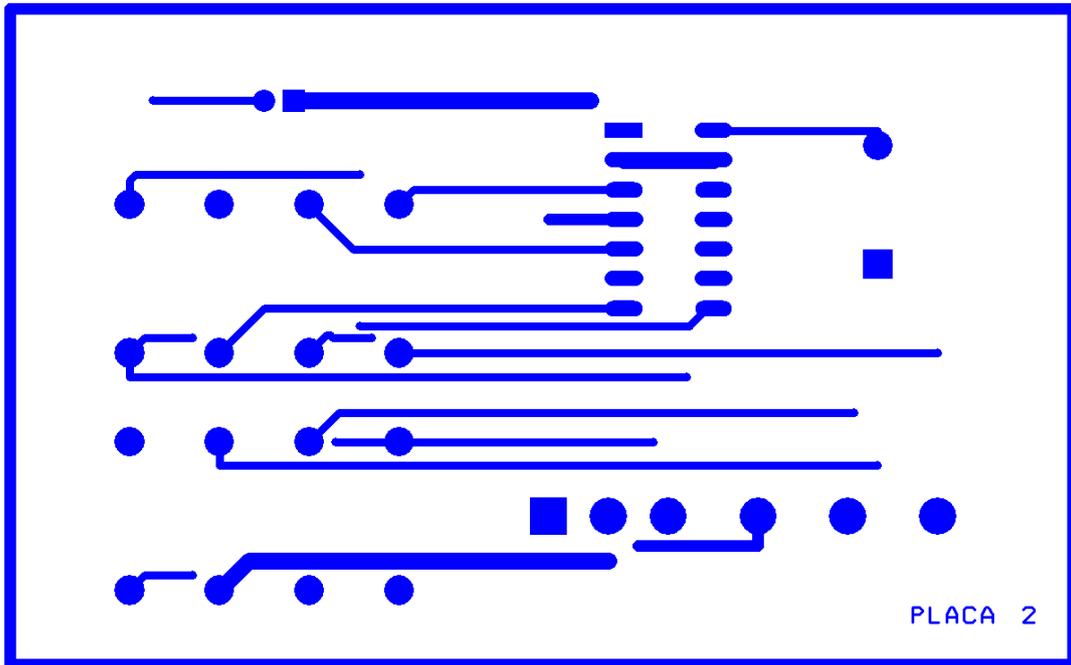
Control de la bomba de agua: Capa BOTTOM



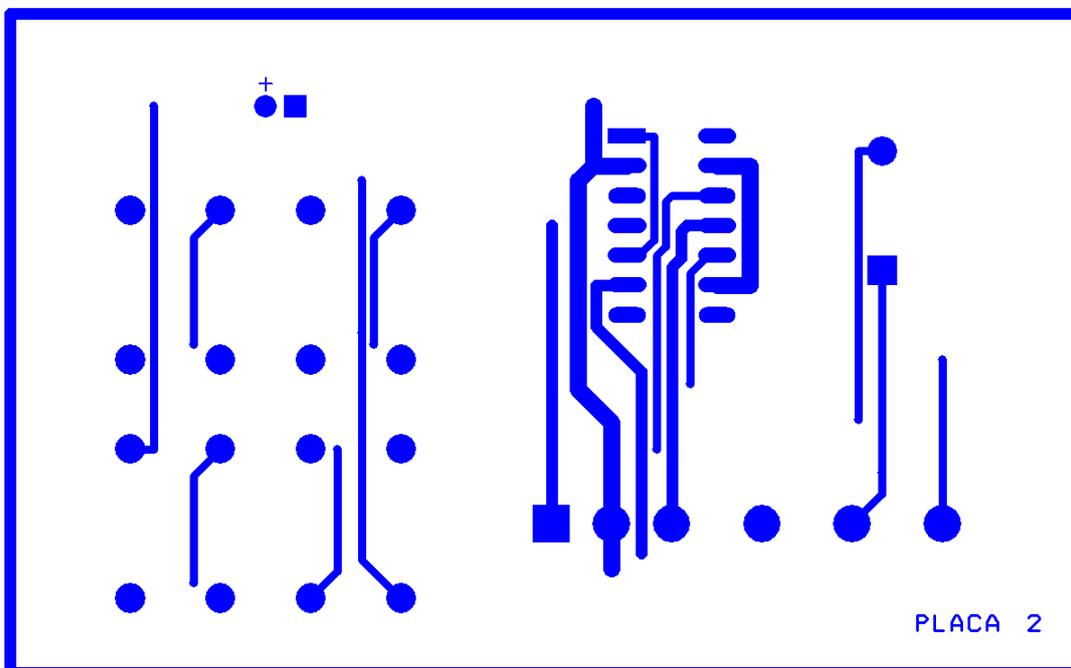
Control de presión en el calderín: Placa.



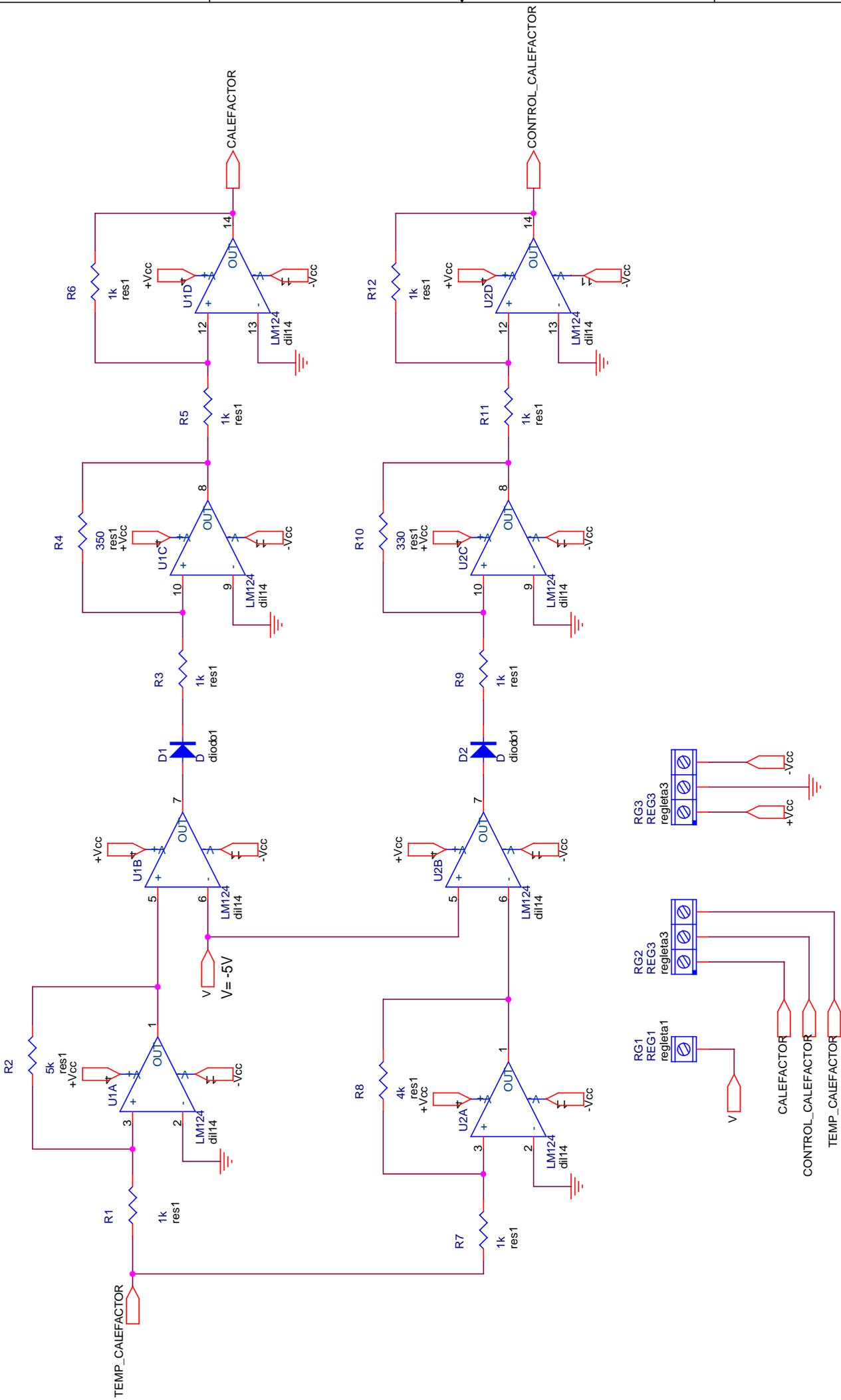
Control de presión en el calderín: Componentes



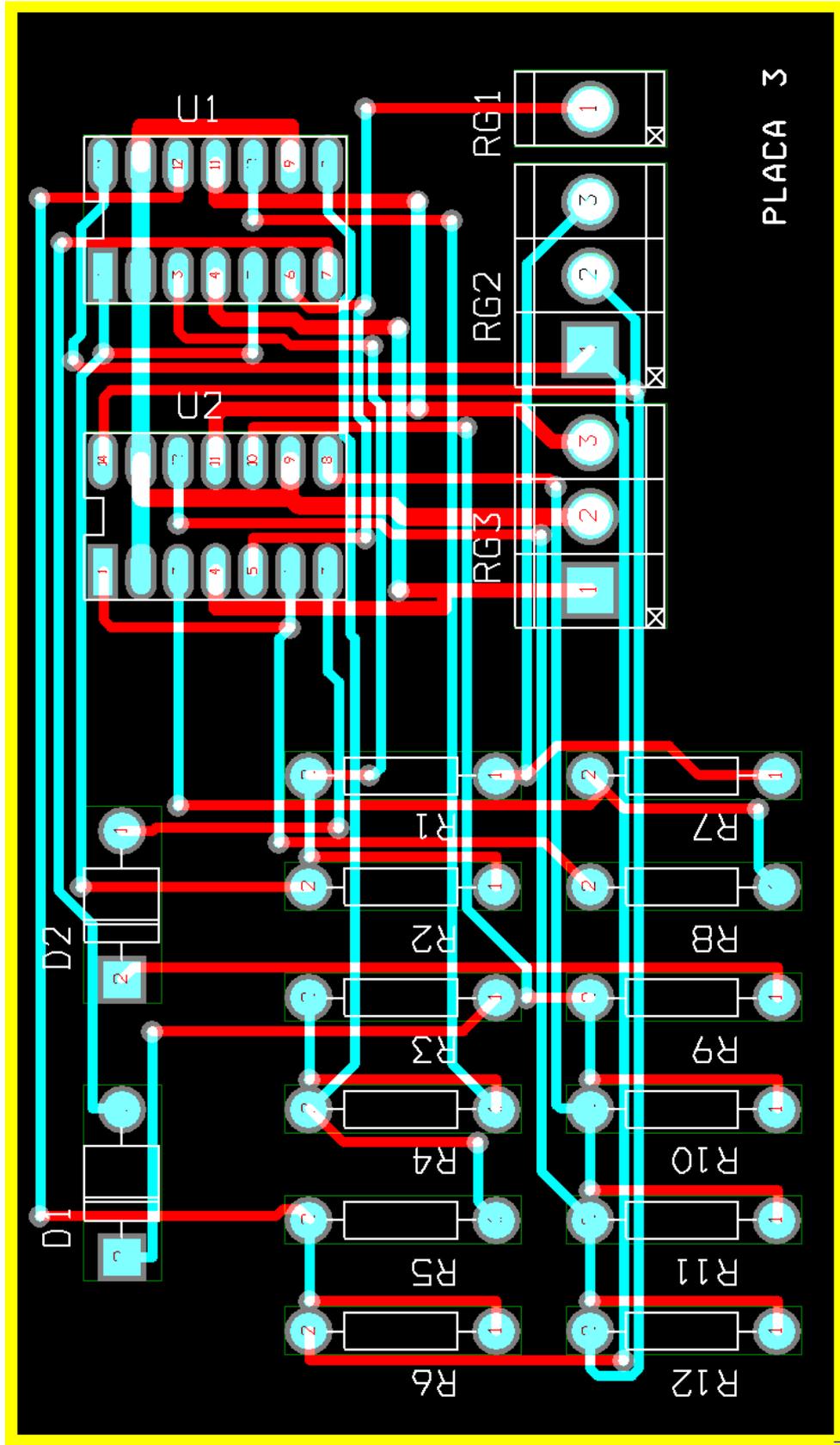
Control de presión en el calderín: Capa TOP



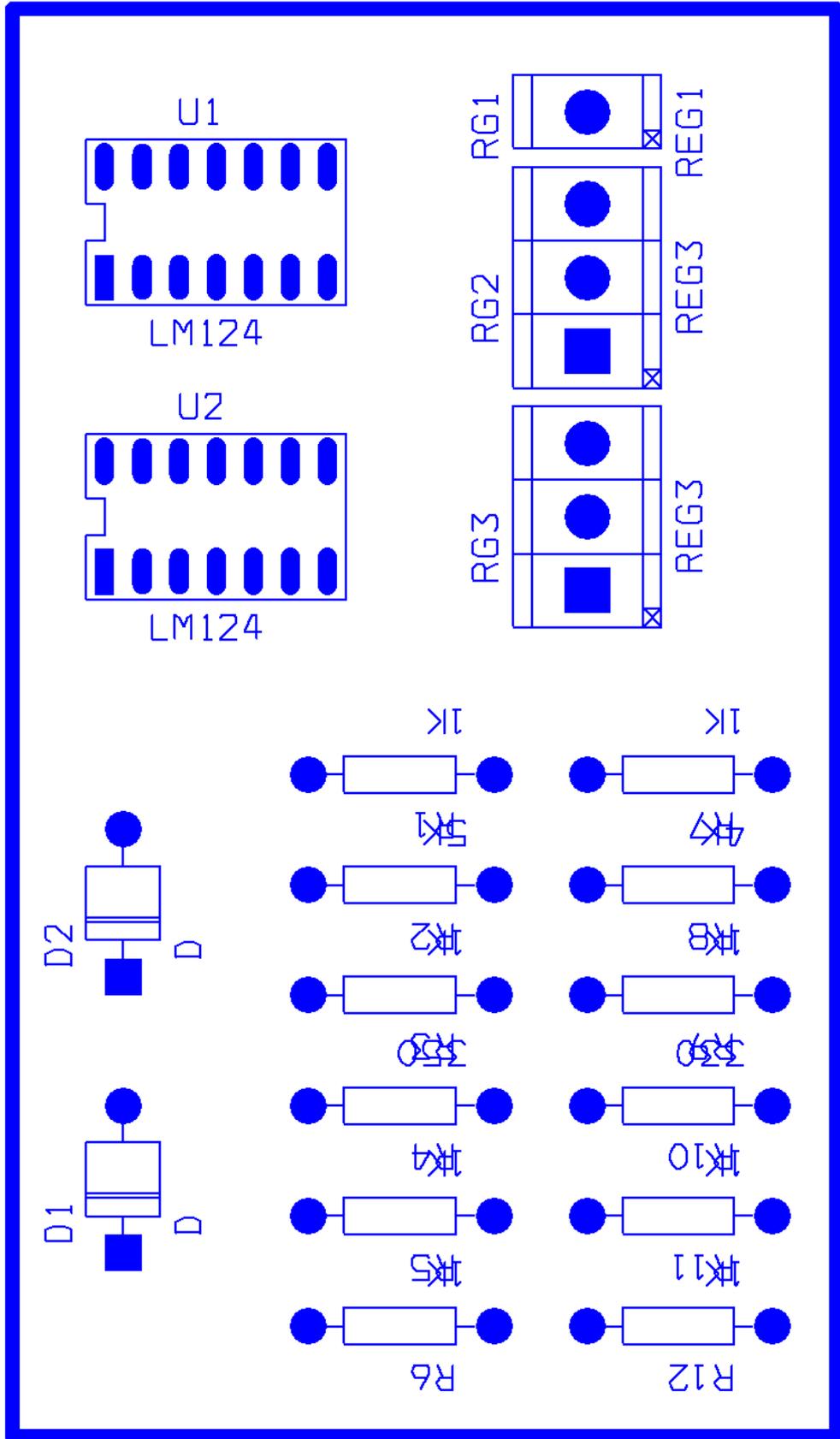
Control de presión en el calderín: Capa BOTTOM



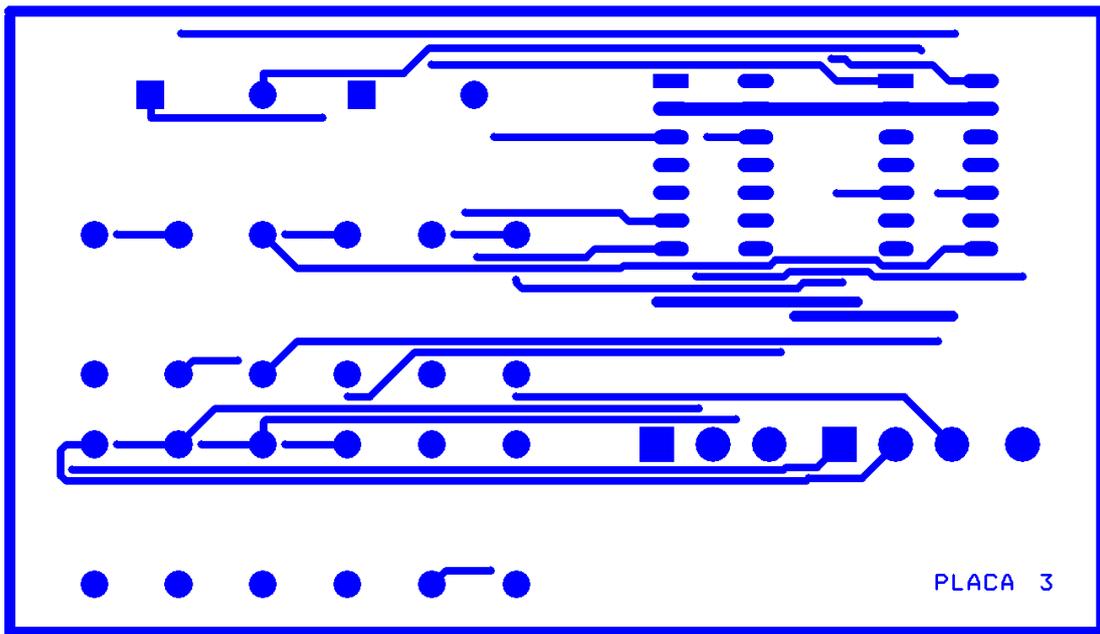
Autor		ABEL SAEZ PAGAN	
Title		CONTROL TEMPERATURA - SISTEMA DE PLANCHADO	
Size	A4	Document Number	PLANO 3
Date:	Monday, April 08, 2013	Sheet	1 of 1
Rev			



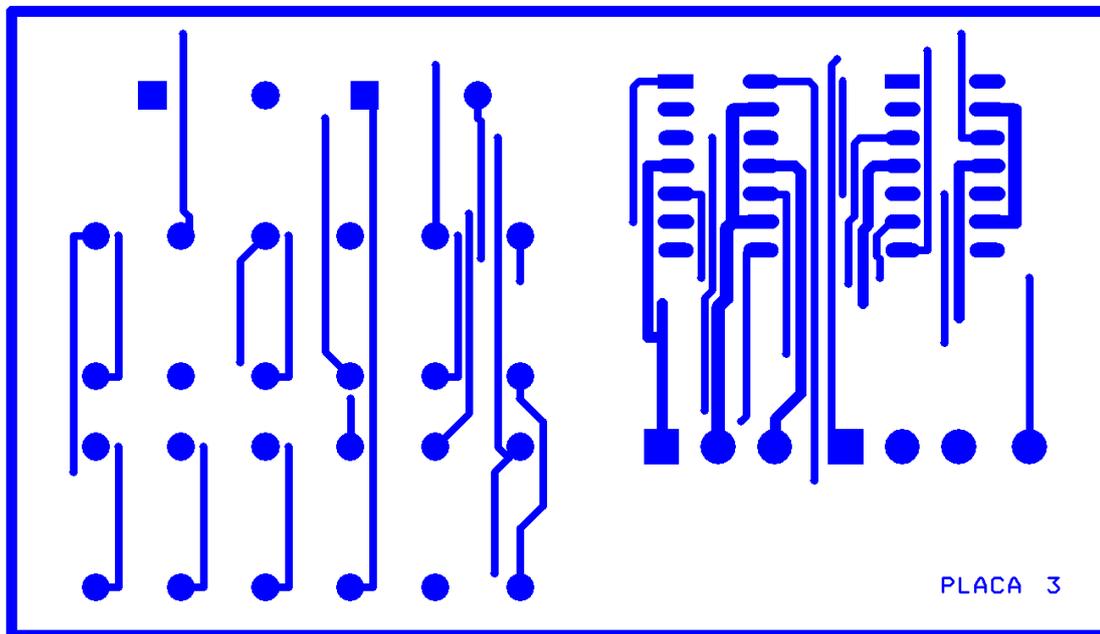
Control de temperatura en la resistencia del calderín: Placa.



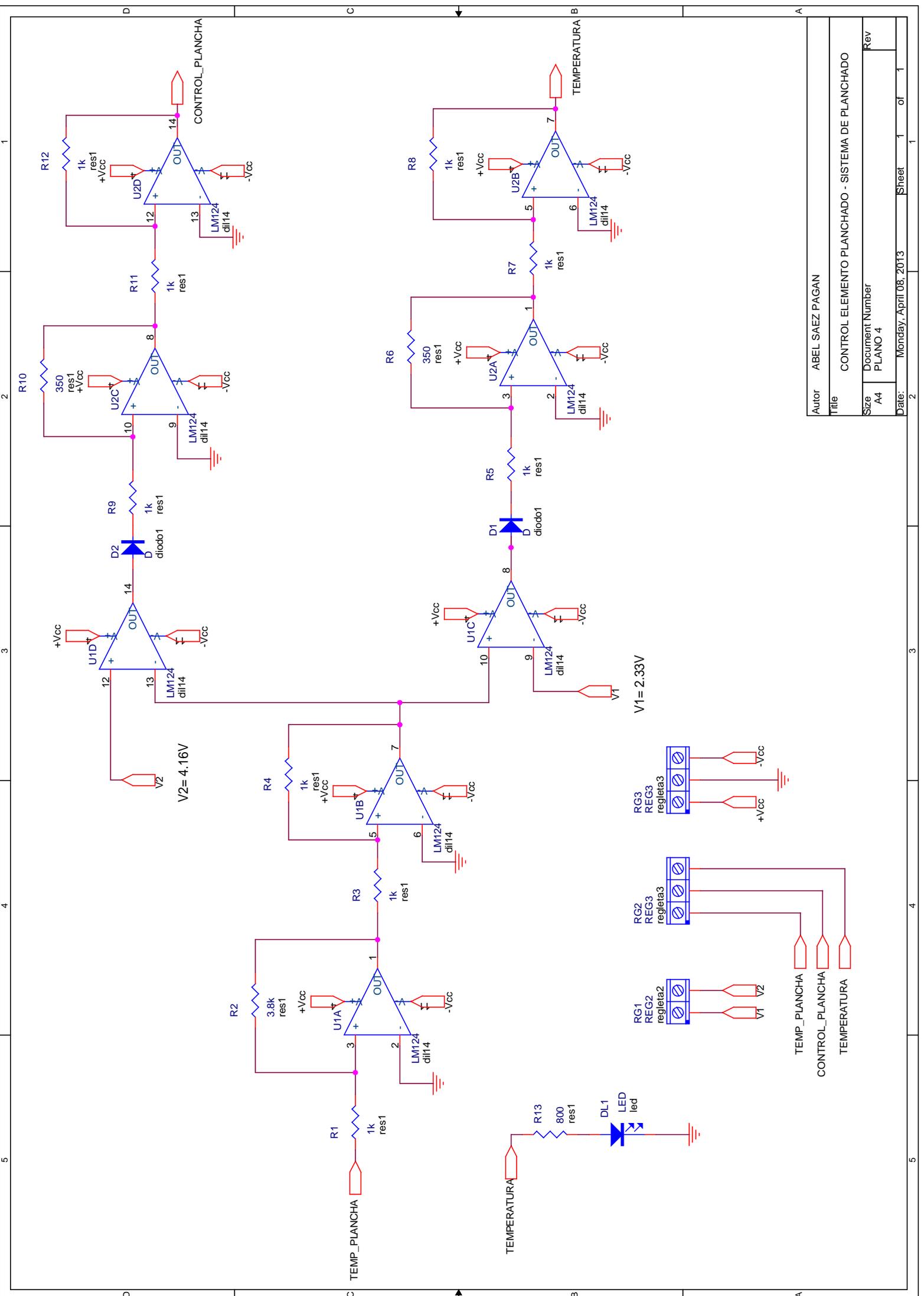
Control de temperatura en la resistencia del calderín: Componentes.



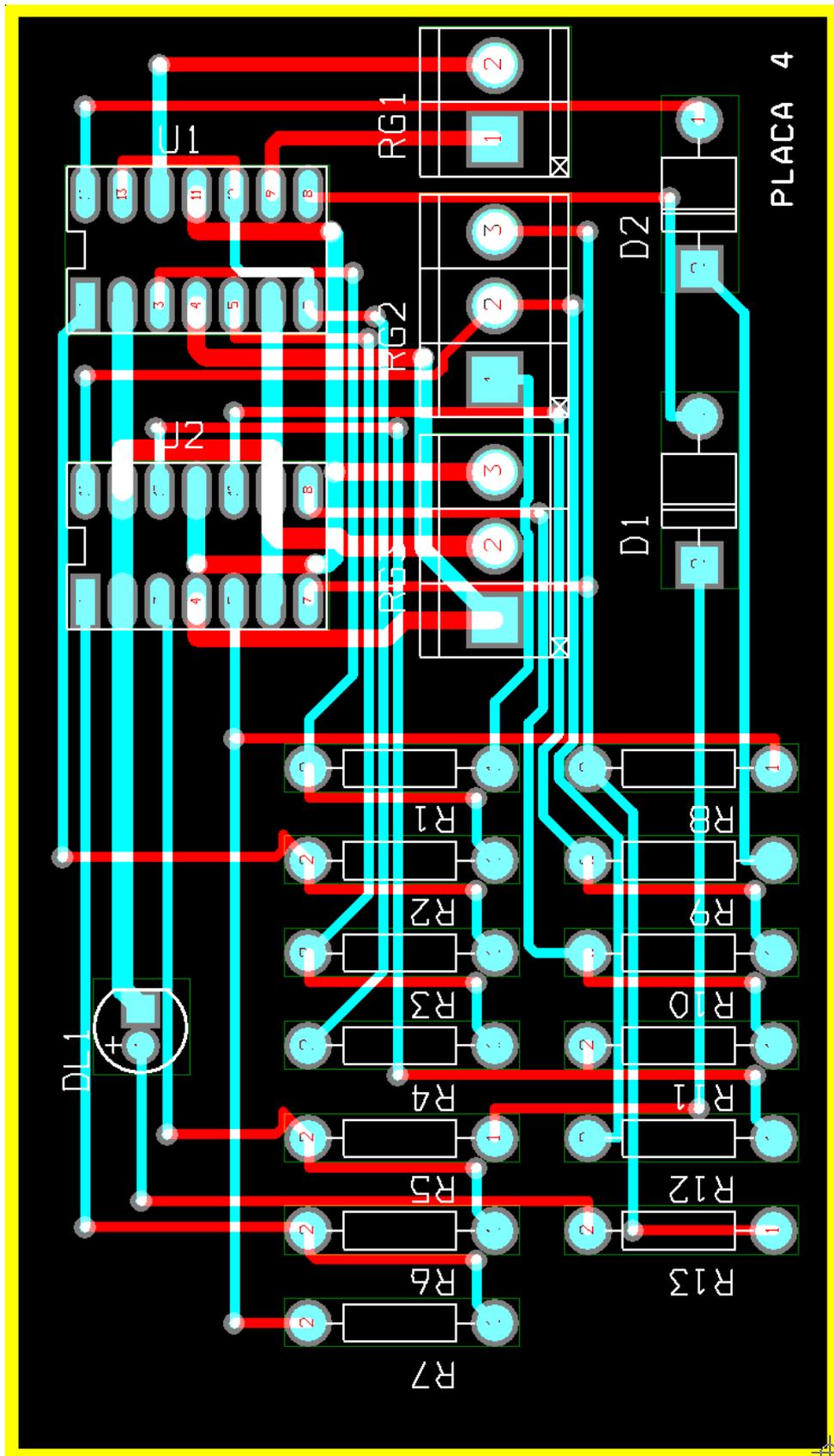
Control de temperatura en la resistencia del calderín: Capa TOP



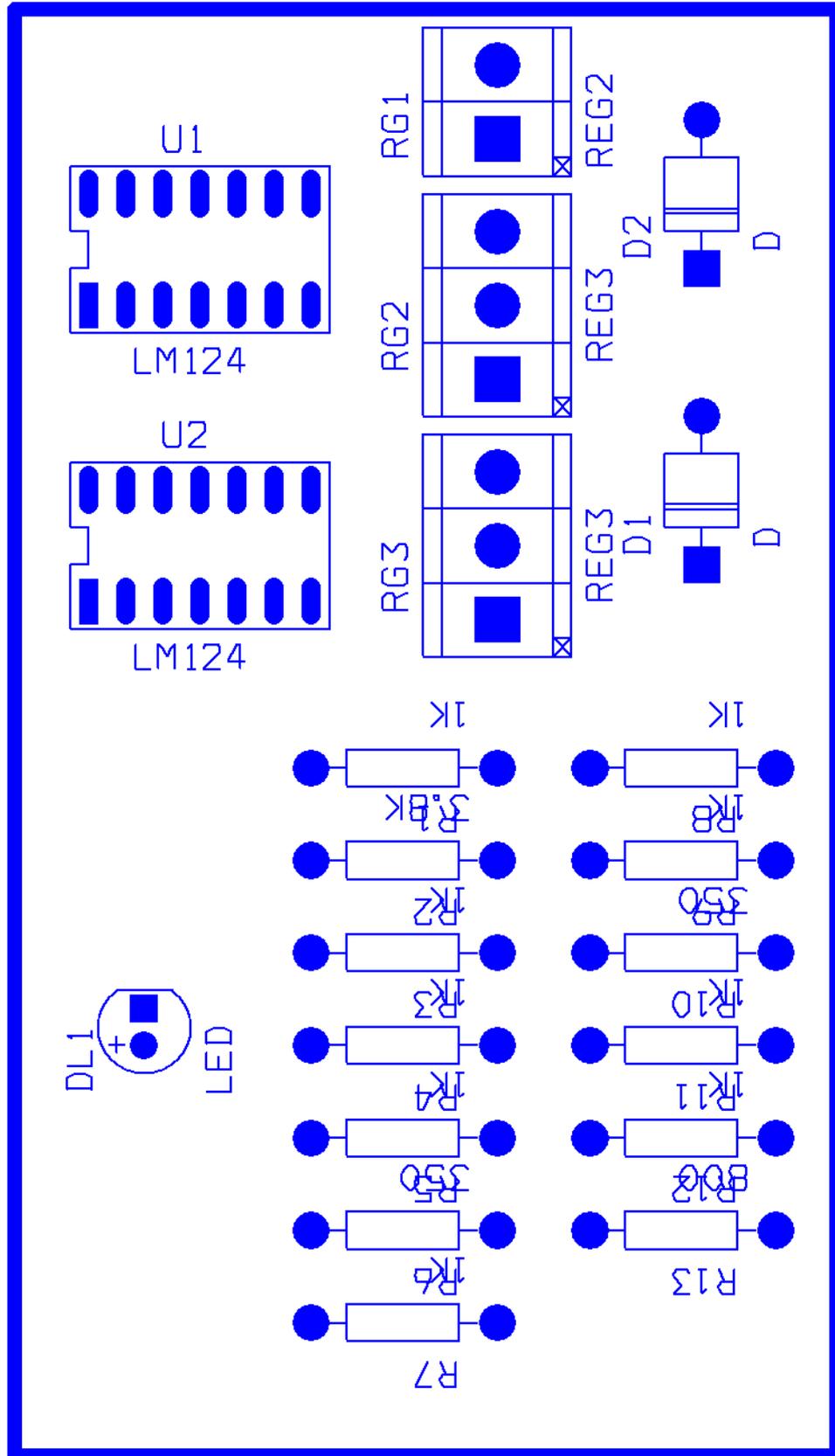
Control de temperatura en la resistencia del calderín: Capa BOTTOM



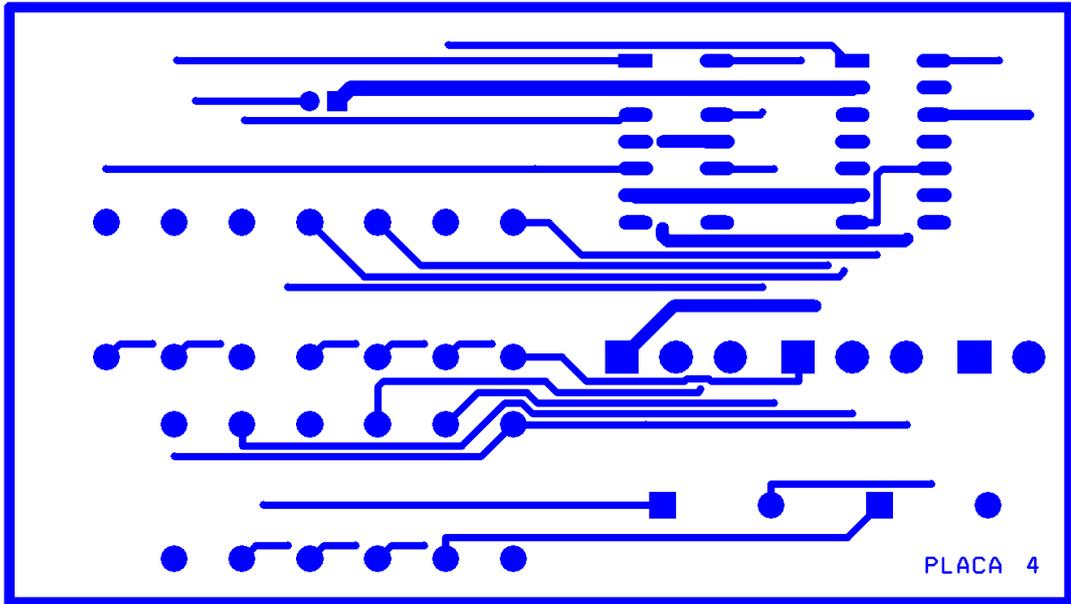
Autor		ABEL SAEZ PAGAN	
Title		CONTROL ELEMENTO PLANCHADO - SISTEMA DE PLANCHADO	
Size	Document Number	Rev	
A4	PLANO 4		
Date:	Monday, April 08, 2013	Sheet	1 of 1



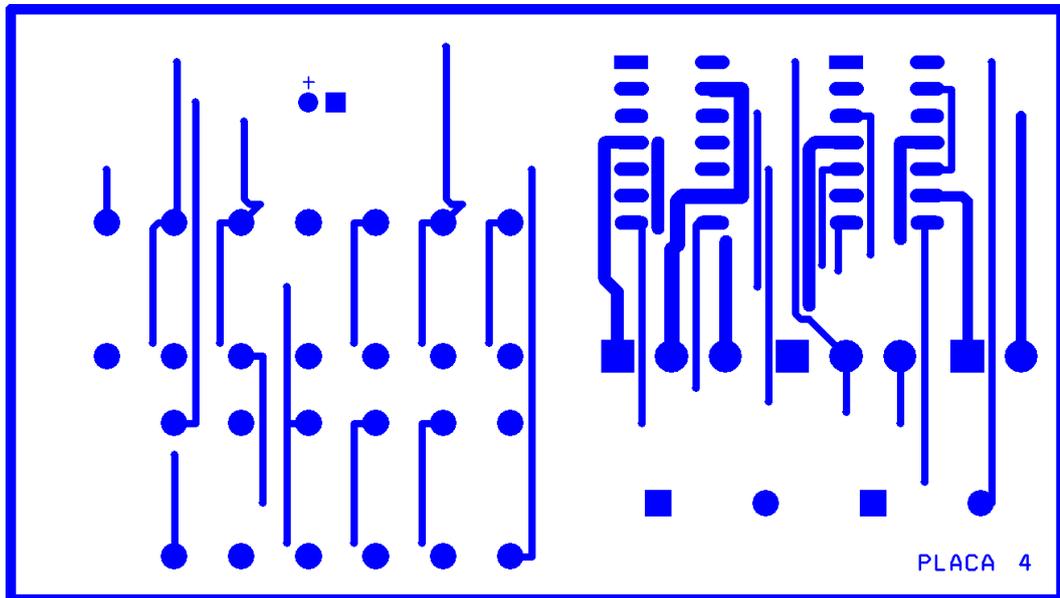
Control de temperatura en la plancha: Placa.



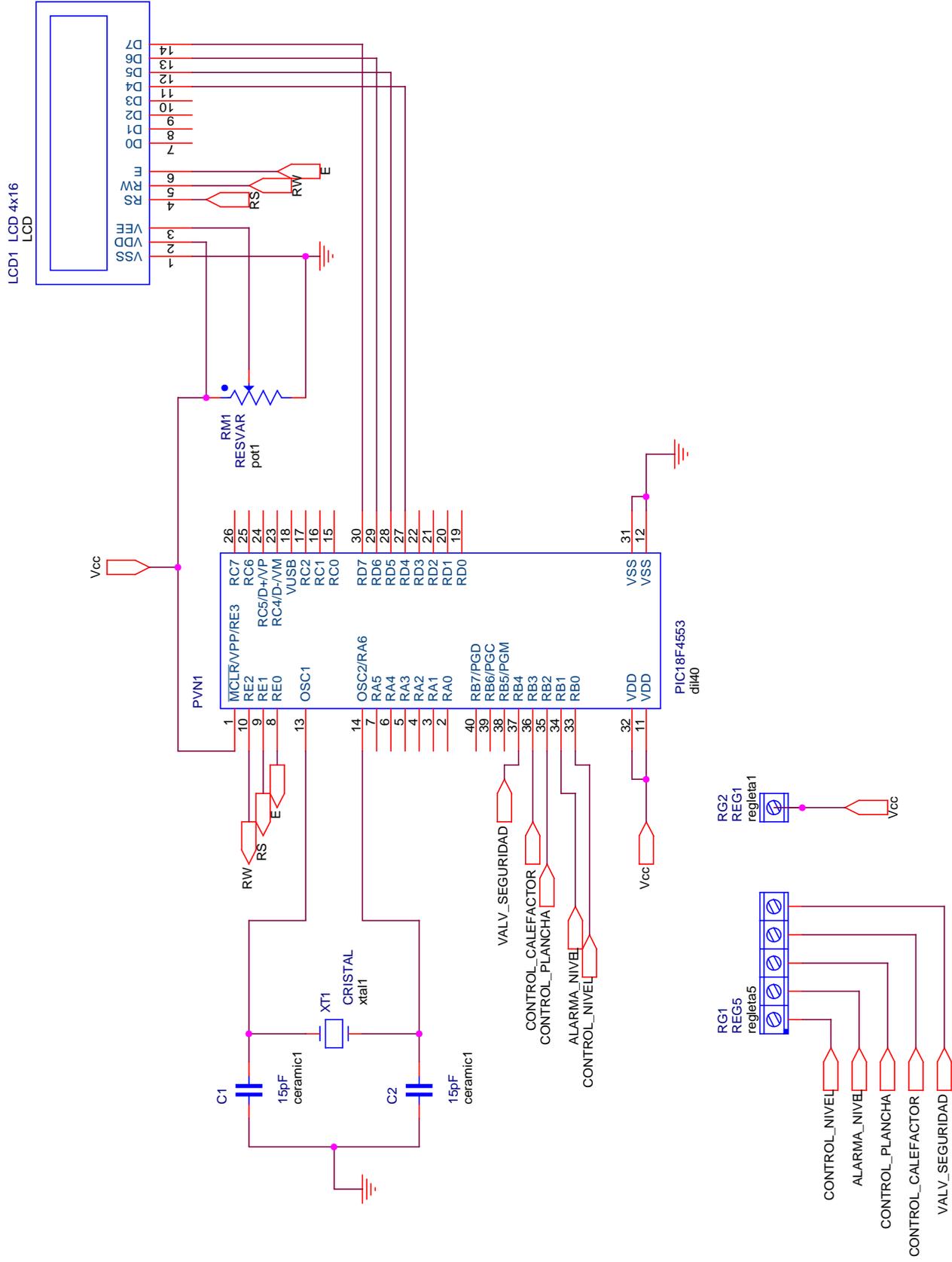
Control de temperatura en la plancha: Componentes.



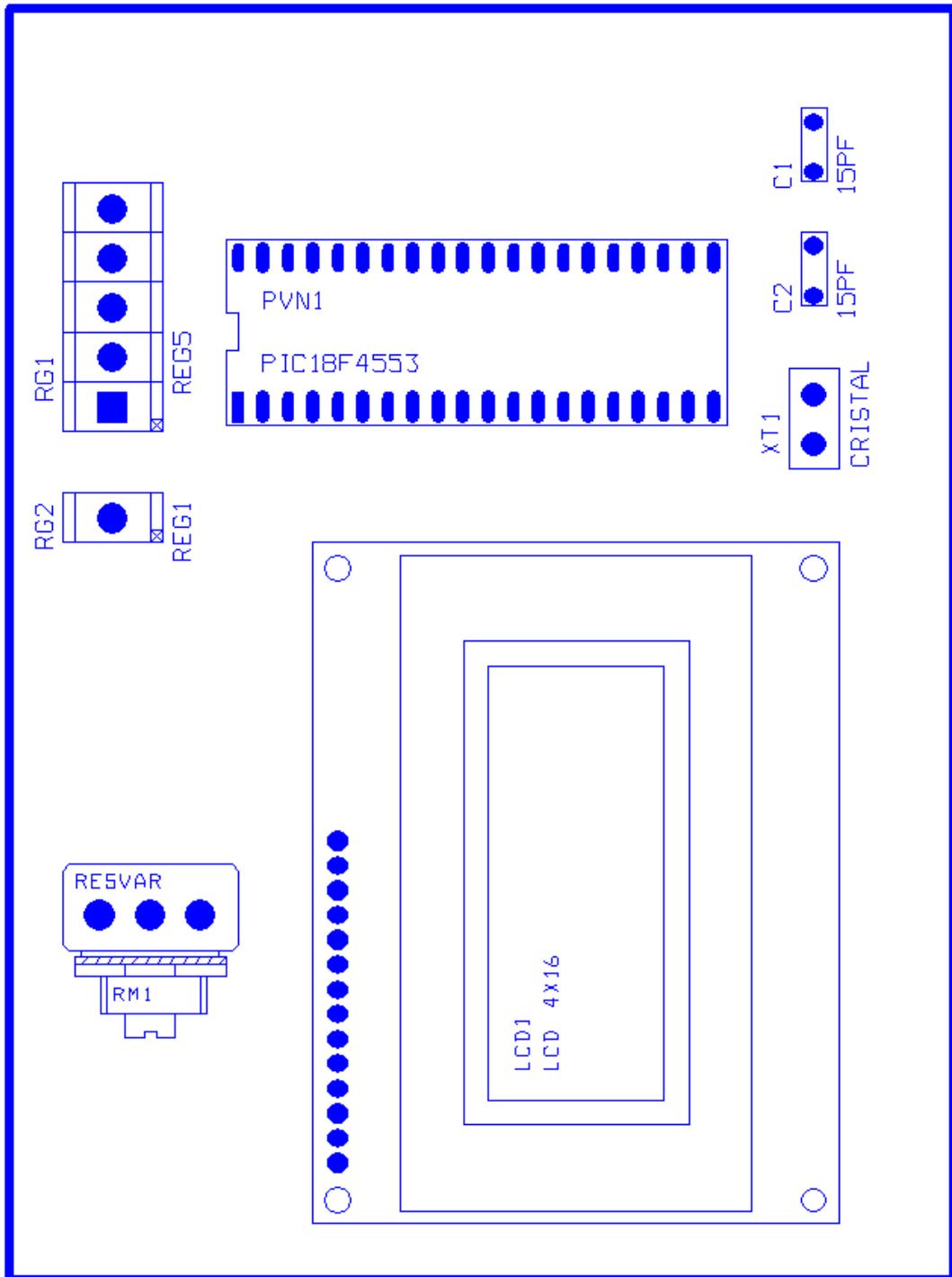
Control de temperatura en la plancha: Capa TOP



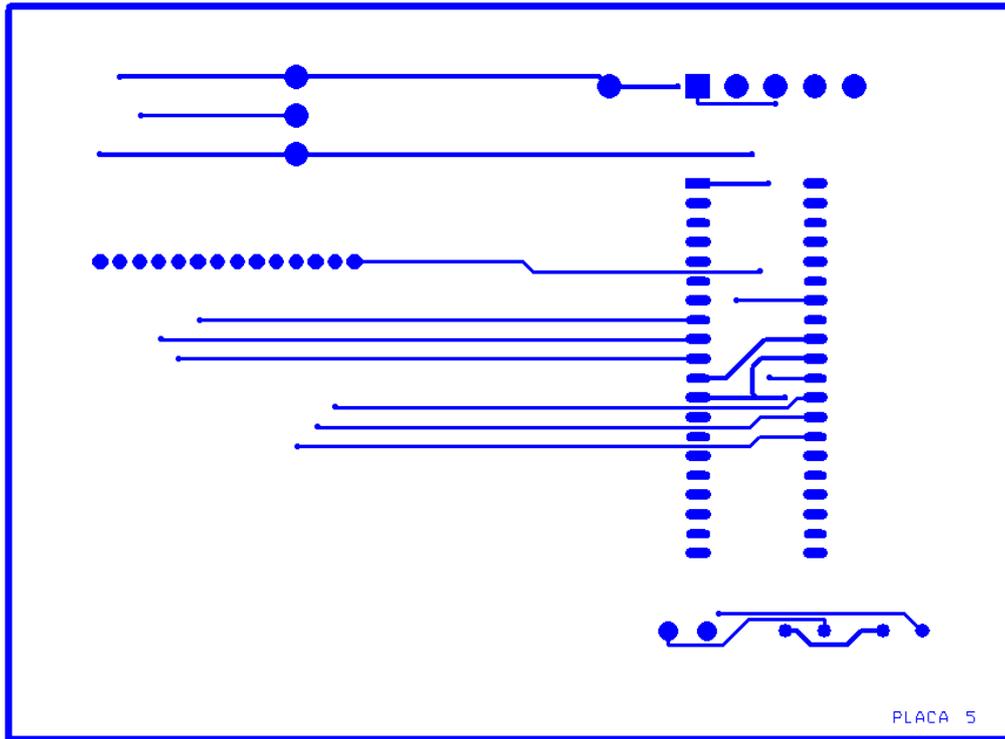
Control de temperatura en la plancha: Capa BOTTOM



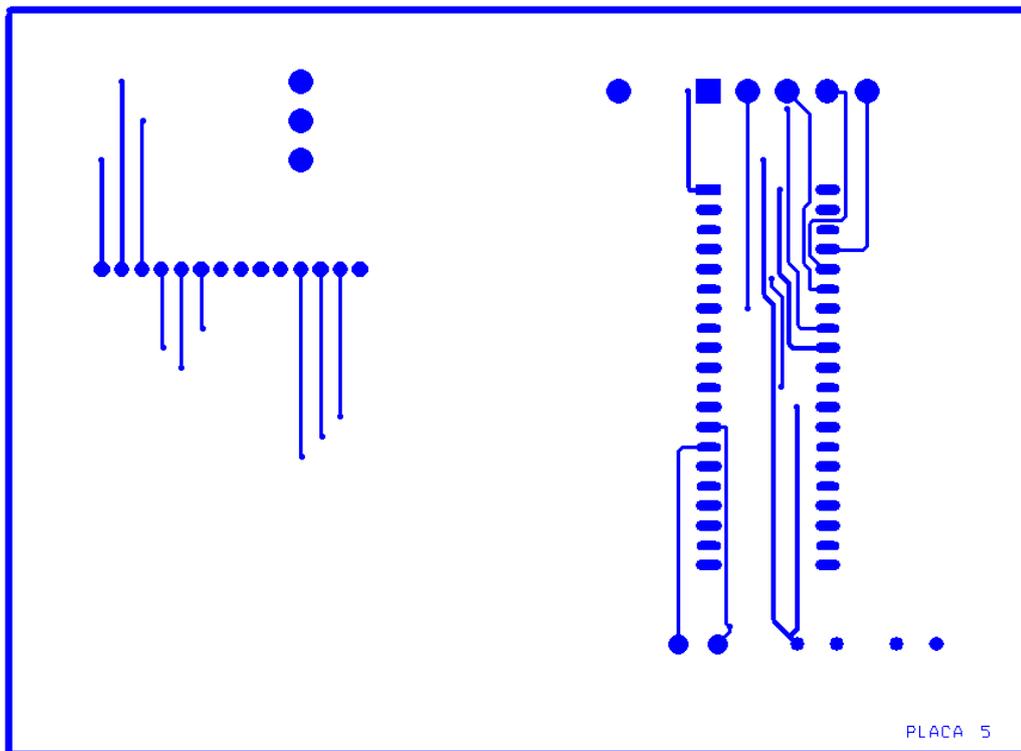
Autor	ABEL SAEZ PAGAN
Titulo	CONTROL LCD - SISTEMA DE PLANCHADO
Size	Document Number
A4	PLANO 5
Date:	Monday, April 08, 2013
Sheet	1 of 1



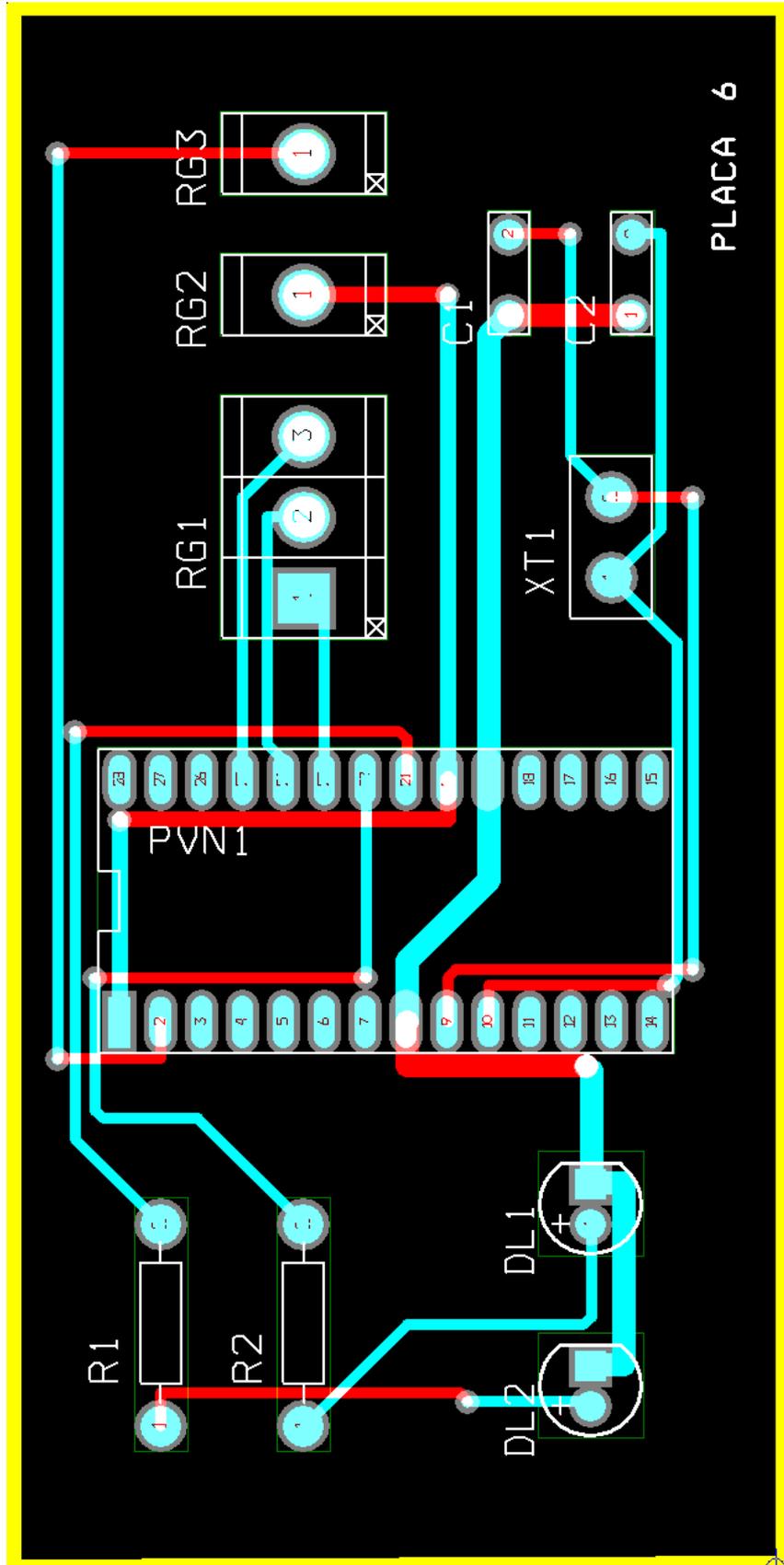
Control de la LCD: Componentes.



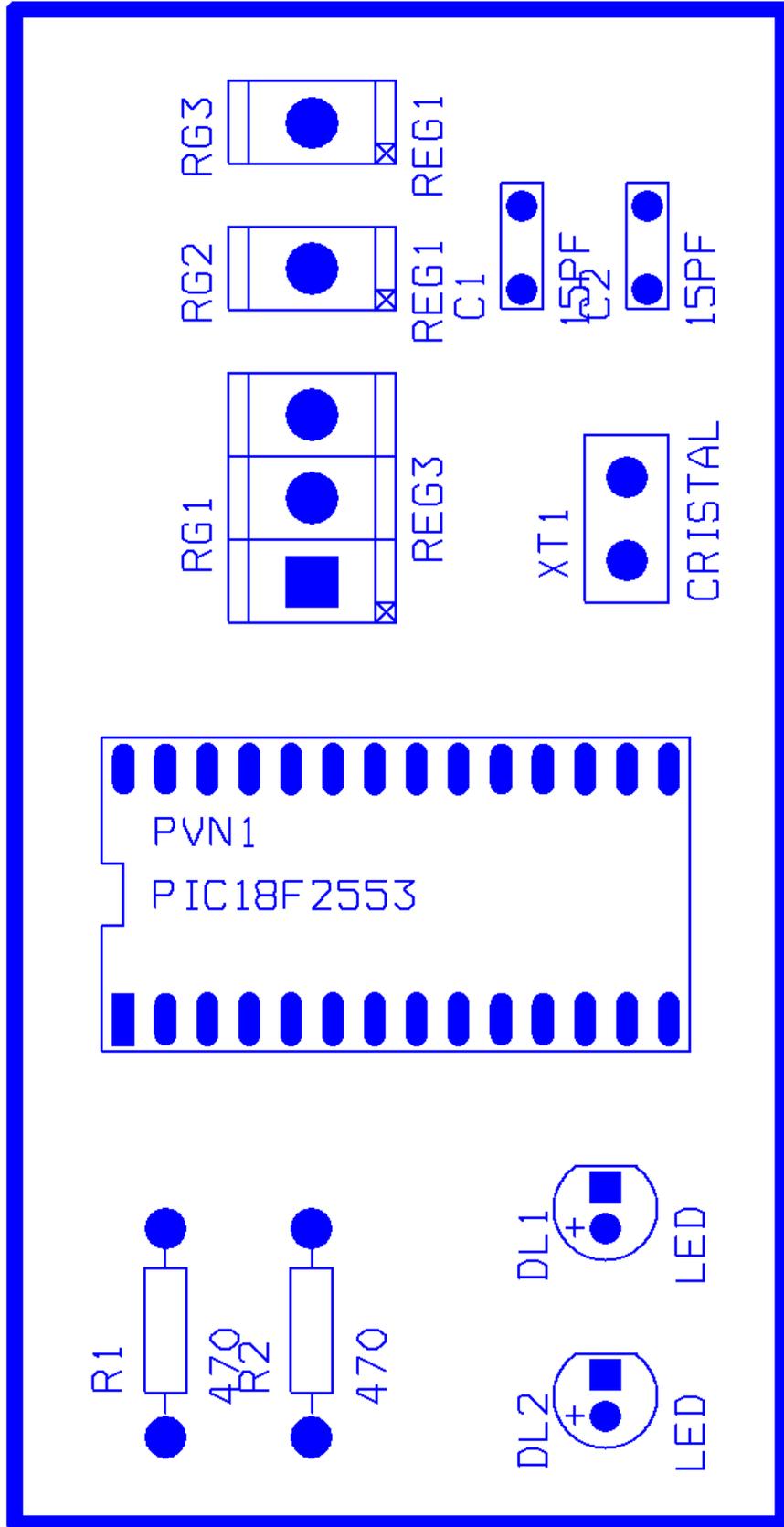
Control de la LCD: Capa TOP



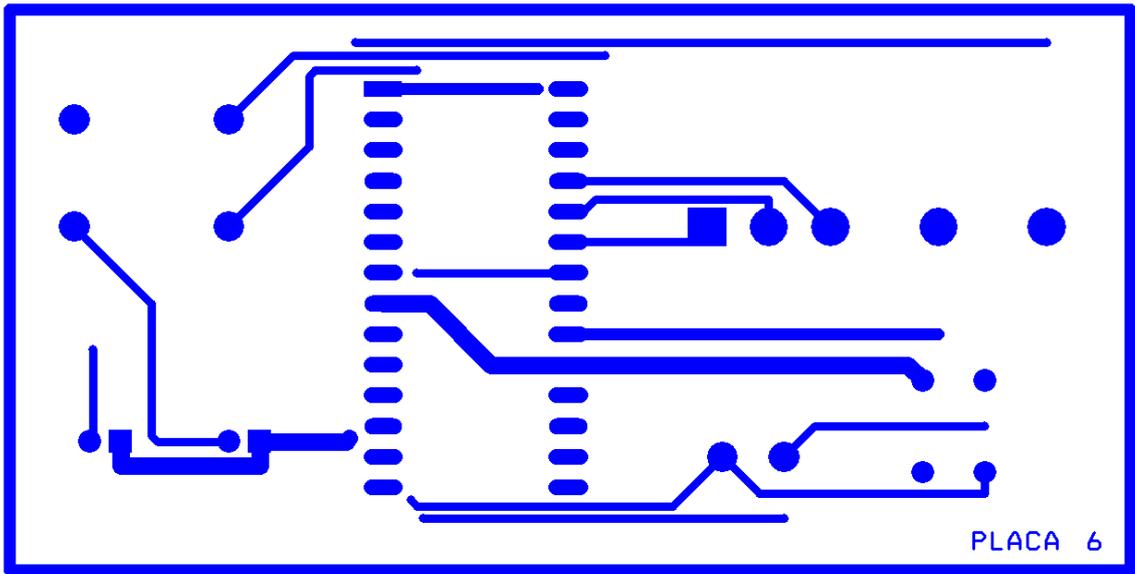
Control de la LCD: Capa BOTTOM



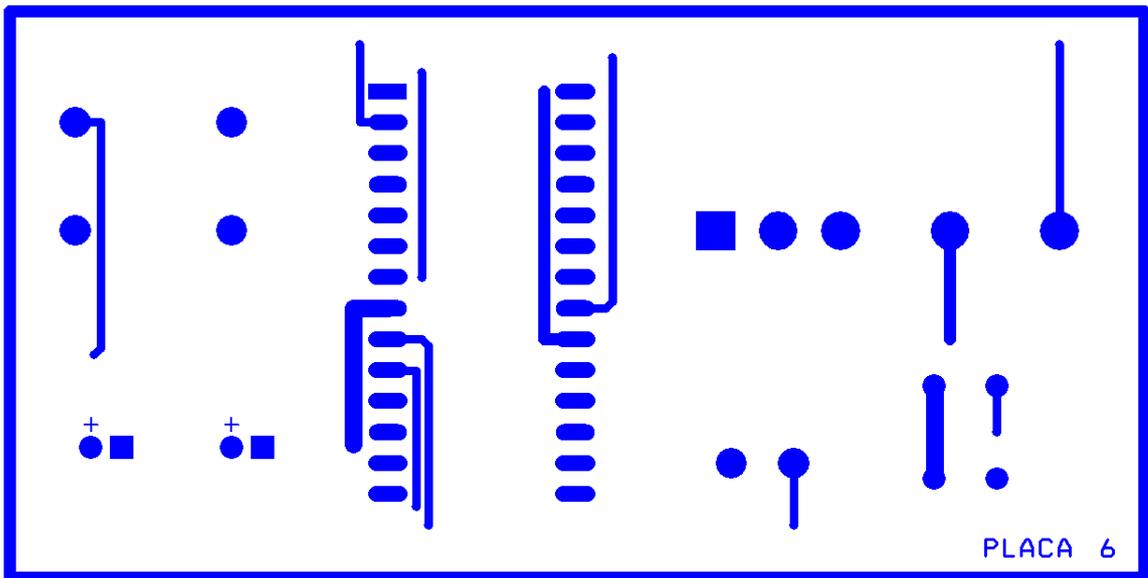
Accionamiento del sistema: Placa.



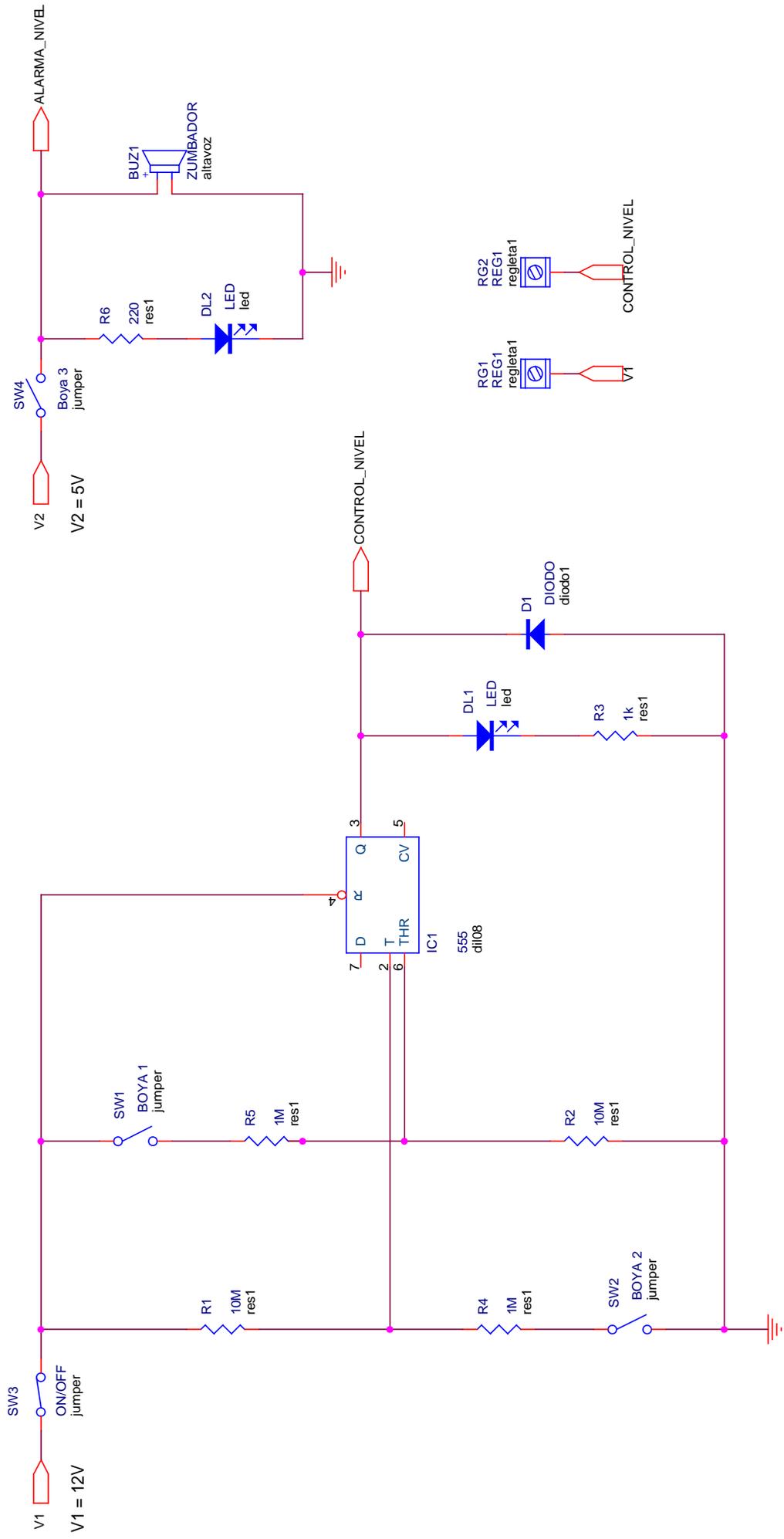
Accionamiento del sistema: Componentes.



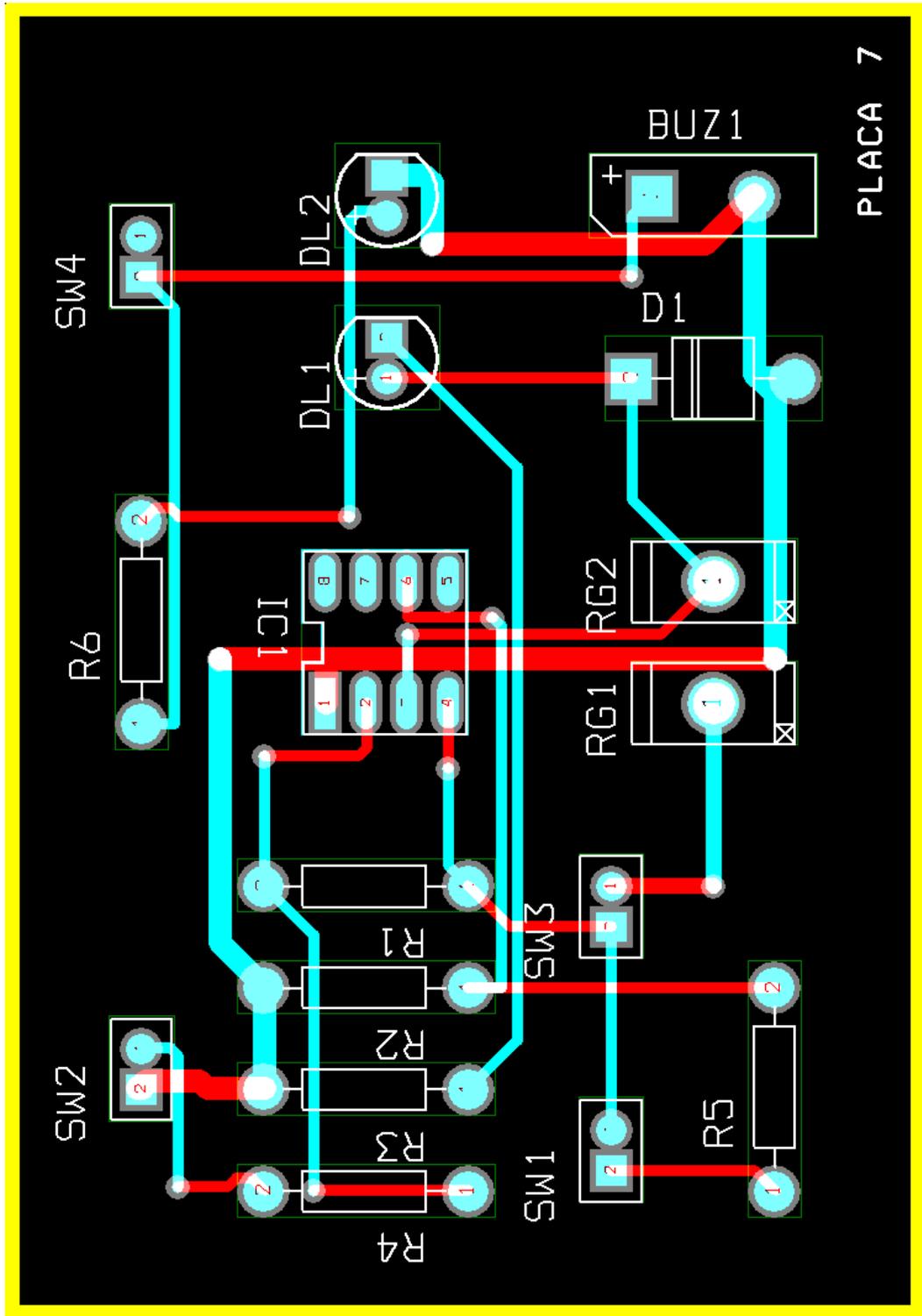
Accionamiento del sistema: Capa TOP



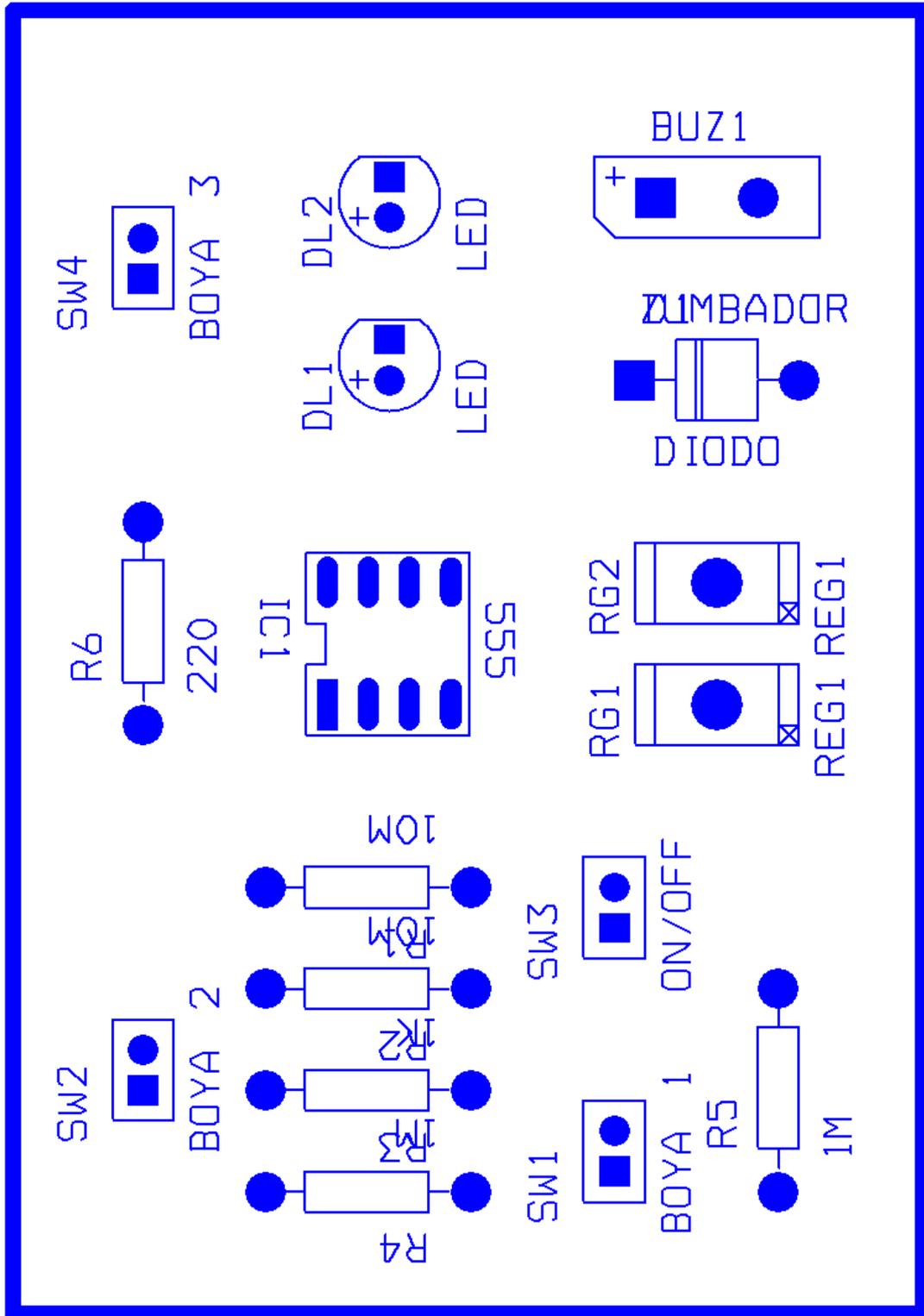
Accionamiento del sistema: Capa BOTTOM



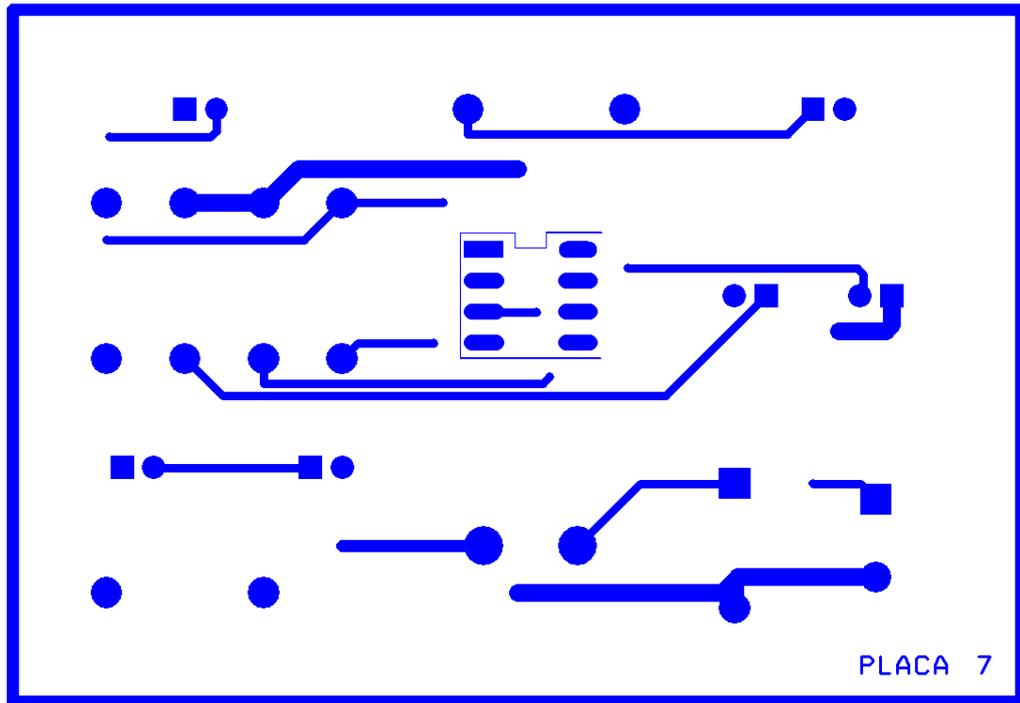
Autor	ABEL SAEZ PAGAN
Titulo	CONTROL DE NIVEL - SISTEMA DE PLANCHADO
Size	Document Number
A4	PLANO 7
Date:	Tuesday, April 09, 2013
Sheet	1 of 1



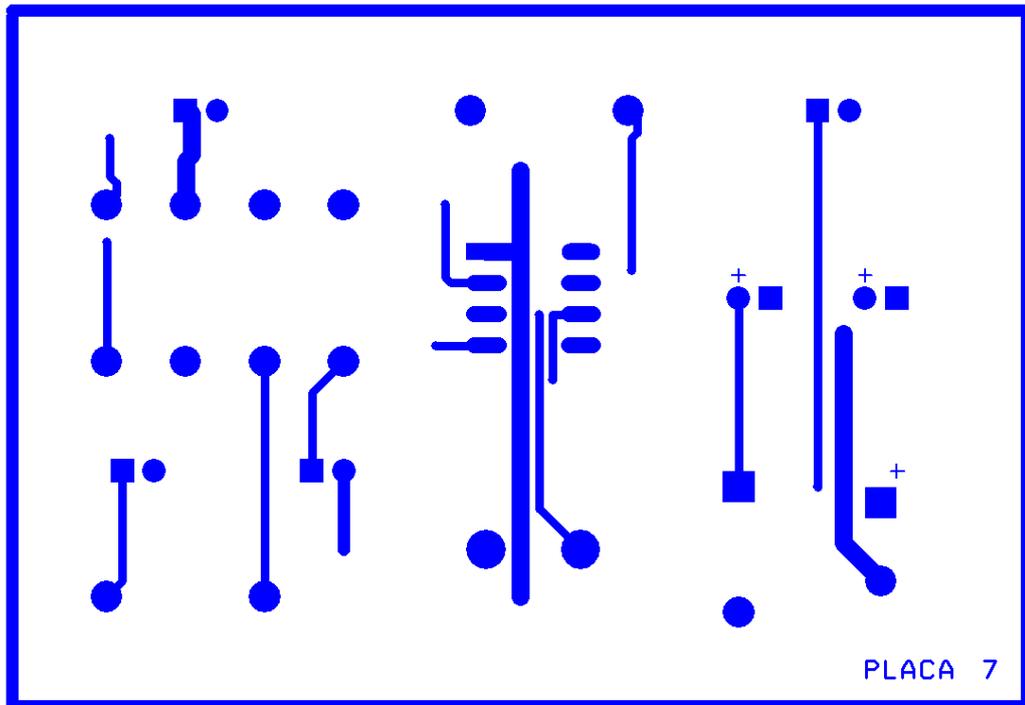
Control de nivel en el depósito: Placa.



Control de nivel en el depósito: Componentes.



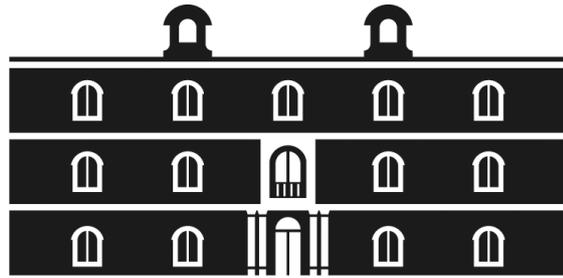
Control de nivel en el depósito: Capa TOP



Control de nivel en el depósito: Capa BOTTOM



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Pliego de Condiciones

Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

4. Depósito

4.1. Dimensiones del depósito

El depósito de agua contará con una capacidad de 200 litros, teniendo de este modo una reserva de agua en caso de corte del suministro. Sus dimensiones serán 95 cm de altura y 55 cm de diámetro.

El depósito está fabricado en polietileno y contará con una salida para el intercambio de agua entre el depósito y el calderín.

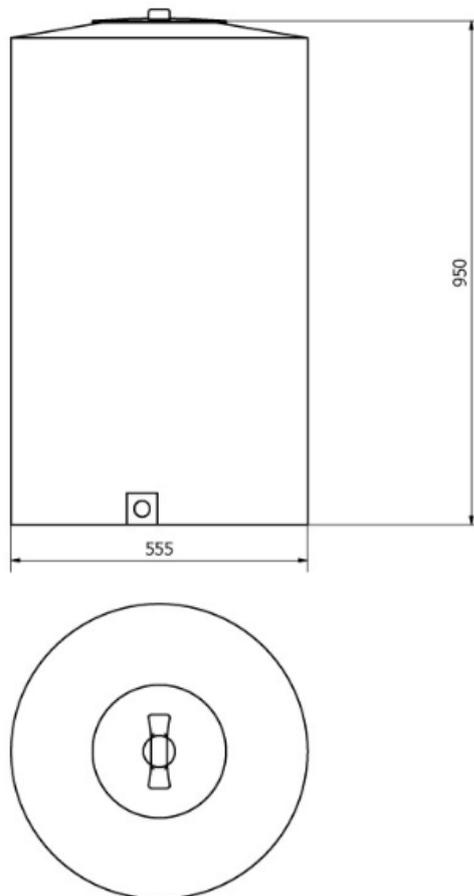


Ilustración 1: Dimensiones del depósito de 200 litros

4.2. Control de nivel en el depósito

4.2.1. Circuito integrado 555

Para abrir o cerrar la electroválvula que controla el aporte de agua al depósito, utilizaremos un circuito integrado 555 haciéndolo funcionar como biestable.

El 555 es un circuito integrado de bajo costo y de grandes prestaciones. Entre sus aplicaciones principales cabe destacar las de multivibrador astable (dos estados metaestables), detector de impulsos, etc.

Está constituido por una combinación de comparadores lineales, *flip-flops* (biestables digitales), transistor de descarga y excitador de salida.

Las tensiones de referencia de los comparadores se establecen en $2/3 V$ para el primer comparador C1 y en $1/3 V$ para el segundo comparador C2, por medio del divisor de tensión compuesto por 3 resistores iguales R. En el gráfico se muestra el número de pin con su correspondiente función.

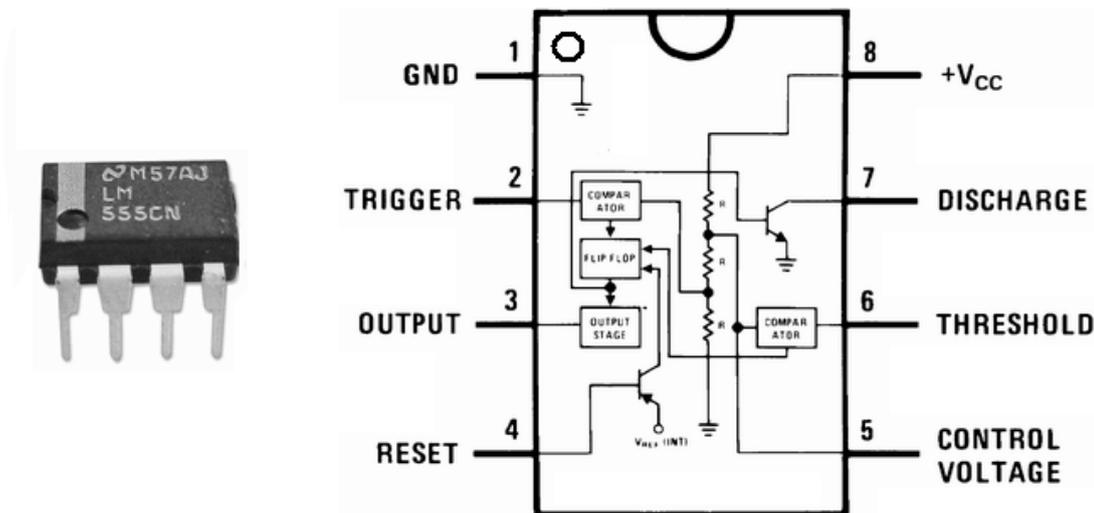
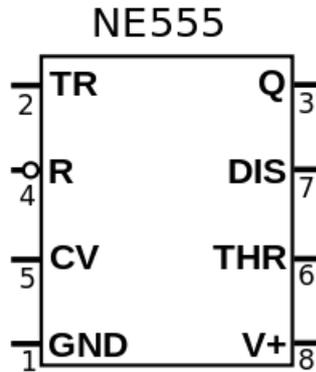


Ilustración 2: Patillas del circuito integrado 555

El 555 está compuesto por 23 transistores, 2 diodos y 16 resistores encapsulados en silicio.

Descripción de las patillas del temporizador 555:



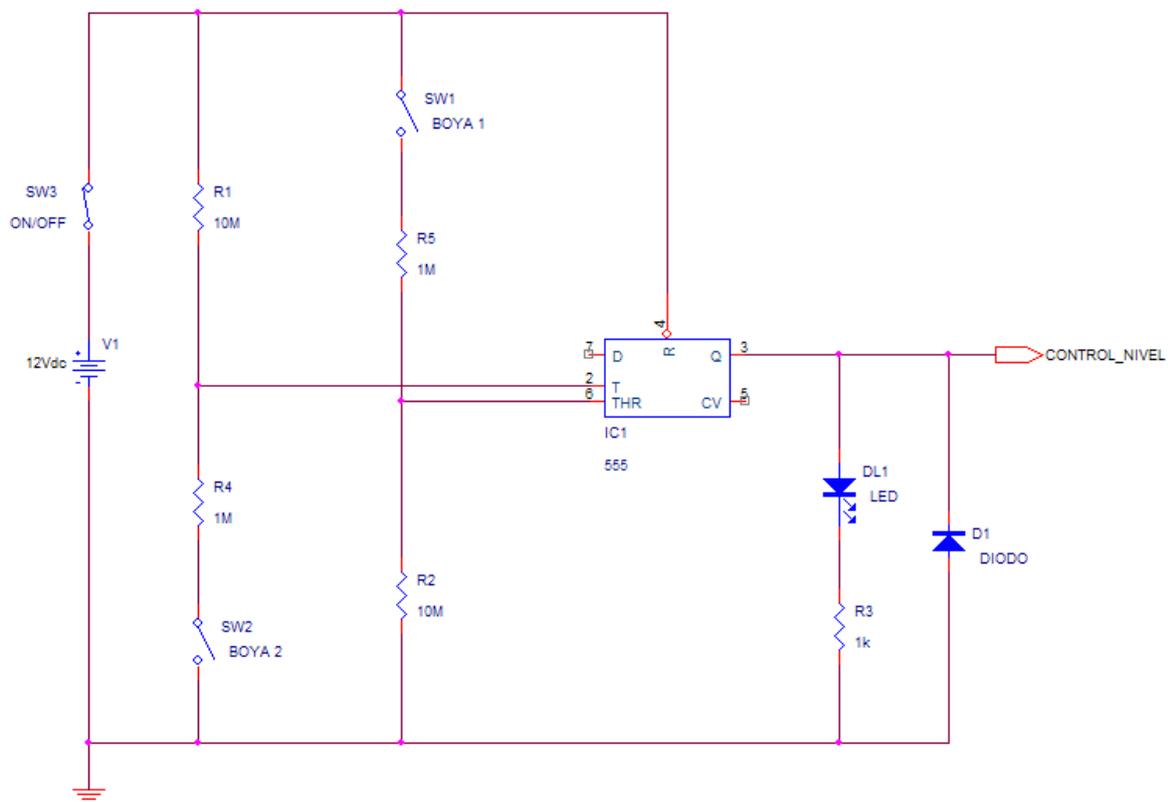
Pin	Nombre	Función
1	GND	Es el polo negativo de la alimentación, generalmente tierra.
2	TRIG	Es en esta patilla, donde se establece el inicio del tiempo de retardo, si el 555 es configurado como monoestable. Este proceso de disparo ocurre cuando este pin va por debajo del nivel de 1/3 del voltaje de alimentación. Este pulso debe ser de corta duración, pues si se mantiene bajo por mucho tiempo la salida se quedará en alto hasta que la entrada de disparo pase a alto otra vez.
3	OUT	Aquí veremos el resultado de la operación del temporizador, ya sea que esté conectado como monoestable, astable u otro. Cuando la salida es alta, el voltaje será el voltaje de alimentación (Vcc) menos 1.7 Voltios. Esta salida se puede obligar a estar en casi 0 voltios con la ayuda de la patilla de reset (normalmente la 4).
4	RESET	Si se pone a un nivel por debajo de 0.7 Voltios, pone la patilla de salida a nivel bajo. Si por algún motivo esta patilla no se utiliza hay que conectarla a Vcc para evitar que el 555 se "resetee".
5	CTRL	Cuando el temporizador se utiliza en el modo de controlador de voltaje, el voltaje en esta patilla puede variar casi desde Vcc (en la práctica como Vcc -1 voltio) hasta casi 0 V (aprox. 2 Voltios). Así es posible modificar los tiempos en que la salida es multivibrador astable y como multivibrador monoestable. Puede también configurarse para por ejemplo generar formas de onda tipo Rampa.
6	THR	Entrada de comparador, en la cual se compara a 2/3 de la Vcc contra la amplitud de señal externa que le sirve de disparo.
7	DIS	Pin de descarga. Colector abierto de salida que descargará el condensador mediante intervalos. En fase con la salida.
8	V _{cc}	Polo positivo de la alimentación, normalmente estará entre los 3 y los 15 voltios dependiendo de la variación.

Ilustración 3: Descripción de las patillas del integrado 555

4.2.2. Circuito para control de nivel en el depósito

Una vez que conocemos el funcionamiento del integrado 555 procedemos a explicar el circuito escogido para el control de nivel en el depósito.

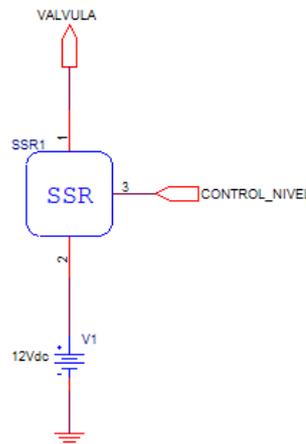
Dispondremos de una boya que cerrará o abrirá dos interruptores en el circuito según el nivel de agua que tengamos en el depósito. El interruptor de nivel máximo estará situado en la parte superior del depósito y el sensor de nivel mínimo lo situaremos a una altura de llenado de un 80% de la cantidad total que es capaz de almacenar el depósito. Esto es debido a que queremos contar en todo momento con un excedente de agua almacenada, para evitar detener el sistema completamente ante un eventual problema de suministro de agua.



Como podemos observar la boya cerrará o abrirá los interruptores SW1 y SW2, controlando de este modo las señales que llegan a las puertas de Trigger y Threshold del 555. Cuando se cumpla el caso para que la salida del 555 mande una señal de activación se producirá también el encendido de un LED que nos indica que la válvula está abierta. Este circuito y la válvula están alimentados a 12 voltios en continua.

Hemos añadido un interruptor SW3 para poder encender o apagar el circuito de forma manual en caso de que sea necesario.

La salida CONTROL_NIVEL será llevada a la patilla de control de un relé en estado sólido que controlará el funcionamiento de la válvula.



4.2.3. Funcionamiento del circuito

El funcionamiento del circuito es el siguiente:

Partiendo con la premisa de que el depósito está lleno, tenemos SW1 cerrado (Boya 1) y SW2 abierto (Boya 2), la bomba está parada ya que no hay señal por la patilla 3 del integrado 555. Cuando el nivel de agua baja SW1 se abrirá, teniendo en este caso ambos interruptores abiertos, por lo que la válvula permanecerá cerrada. Una vez que el agua llega a SW2 este interruptor se cierra y la válvula se abre (SW1 abierto y SW2 cerrado). El agua sube y vuelve a abrir SW2 (SW2 y SW1 abiertos) siguiendo de este modo la válvula abierta. Una vez que el agua llega a SW1 este se cierra (SW1 cerrado y SW2 abierto), cerrándose en este momento la válvula. El ciclo se repetirá sucesivamente.

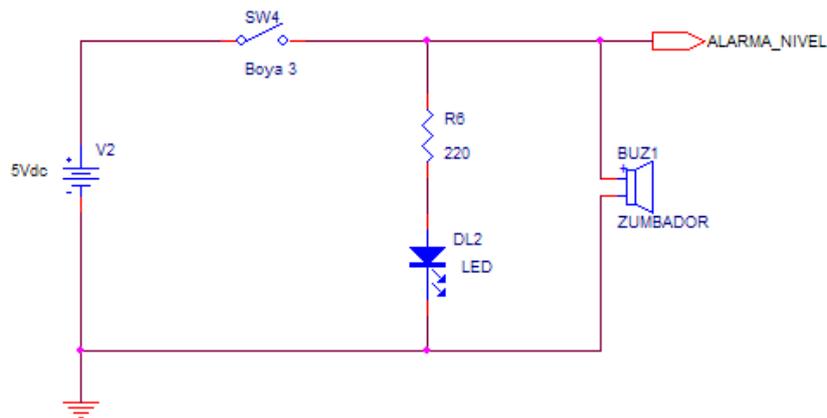
Paso	Estado de llenado	SW1 (mínimo)	SW2 (máximo)	Válvula
1 (condición inicial)	100%	Cerrado	Abierto	OFF
2	81-99%	Abierto	Abierto	OFF
3	80%	Abierto	Cerrado	ON
4	81-99%	Abierto	Abierto	ON
5 (repetimos el ciclo)	100%	Cerrado	Abierto	OFF

Ilustración 4: Estados de la válvula según el nivel de agua en el depósito

4.2.4. Alarma control de nivel

Además de los dos interruptores para mantener en todo momento un llenado del depósito superior al 80%, hemos añadido un tercer interruptor (normalmente abierto) que será cerrado por la boya cuando el nivel en el depósito sea excesivamente bajo. La altura a la que será colocado dependerá de las necesidades del proceso productivo.

Cuando este circuito se cierre encenderemos un diodo LED y mediante un zumbador piezoeléctrico mandaremos una señal acústica para alertar del problema de aporte de agua al depósito. Una señal (ALARMA_NIVEL) será enviada al PIC 18F4553 para mostrar por la pantalla LCD el problema.



5. Tuberías

Todas las tuberías para servicios a presión se diseñan para resistir una presión hidrostática interna específica. Esta es la presión nominal PN, que indica la máxima presión de trabajo a la cual la línea (sistema) completa puede ser sometida en operación continua a una determinada temperatura. Cuando la tubería es sometida a una presión interna, se induce una tensión hidrostática en la pared de la cañería.

De acuerdo a la normativa ISO, la designación del material se relaciona con el nivel de Resistencia Mínima Requerida, MRS (Minimum Required Strength) que se debe considerar en el diseño de tuberías para la conducción de agua a 20°C, por un tiempo de servicio de al menos 50 años.

5.1. Tuberías del depósito al calderín

Las tuberías que utilizaremos para comunicar el depósito de agua con el calderín serán de polietileno (HDPE), del tipo PE 100. Las ventajas del polietileno son las siguientes:

- Es un material liviano.
- Es flexible y resistente.
- Tiene una buena resistencia química.
- Es resistente a la abrasión.
- Tiene una baja conductividad térmica.

Es importante destacar que las tuberías de polietileno pueden soportar líquidos y gases a baja temperatura.

Según el Apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C. MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión, sabemos que la bomba, situada en la línea de alimentación de agua, deberá ser capaz de introducir el caudal de agua a una presión superior a un 3% como mínimo a la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa.

Por lo tanto, como la presión de tarado de la válvula es 5 bares, supondremos que la presión nominal (PN) es igual a 5.2 bares aproximadamente.

Para asegurar que las tuberías soportan esta presión nominal, hemos escogido unas tuberías normalizadas con un diámetro exterior de 25 mm y un grosor de 2 mm capaces de soportar 10 bares de presión.

5.2. Tuberías del calderín a la plancha

Como hemos comentado en el apartado anterior las tuberías de polietileno no soportan altas temperaturas, por lo tanto no serán adecuadas para comunicar el vapor que suministra el calderín a la plancha.

En este caso utilizaremos tuberías de polipropileno. Este material presenta diversas características:

- Alta resistencia a temperaturas extremas y al impacto, lo que le otorga la ventaja de ser un material con una vida útil larga.
- Es inalterable ante la corrosión y los productos químicos.
- Es un buen aislante del calor.
- Las tuberías hechas con este material son de fácil colocación, flexibles.
- La soldadura para este tipo de tuberías es producida por fusión, lo cual hace que la tubería sea de una única pieza, sin juntas.

Para la comunicación entre el calderín y la plancha elegiremos una tubería de polipropileno clase PN20 de diámetro 20 mm y con un espesor de 3,4 mm aproximadamente. Esta será capaz de soportar 20 bares de presión en las uniones roscadas y 45 bares en las uniones por termofusión.

5.2.1. Aislamiento de las tuberías

Los sistemas de vapor tienen pérdidas de energía que representa una ineficiencia, por lo que las tuberías deben ser aisladas para limitar dichas pérdidas. Independientemente de la calidad o espesor del aislamiento, siempre habrá un nivel de pérdida de calor, y esto hará que el vapor se condense a lo largo del sistema principal.

El espesor de aislamiento en estas tuberías, será el máximo que garantice para las condiciones de uso más extremas, que un operario al tocarlas, no se produzca daños por quemaduras, estimándose esta temperatura en 35 °C como máximo, y además, que la pérdida de temperatura por enfriamiento, no haga condensar al vapor en el interior de la tubería por la que circula, para ello el aislamiento deberá estar pegado a la tubería.

El material del aislante será de lana de vidrio con forma cilíndrica y estructura concéntrica. Llevan practicado un corte en su generatriz para permitir su apertura y de esta forma su colocación en la tubería, irán provistas de un recubrimiento de aluminio reforzado con una lengüeta autoadhesiva que permite el fácil cierre.

El material es de la casa ISOBER denominado coquilla, con las siguientes características:

1. Reacción al fuego: Clasificado M0. (no combustible)
2. Temperatura límite de empleo: Desde -30 °C hasta 250 °C en régimen continuo.

3. Comportamiento al agua: No hidrófilo.
4. Dilatación y contracción: Material totalmente estable.
5. Corrosión: No corrosivo. Según ASTM C-795 y C-877.1.

CONDUCTIVIDAD TÉRMICA W/(m·K)

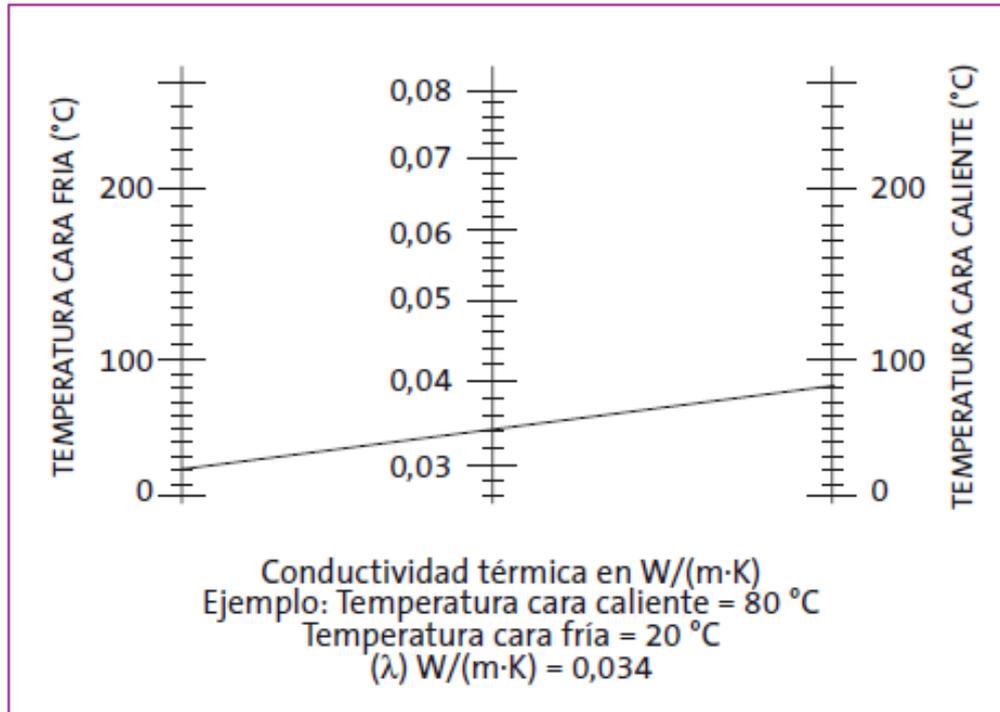


Ilustración 5: Conductividad térmica coquilla Isober

6. Agua

6.1. Tratamiento del agua

En una caldera de vapor el tratamiento del agua es fundamental para asegurar una larga vida útil libre de problemas operacionales, reparaciones de importancia y accidentes.

El objetivo principal del tratamiento de agua es asegurar la calidad del agua aportada y del agua contenida en la caldera, evitando problemas de corrosión y posibles incrustaciones.

Para asegurar la calidad del agua aportada y del agua de la caldera, debemos cumplir los requisitos de la normativa vigente, que definen los parámetros recomendados para el tratamiento del agua.

6.2. Parámetros para el tratamiento del agua

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera son los siguientes:

- pH: El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que es necesario controlarlo para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos en el agua (alto pH).
- Dureza: La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, estos son los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.
- Oxígeno: El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y la temperatura aumentan la velocidad a la que se produce la corrosión.
- Hierro y cobre: El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Es posible el uso de filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono: El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorece la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos los resultantes en la corrosión por oxígeno. La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO_2 se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.
- Aceite: El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- Fosfato: El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- Sólidos disueltos: Los sólidos disueltos son la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en el agua.

- Sólidos en suspensión: Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- Secuestrantes de oxígeno: Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, hidrazina, hidroquinona, etc) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- Sílice: La sílice presente en el agua aportada puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- Alcalinidad: Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que representa una fuente potencial de depósitos.
- Conductividad: La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

6.3. Problemas frecuentes

A continuación se describen los problemas asociados al tratamiento de agua encontrados con mayor frecuencia en las calderas.

6.3.1. Corrosión

Las principales fuentes de corrosión en calderas son la corrosión por oxígeno o “pitting” y la corrosión cáustica.

La corrosión por oxígeno consiste en la reacción del oxígeno disuelto en el agua con los componentes metálicos de la caldera (que están en contacto con el agua), provocando su posterior disolución o conversión en óxidos insolubles. La prevención de la corrosión por oxígeno se consigue mediante una adecuada degasificación del agua aportada y la mantención de un exceso de secuestrantes de oxígeno en el agua de la caldera.

La corrosión cáustica se produce por una sobreconcentración local en zonas de elevadas cargas térmicas (fogón, cámara trasera, etc) de sales alcalinas como el hidróxido de sodio. La corrosión cáustica puede ser prevenida manteniendo la alcalinidad, OH libre y pH del agua de la caldera dentro de los límites recomendados.

6.3.2. Incrustaciones

Las incrustaciones corresponden a depósitos de carbonatos y silicatos de calcio y magnesio, formados debido a una excesiva concentración de estos componentes en el agua de alimentación y/o regímenes de purga insuficientes.

La formación de incrustaciones en una caldera puede ser prevenida, satisfaciendo los requisitos del agua aportada y agua de la caldera incluidos anteriormente, tratando el agua aportada y manteniendo unos regímenes de purga adecuados.

6.4. Equipos para el tratamiento del agua

6.4.1. Ablandador

La función de los ablandadores es eliminar los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), que conforman la dureza del agua y favorecen la conformación de incrustaciones en una caldera. El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un proceso llamado “intercambio iónico”, que consiste en la sustitución de estos iones por sodio (Na).

Agua Dura	Resina	Agua Blanda
Ca(HCO ₃) ₂	+ R-Na	
Mg(HCO ₃) ₂		
CaSO ₄		NaHCO ₃
MgSO ₄		Na ₂ SO ₄
CaCl ₂		NaCl
MgCl ₂		
NaCl		

Ilustración 6: Tabla de intercambio iónico mediante iones de sodio

6.4.2. Desgasificador

La función de un desgasificador en una planta térmica es eliminar el oxígeno y dióxido de carbono disueltos en el agua de alimentación de las calderas para prevenir problemas de corrosión o “pitting”.

El principio de funcionamiento de los desgasificadores se basa en el hecho de que la solubilidad de los gases disueltos en el agua (O₂ y CO₂) disminuye cuando el agua está en el punto de ebullición (100 °C a presión atmosférica), tal como lo muestra la figura siguiente.

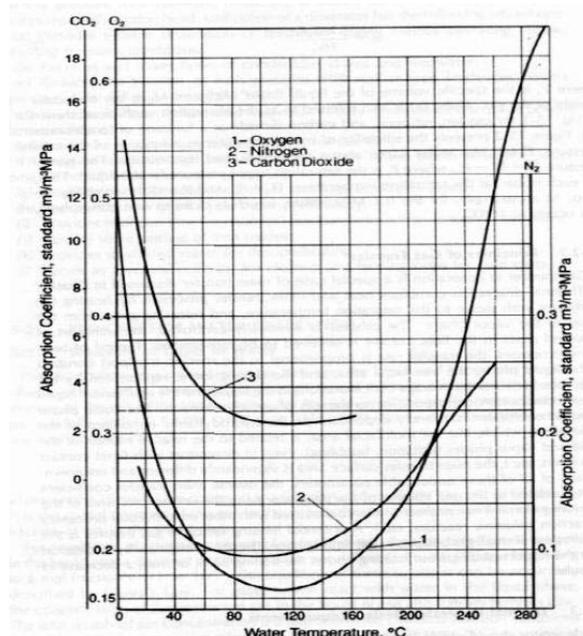


Ilustración 7: Solubilidad del oxígeno en función de la temperatura del agua

6.4.3. Sistema de ósmosis inversa

El agua aportada al sistema deberá ser agua destilada. Esto se puede conseguir mediante un sistema de ósmosis inversa de forma que el agua del depósito esté lo más depurada posible de cara a generar un vapor sin ningún tipo de residuo.

La ósmosis inversa es un sistema de filtración de agua y nos proporciona un agua de excelente calidad. Los sistemas de ósmosis inversa funcionan aprovechando las diferentes presiones osmóticas a ambos lados de una membrana semipermeable. La propia presión del agua de red permite que el agua atraviese la membrana osmótica pasando al otro lado e impidiendo el paso de los contaminantes. De esta forma proporcionan agua limpia y pura.

El equipo suele constar de varios filtros previos (sedimentos, carbón...) y una membrana osmótica. Estos filtros y la membrana se cambian periódicamente y, aunque se suele aconsejar la intervención de un técnico, muchos clientes realizan ellos mismos el cambio.



Ilustración 8: Sistema de ósmosis inversa

- Filtros de sedimentos:

El primer filtro que encontraremos siempre en un tratamiento de agua es el filtro de sedimentos. En función de cómo esté calibrado, de 4 a 25 μ , detendrá elementos extraños presentes en el agua.

Los filtros de sedimentos sólo retienen la parte más evidente de los productos que podemos encontrar en el agua. El cloro, los nitratos, los trihalometanos y la cal necesitan filtros mucho más exigentes para poderlos hacer desaparecer.

- Filtros de carbón activo:

El carbón activo, es quizás el sistema más antiguo de depuración de aguas que se conoce.

Su mecanismo de acción es la adsorción de sustancias disueltas en el agua, eliminando con ello gran parte de los contaminantes que pueda llevar. En líneas generales, adsorbe bien los clorurados, trihalometanos (Thm), pesticidas, herbicidas y algún que otro metal.

Los filtros suelen tener una duración aproximada de un año, aunque depende del uso que se haga de ellos. Una revisión periódica asegurará un aporte de agua totalmente limpia en cada momento.

Para realizar el cambio, se cerrará el aporte de agua. Se sacarán los filtros antiguos y se realizará una pequeña limpieza de los vasos cilíndricos o depósitos. Luego se colocarán los nuevos filtros con cuidado de contaminarlos al manipularlos. Estas son instrucciones generales, pero cada fabricante tiene sus propias instrucciones que no difieren mucho de las aquí expuestas.

7. Bomba de agua

7.1. Control de la bomba

La función de la bomba es la de transportar el agua del depósito al calderín. Al tratarse de una caldera de nivel definido el sistema de alimentación de agua será automático.

Dispondremos de un detector de nivel en el calderín, el cual actuará sobre la bomba de alimentación, parándola o poniéndola de nuevo en servicio según las necesidades, esto se hará mediante el control de un relé de estado sólido normalmente abierto.

La bomba, situada en la línea de alimentación de agua, deberá ser capaz de introducir el caudal de agua a una presión superior al 3% como mínimo de la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa. Todo ello de acuerdo con el Aparado 5 del Artículo 15 de la I.T.C. MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión.

Según la hoja de características de la bomba elegida, el caudal aproximado que suministrará al calderín para presiones medias es de 5 litros/minuto aproximadamente. La tensión de alimentación será de 230 V en alterna, según la hoja de características.

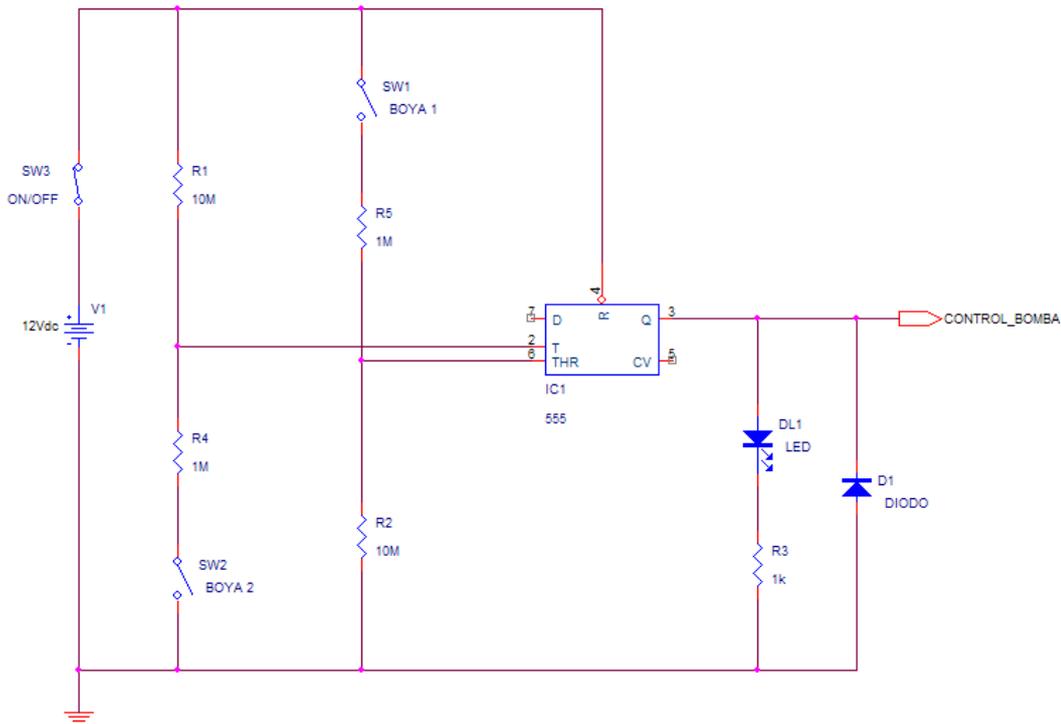


Ilustración 9: Bomba de agua

7.2. Circuito detector de nivel para accionamiento de la bomba

Para el control de nivel en el calderín seguiremos la misma premisa que la tomada para el control de nivel en el depósito, tratada en el apartado 4 de este pliego de condiciones. El funcionamiento del integrado 555 ya ha sido tratado en ese apartado por lo que no lo volveremos a repetir en este caso.

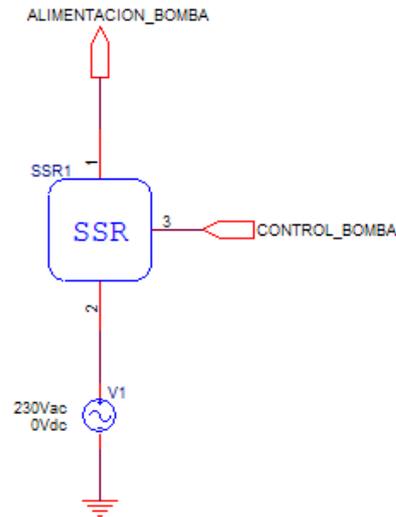
Dispondremos de una boya que cerrará o abrirá dos interruptores en el circuito según el nivel de agua que tengamos en el calderín. El interruptor de nivel máximo estará situado en la parte superior del calderín y el sensor de nivel mínimo lo situaremos a 90 mm de la base del calderín, cumpliendo con el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1.



Como podemos observar la boya cerrará o abrirá los interruptores SW1 y SW2, controlando de este modo las señales que llegan a las puertas de Trigger y Threshold del 555. Cuando se cumpla el caso para que la salida del 555 mande una señal de activación se producirá también el encendido de un LED que nos indica que la bomba está en funcionamiento. El circuito estará alimentado a 12 voltios en continua.

Hemos añadido un interruptor SW3 para poder encender o apagar el circuito de forma manual en caso de que sea necesario.

La salida CONTROL_BOMBA será llevada a la patilla de control de un relé en estado sólido que controlará el funcionamiento de la bomba de aporte de agua. La bomba está alimentada a 230 voltios en corriente alterna.



7.3. Funcionamiento del circuito

El funcionamiento del circuito es el siguiente:

Partiendo con la premisa de que el calderín está lleno, tenemos SW1 cerrado (Boya 1) y SW2 abierto (Boya 2), la bomba está parada ya que no hay señal por la patilla 3 del integrado 555. Cuando el nivel de agua baja SW1 se abrirá, teniendo en este caso ambos interruptores abiertos, por lo que la bomba seguirá parada. Una vez que el agua llega a SW2 este interruptor se cierra y la bomba se pone en marcha (SW1 abierto y SW2 cerrado). El agua sube y vuelve a abrir SW2 (SW2 y SW1 abiertos) siguiendo de este modo la bomba en marcha. Una vez que el agua llega a SW1 este se cierra (SW1 cerrado y SW2 abierto), parándose en este momento la bomba. El ciclo se repetirá sucesivamente.

Paso	Estado de llenado	SW1 (mínimo)	SW2 (máximo)	Bomba
1 (condición inicial)	Lleno	Cerrado	Abierto	OFF
2	Medio	Abierto	Abierto	OFF
3	Mínimo	Abierto	Cerrado	ON
4	Medio	Abierto	Abierto	ON
5 (repetimos el ciclo)	Lleno	Cerrado	Abierto	OFF

Ilustración 10: Estados de la bomba de agua según el nivel en el calderín

8. Calderín

8.1. Aislamiento térmico

El aislamiento térmico debe ser estudiado meticulosamente, tanto su composición como su espesor. Un gran espesor de aislante es ideal para obtener una máxima resistencia a la transmisión de calor, aunque esto repercutirá negativamente sobre el coste de la caldera de manera innecesaria. Para que esto no ocurra calcularemos el espesor óptimo de aislante.

Las razones por las que se debe aislar el calderín son las siguientes:

- Contribuir a que el ambiente de trabajo en las proximidades del calderín sea soportable para los operarios.
- Impedir que las zonas accesibles por el calderín alcancen temperaturas excesivas que pudieran provocar accidentes.
- Evitar entradas y salidas de aire incontroladas en las zonas de presión, actuando en este caso a modo de elemento de sellado.
- Disminuir el consumo de energía, reduciendo las pérdidas de calor a través de las paredes del calderín.

Para lograr esto se realiza la siguiente elección de aislamiento y pintura:

- El calderín se pintará exteriormente con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.
- La envolvente exterior estará recubierta por una manta de lana de roca sin aglomerar, con soporte de malla de acero galvanizado.
- Esta chapa de lana mineral va a su vez recubierta por una envolvente de chapa galvanizada de 1 mm de espesor, de tal forma que para una temperatura ambiente de 25 °C, la temperatura de la superficie del calderín sea menor de 35 °C.

Para conocer el espesor óptimo de aislante, los fabricantes disponen de programas informáticos con los que calcular el espesor más adecuado. En este proyecto al no disponer de ningún software que realice esta función supondremos un espesor de 50 mm del material aislante anteriormente nombrado.

8.2. Características del aislante elegido

8.2.1. Descripción

Manta de lana de roca sin aglomerar y con soporte de malla de acero galvanizado.

8.2.2. Aplicaciones

- Calderas.
- Depósitos.
- Tuberías de gran diámetro.
- Hornos.
- Equipos.

8.2.3. Reacción al fuego

Clasificación MO (no combustible). Según UNE-23727

8.2.4. Comportamiento al agua

Tendrá un comportamiento no hidrófilo.

8.2.5. Dilatación y contracción

Este material es totalmente estable a la dilatación y a la contracción.

8.2.6. Densidad aproximada

La densidad aproximada será de 50 Kg/m³.

8.3. Dimensiones del calderín

Queremos un calderín que pueda almacenar 5 litros. Para asegurarnos de que esto sea así escogeremos un calderín con un volumen de 8 dm³.

8.4. Detector de presión en el calderín

8.4.1. Presostato

Un presostato es un dispositivo que en función de la presión obtenida abre o cierra un circuito. Se le conoce también como interruptor de presión.

Los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir.

En este proyecto crearemos un dispositivo mediante un sensor de presión y varios amplificadores operacionales que realizarán la misma función que en el caso del presostato. El sensor de presión utilizado será el Transmisor de Tensión DMK 331.

8.4.2. Sensor de presión

El sensor DMK 331 nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tenemos varios rangos de presión disponibles para elegir, como en nuestro caso la válvula de seguridad estará tarada a 5 bares de

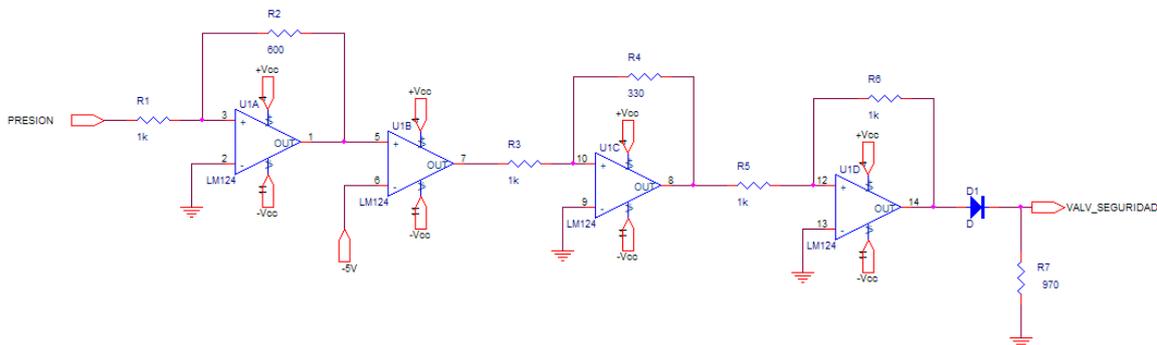
presión, elegiremos un sensor con el suficiente rango para medir con seguridad este valor y evitar daños por sobrepresiones. El sensor elegido tendrá un rango de medición de 0 a 6 bares y un rango de salida de 0 a 10 voltios. Por lo tanto, a 5 bares obtendremos una tensión a la salida de 8,33 voltios aproximadamente, debido a que la salida de este sensor es lineal.

8.4.3. Válvula de seguridad

La presión nominal de la válvula de seguridad deberá ser superior al 110% de la presión máxima de servicio, ya que es la que se alcanzará en el interior del equipo, pero preventivamente sería conveniente que fuera, al menos, dos veces la presión nominal de servicio, es decir, que esta soportara como mínimo 10 bares de presión.

En este proyecto elegiremos la válvula de seguridad SV73, diseñada en hierro fundido y fabricadas según la normativa ASME Sección I y VIII para calderas y recipientes presurizados. Es capaz de soportar hasta 35 bares y 208 °C. Cumple la Directiva Europea de Equipos a Presión 97/23/EC.

CIRCUITO



8.4.4. Funcionamiento del circuito

El sensor de presión se encuentra alimentado a una tensión de 12 V, tal y como especifica su hoja de características. Éste produce una tensión de salida proporcional a la entrada. Como comentábamos anteriormente, a una presión de 5 bares nos proporcionará una salida de 8,33 V aproximadamente.

En este caso, deseamos que para la presión de 5 bares se active la válvula de seguridad, aliviando así la presión del interior del calderín. Para llevar esto a cabo, compararemos la salida del sensor con la tensión correspondiente a los 5 bares.

Proyecto Fin de Carrera

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

Para trabajar con más comodidad, adaptaremos la salida del sensor mediante un amplificador operacional (U1A). Los datos del amplificador U1A son:

$$V_{Out,U1A} = -(R_2/R_1) \cdot V_{In,U1A}$$

Donde $V_{In,U1A}$ es la salida del sensor. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 5 V, por lo tanto, suponiendo R_1 igual a 1k:

$$R_2 = (5 \cdot 1000)/8,33 \rightarrow R_2 = 600\Omega$$

La salida del amplificador U1A la comparamos con una tensión constante igual a 5 V. Debemos observar que la salida de U1A será negativa, por lo tanto, la tensión de comparación también deberá ser negativa. La función del comparador es la siguiente:

- Cuando la presión supere los 5 bares, la tensión a la salida de U1 será mayor que 5 V, por lo tanto la salida del comparador será +15 V.
- Cuando la presión sea igual a los 5 bares, la tensión de salida en U1 se aproximará a los 5 V, por lo tanto, la salida del comparador será 0 V.
- Cuando la presión en el interior del calderín sea menor de 5 bares, la tensión de salida en U1 será menor de 5 V y, por lo tanto, la salida del comparador será -15 V.

Una vez obtenida la salida del comparador, esta se llevará a la entrada de otro amplificador operacional (U1B). La función de este será la de adaptar la salida a 5 V para alimentar la válvula de seguridad.

Los datos del amplificador U1B son:

$$V_{Out,U1B} = -(R_4/R_3) \cdot V_{In,U1B}$$

Donde $V_{In,U1B}$ es la salida del comparador. Supondremos un $R_3 = 1\text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_4 = (5 \cdot 1000)/15 \rightarrow R_4 = 333.33\ \Omega \rightarrow R_4 \simeq 330\ \Omega$$

A la salida de U1B hemos añadido un amplificador operacional con ganancia unitaria (U1C) para que, cuando la presión sea mayor de 5 bares, la respuesta del circuito sea positiva.

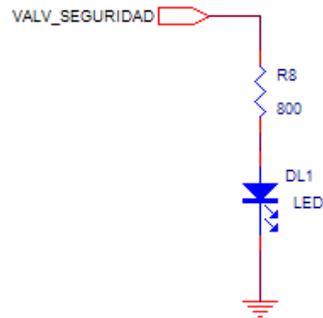
Seguidamente se han añadido un diodo para eliminar los valores negativos de la señal de salida del circuito.

Finalmente, esta salida alimentará la válvula de seguridad, la cual puede estar alimentada entre 0 y 10 V. Esta salida también se llevará a una pata del PIC 18F4553 para indicar si la presión en el calderín es adecuada o se ha accionado la válvula de seguridad.

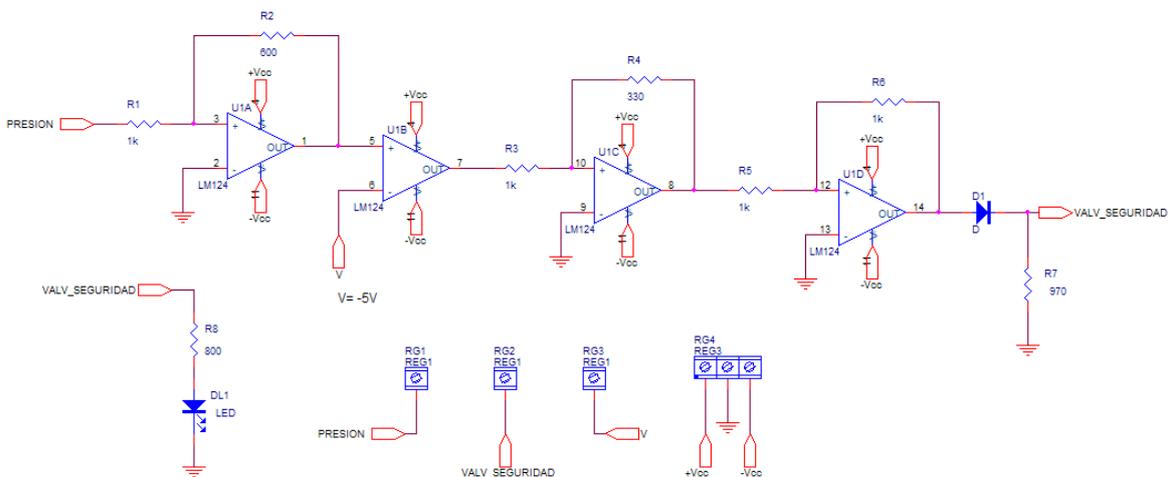
8.4.5. Indicador de presión

El circuito dispondrá de un diodo LED de color rojo, que nos informará sobre el estado de la presión en el interior del calderín. Cuando este LED se encienda indicará que la válvula de seguridad se ha activado.

El circuito de activación del LED es el siguiente:



8.4.6. Circuito de control de la presión en el calderín



8.5. Elemento calefactor

La función del calderín es la de producir vapor a presión mediante el calentamiento del agua a alta temperatura. Para llevar esto a cabo, el calderín tendrá en su interior un elemento calefactor.

En este proyecto se ha elegido una resistencia calefactora especialmente diseñada para ser inmersa en líquidos. Su consumo será de 2 Kw y estará alimentada con una tensión normalizada de 230 voltios en alterna, según su hoja de características.

Esta resistencia será de acero inoxidable y tendrá una longitud de 350 mm.

8.5.1. Salida del sensor de temperatura

El sensor de temperatura utilizado es el LM35, el cual proporciona 10 mV a la salida por cada grado a la entrada.

Mediante este sensor comprobaremos el funcionamiento del elemento calefactor. Considerando que éste funciona cuando obtenga una temperatura mayor que 100 °C, por lo tanto, para esta temperatura el sensor devolverá una salida de 1 V.

Para trabajar con mayor comodidad se añadirá un amplificador operacional a la salida del sensor. Los datos de este amplificador son:

$$V_{out,U1A} = -(R_2/R_1) \cdot V_{in,U1A}$$

Supondremos una resistencia $R_1 = 5 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_2 = (5 \cdot 1000)/1 \rightarrow R_2 = 5 \text{ k}\Omega$$

Mediante un comparador comprobamos si la temperatura captada por el sensor es correcta o no. La función del comparador será:

- Cuando la temperatura supere los 100 °C, el comparador devolverá +15V.
- Cuando la temperatura sea igual a 100 °C, el comparador devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor a 100 °C, el comparador devolverá -15V

A la salida de este comparador añadiremos un diodo con caída de tensión 0,7V. Este diodo nos servirá para rectificar la salida del comparador, obteniendo:

- Cuando la temperatura supere los 100 °C, el comparador devolverá +15V.
- Cuando la temperatura sea igual o menor a 100 °C, el comparador devolverá 0V.

Como se debe tener en cuenta la caída de tensión del diodo:

$$V_{in,U1C} = 15 - 7 \rightarrow V_{in,U1C} = 14,3 \text{ V}$$

Se necesitan 5 V a la salida de este circuito, ya que es una de las entradas del PIC18F4553, por lo tanto añadiremos un amplificador operacional para adaptar la salida. Los datos de este amplificador son:

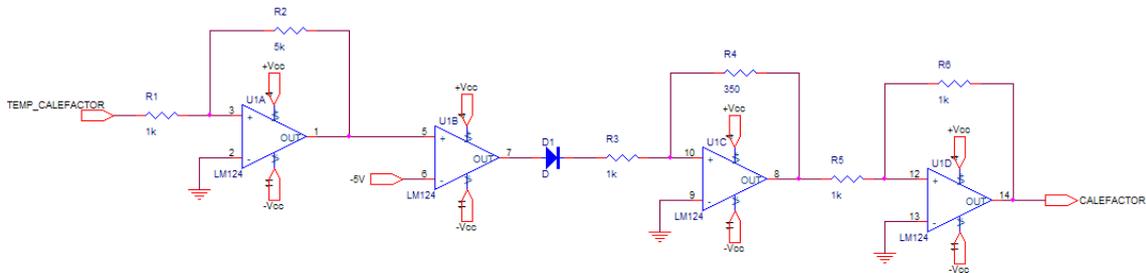
$$V_{calefactor} = -(R_4/R_3)V_{in,U1C}$$

Donde $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_4 = (5 \cdot 1000)/14,3 \rightarrow R_4 = 350 \Omega$$

El circuito resultante cumplirá lo siguiente:

- Cuando la temperatura supere los 100 °C, el comparador devolverá +5V.
- Cuando la temperatura sea igual o menor a 100 °C, el comparador devolverá 0V.



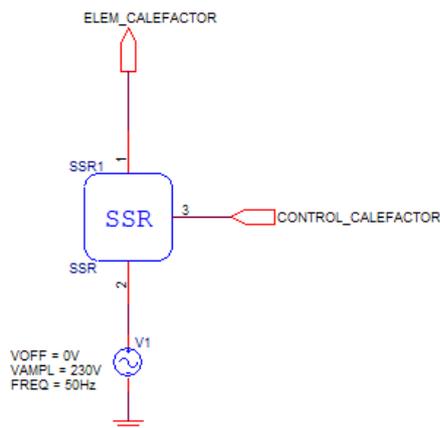
En el primer caso el elemento resistivo funcionará correctamente, mientras que en el segundo su funcionamiento será erróneo.

Este circuito se encargará de controlar si la temperatura del elemento calefactor es correcta (mayor de 100 °C) o no lo es.

8.5.2. Circuito de alimentación de la resistencia calefactora

Como se comentaba anteriormente, la resistencia calefactora tendrá una alimentación de 230 V en alterna.

Para controlar el elemento calefactor se utilizará un relé en estado sólido (SSR) normalmente cerrado el cual se activará o desactivará en función de la entrada CONTROL_CALEFACTOR.



La tensión de activación del relé sólido es de 5 V según su hoja de características.

8.5.3. Termostato

La entrada CONTROL_CALEFACTOR apagará o encenderá el elemento calefactor en función de la temperatura captada. Dispondremos de un sensor de temperatura LM35 para llevarlo a cabo. Cuando el sensor detecte que se han alcanzado los 125 °C, el relé se abrirá, desactivando el elemento calefactor.

Se desea que a una temperatura de 125 °C el elemento calefactor alcance su temperatura máxima y se desconecte. Gracias a la hoja de características del sensor de temperatura LM35 conocemos que a una temperatura de 125 °C, proporcionará una tensión de 1,25 V.

Para trabajar con más comodidad añadiremos a la salida del señor LM35 un amplificador operacional, el cual ampliará la salida a 5 V. Sus datos son los siguientes:

$$V_{out,U2A} = -(R_8/R_7)V_{in,U2A}$$

Supondremos una resistencia de $R_7 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_8 = (5 \cdot 1000)/1,25 \rightarrow R_8 = 4 \text{ k}\Omega$$

A la salida de este amplificador se añadirá un comparador, el cual realizará la siguiente función:

- Cuando la temperatura sea mayor de 125 °C, el comparador devolverá -15V.
- Cuando la temperatura sea igual a 125 °C, el comparador devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor a 125 °C, el comparador devolverá +15V.

A la salida del comparador se ha puesto un diodo para rectificar la salida del comparador, por lo tanto:

- Cuando la temperatura sea mayor o igual a 125 °C, el comparador devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor que 125 °C, el comparador devolverá +15V.

Añadiremos otro amplificador operacional a la salida del comparador, ya que la señal de control del relé sólido puede alimentarse con 5 V. Los datos de este amplificador son:

$$V_{CONTROL_CALEFACTOR} = -(R_{10}/R_9) \cdot V_{in,U2C}$$

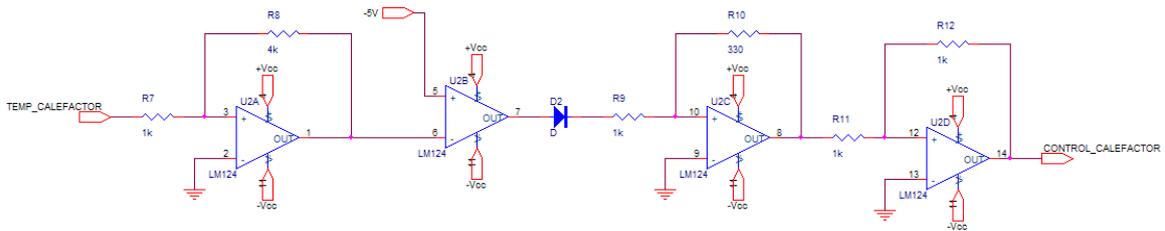
Supondremos una resistencia de $R_9 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_{10} = (5 \cdot 1000)/15 \rightarrow R_{10} = 333.33 \rightarrow R_{10} \simeq 330 \Omega$$

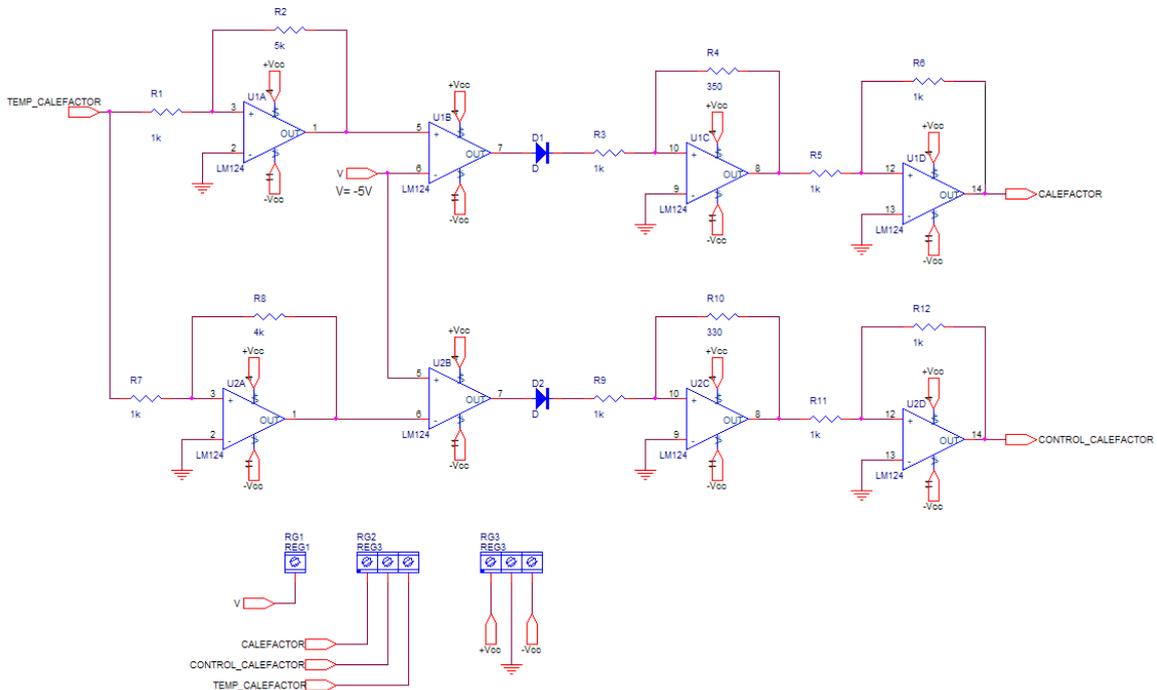
La salida del circuito ($V_{\text{CONTROL_CALEFACTOR}}$) quedará de la siguiente forma:

- Cuando la temperatura sea mayor o igual a 125 °C, el circuito devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor que 125 °C, el circuito devolverá +5V.

8.5.4. Circuito de control del termostato



8.5.5. Circuito final



9. Elemento de planchado

9.1. Partes que conforman el elemento de planchado

El elemento de planchado constará de varias partes:

- Depósito: donde se almacena temporalmente el vapor procedente del calderín.
- Pie de la plancha: base de la plancha de acero inoxidable, la cual estará en contacto con el tejido.
- Elemento calefactor: dispositivo que aportará temperatura al pie de la plancha.
- Sensor de temperatura: detectará si la temperatura en la plancha es la adecuada.

9.1.1. Pie de la plancha

Como se comentaba anteriormente, el pie de la plancha es la zona que entra en contacto con el tejido. Ésta estará fabricada con acero inoxidable, ya que es resistente a la corrosión.

Esta base de la plancha tendrá varios orificios por los cuales circulará el vapor procedente de la caldera.

Como se decía anteriormente, el elemento calefactor tendrá que estar en contacto con la base de la plancha para facilitar la conducción de la temperatura.

9.1.2. Sensor de temperatura

Para este proyecto elegiremos el sensor de temperatura LM35, el cual nos dará a la salida una tensión proporcional a la entrada captada. El rango de temperaturas que abarca este sensor es desde los 2 °C a los 150 °C, donde cada grado equivale a 10 mV a la salida, por lo tanto obtendremos un rango de salida de entre 0,02 V y 1,5 V.

El sensor estará alimentado con una tensión de 12 V, tal como indica su hoja de características.

9.1.3. Funcionamiento del circuito

Para trabajar con más comodidad, a la salida de este sensor añadiremos un amplificador operacional para obtener un rango de salida entre 0 y 5 voltios. Los datos de este amplificador son:

$$V_{out,U1A} = - (R_2/R_1) \cdot V_{in,U1A}$$

Donde $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_2 = (5 \cdot 1000)/1,5 \rightarrow R_2 = 3,33 \text{ k}\Omega \rightarrow R_2 \simeq 3\text{k}3 \Omega$$

La salida de este amplificador es negativa, por lo tanto añadiremos un amplificador operacional de ganancia unitaria.

La finalidad de este circuito es comprobar si la temperatura de la plancha es adecuada o no. La norma EN 60311 establece que la temperatura mínima de planchado es 70 °C, por lo tanto, compararemos si la temperatura captada por el sensor es igual o mayor que 70 °C.

Para llevar a cabo la comparación de forma fiable, se deberá tener en cuenta que 150 °C equivalen a 5 V, por lo tanto 70 °C equivaldrá a 2,33 V. A la salida del comparador pondremos un diodo para rectificar la salida, ya que deseamos que la función del comparador sea:

- Cuando la tensión del circuito del sensor es menor o igual que 2,33 V, la temperatura no es adecuada para planchar (la salida del comparador es 0).
- Cuando la tensión del circuito del sensor es mayor que 2,33 V, la temperatura es adecuada para planchar (la salida del comparador es +15V).

Como la salida del circuito hay que llevarla al PIC18F4553, tendremos que añadir otro amplificador operacional que adapte la salida del comparador, obteniendo la siguiente función:

- Cuando la temperatura del circuito es menor o igual a 70 °C, la salida del comparador es 0 V.
- Cuando la temperatura del circuito es mayor a 70 °C, la salida del comparador es +5V.

En este amplificador se deberá tener en cuenta la caída de tensión de 0,7 V en el diodo. Por lo tanto los datos del amplificador son:

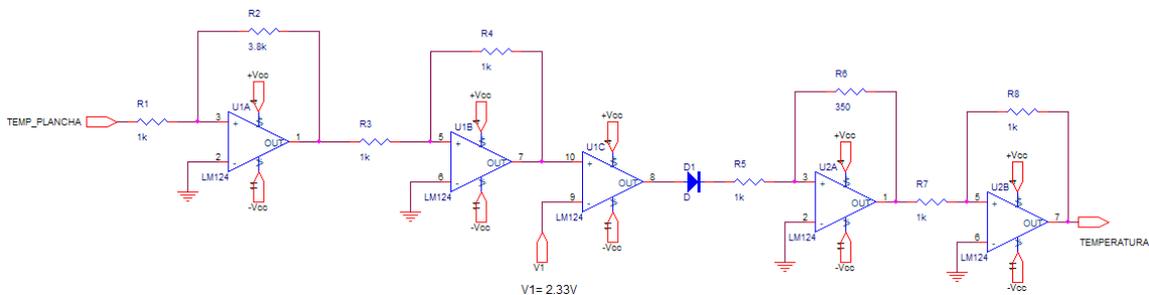
$$V_{TEMPERATURA} = -(R_6/R_5) \cdot V_{in,U2A}$$

Donde $R_5 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_6 = (5 \cdot 1000)/14,3 \rightarrow R_6 = 350 \Omega$$

Al igual que anteriormente, añadimos un amplificador operacional de ganancia unitaria para cambiarle el signo a la salida.

Finalmente, el circuito resultante es el siguiente:



La salida del circuito **TEMPERATURA** se conectará a la patilla del PIC 18F4553 para indicar por la pantalla LCD si la temperatura es la indicada para el planchado.

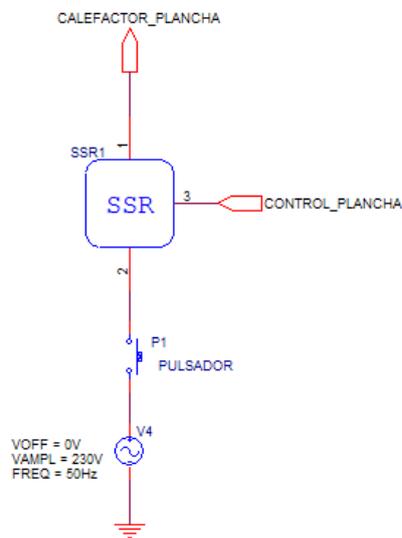
9.2. Elemento calefactor de la plancha

Para aportar temperatura, la base de la plancha contará con una resistencia calefactora de 1000 Watios. Su forma facilitará la transmisión de calor de forma uniforme por todo el pie de planchado. Alimentaremos este dispositivo mediante 230 V en alterna.



Ilustración 11: Elemento calefactor de la plancha

El esquema básico de la alimentación del elemento calefactor es el siguiente:



Como podemos observar, el circuito tendrá un pulsador manual el cuál pondrá interrumpir la alimentación de la plancha en caso de emergencia.

9.2.1. Termostato

El termostato consistirá en la activación o apagado del elemento calefactor de la plancha por medio de la señal de control. Para ello limitaremos la temperatura máxima en 125 °C.

Para diseñar el termostato se utilizará un relé en estado sólido (SSR), el cual se abrirá o cerrará en función de la señal de control obtenida. La tensión de activación del relé sólido es de 5 V según su hoja de características.

Para limitar la temperatura a 125 °C, utilizaremos la tensión del sensor de temperatura LM35 anteriormente utilizada y la llevaremos a la entrada positiva de un comparador. Para llevar a cabo una comparación fiable, se deberá tener en cuenta que 150 °C equivalen a 5 V, por lo tanto 125 °C equivaldrá a 4,16 V aproximadamente (tensión en la entrada negativa del comparador).

A la salida del comparador se añade un diodo para rectificar la señal, por lo tanto sólo obtendremos valores de +15 V y 0 V.

A continuación añadiremos un amplificador operacional para trabajar con valores comprendidos entre los 0 y 5 voltios. Los datos de este amplificador son:

$$V_{out,U2C} = - (R_{10}/R_9) \cdot V_{in,U2C}$$

Donde $R_9 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto (teniendo en cuenta la caída en el diodo):

$$R_{10} = (5 \cdot 1000)/14,3 \rightarrow R_{10} = 350 \Omega$$

El esquema básico del accionamiento de la electroválvula es:



El funcionamiento de este circuito es el siguiente:

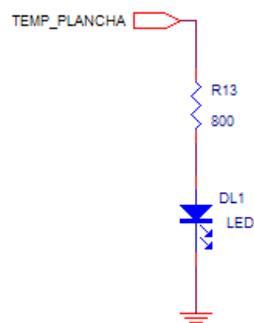
- Cuando el pulsador no está accionado, la electroválvula se encontrará cerrada y, por lo tanto, el flujo de vapor no circulará hasta la plancha.
- Cuando el pulsador esté accionado, la electroválvula se abrirá, haciendo llegar el flujo de vapor hasta la plancha.

9.4. Indicador luminoso de la plancha

La plancha tiene un indicador luminoso (LED), que indica si la temperatura alcanzada por la plancha es la adecuada o no.

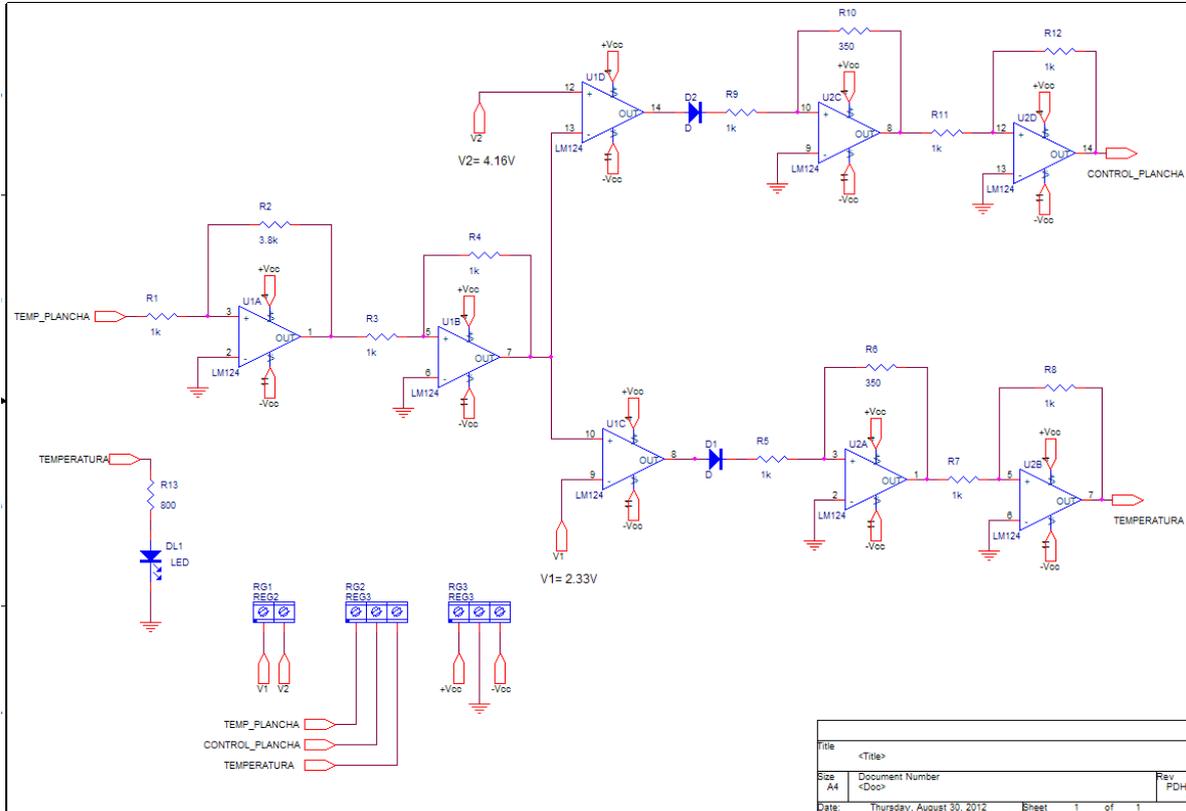
Cuando el LED se encuentre encendido, indicará que la plancha ha alcanzado una temperatura mayor de 70 °C, que es la temperatura mínima adecuada para el planchado.

El circuito de activación del diodo LED es el siguiente:



9.5. Circuito final para el control del elemento de planchado

Finalmente, el circuito de control de la resistencia calefactora de la plancha es:



10. Pantalla LCD

10.1. Introducción

Las pantallas de cristal líquido LCD (Liquid Cristal Display) tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económica.

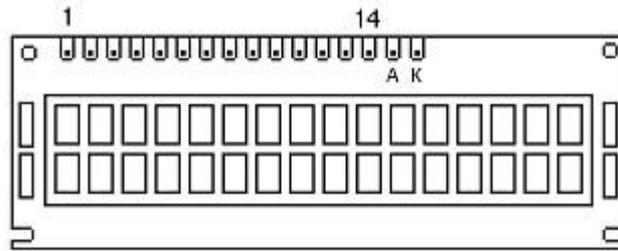
En este proyecto utilizaremos una pantalla LCD 4x16. Esta contiene un módulo microcontrolado capaz de representar 4 líneas de 16 caracteres cada una.

A través de 8 líneas de datos se le envía el carácter ASCII que se desea visualizar, así como ciertos códigos de control que permiten realizar diferentes efectos de visualización. Gracias a esta pantalla, se podrá comprobar en cada momento el estado del sistema.

A continuación se presenta la descripción de señales empleadas por el módulo LCD, así como el número de patilla a la que corresponden. Hay 14 pines en total marcados con números (16 si hay retroiluminación).

FUNCIÓN	NÚMERO	NOMBRE	ESTADO LÓGICO	DESCRIPCIÓN
Tierra	1	Vss	-	0V
Alimentación	2	Vdd	-	+5V
Contraste	3	Vee	-	0 - Vdd
Control de funcionamiento	4	RS	0 1	D0 - D7 considerados como comandos D0 - D7 considerados como datos
	5	R/W	0 1	Escribir los datos (del microcontrolador al LCD) Leer los datos (del LCD al microcontrolador)
	6	E	0 1 Transición de 1 a 0	Acceso al visualizador LCD deshabilitado Funcionamiento normal Datos/comandos se están transmitiendo al LCD
Datos / comandos	7	D0	0/1	Bit 0 LSB
	8	D1	0/1	Bit 1
	9	D2	0/1	Bit 2
	10	D3	0/1	Bit 3
	11	D4	0/1	Bit 4
	12	D5	0/1	Bit 5
	13	D6	0/1	Bit 6
	14	D7	0/1	Bit 7 MSB

Ilustración 12: Descripción de las patillas de la LCD



Pin No	Name	Description
1	Vss	GND
2	Vdd	+5v
3	Vo	Contrast Control
4	RS	Register Select
5	R/W	Read/Write
6	E	Enable (<i>Strobe</i>)
7	D0	Data <i>LSB</i>
8	D1	Data
9	D2	Data
10	D3	Data
11	D4	Data
12	D5	Data
13	D6	Data
14	D7	Data <i>MSB</i>

Ilustración 13: Tabla patillas LCD

10.1.1. DDRAM

El módulo LCD posee una zona de memoria RAM llamada DDRAM (Data Display RAM) donde se almacenan los caracteres que se van a mostrar en la pantalla. Tiene una capacidad de 80 bytes, 20 por cada línea, de los cuales sólo 64 bytes se pueden visualizar a la vez (16 bytes por línea).



Ilustración 14: Tabla de direcciones de la DDRAM en la LCD

10.1.3. CGRAM

Además de los caracteres estándar, la pantalla LCD puede visualizar símbolos definidos por el usuario. Esto puede ser cualquier símbolo de 5x8 píxeles. La memoria RAM denominada CGRAM de 64 bytes lo habilita.

Los registros de memoria son de 8 bits de anchura, pero sólo se utilizan los 5 bits más bajos. Un uno lógico en cada registro representa un punto oscurecido, mientras que 8 localidades agrupadas representan un carácter. Esto se muestra en la siguiente ilustración:

Direcciones hex. de los registros

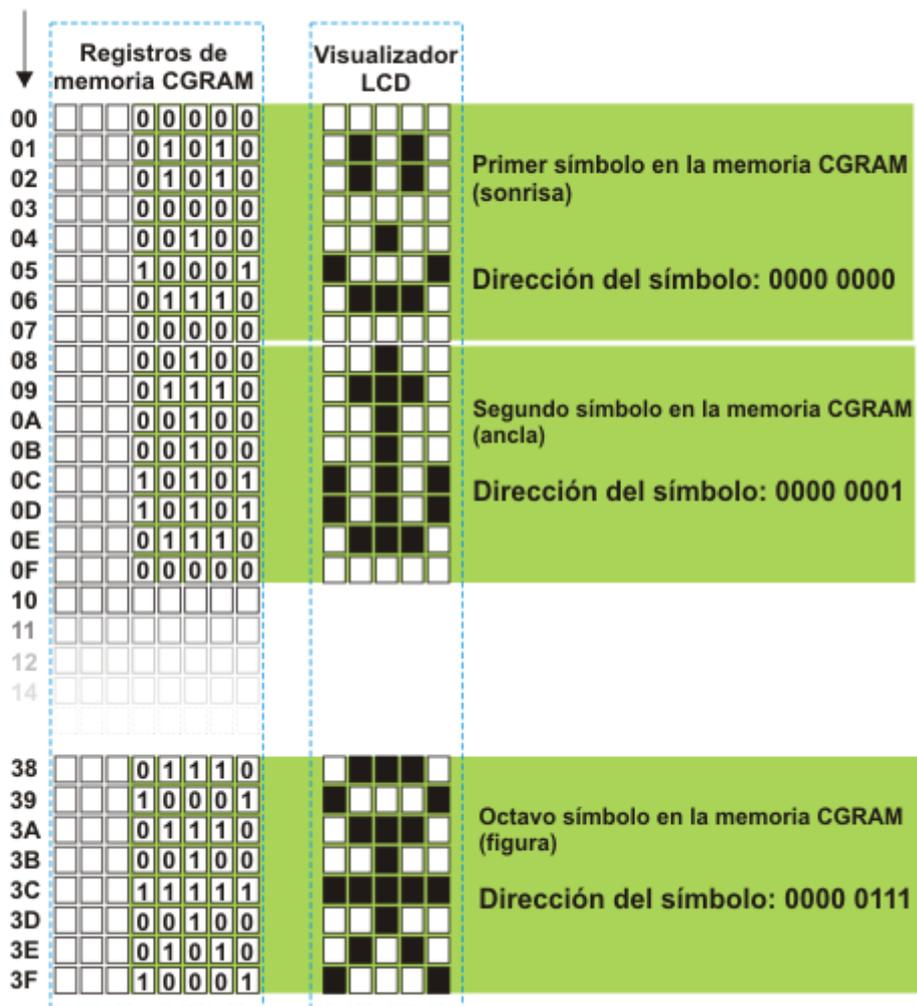


Ilustración 16: Tabla de registros de la CGRAM

10.1.4. Secuencia de inicialización

El módulo LCD ejecuta automáticamente una secuencia de inicio interna en el instante de aplicarle la tensión de alimentación si se cumplen los requisitos de alimentación expuestos en su manual. Dichos requisitos consisten en que el tiempo que tarde en estabilizarse la tensión desde 0,2 V hasta los 4,5 V mínimos necesarios sea entre 0,1 ms y 10 ms. Igualmente, el tiempo de desconexión debe ser como mínimo de 1 ms antes de volver a conectar.

La secuencia de inicio ejecutada es la siguiente:

1. CLEAR DISPLAY
2. FUNCTION SET
3. DISPLAY ON/OFF CONTROL
4. ENTRY MODE SET
5. Se selecciona la primera posición de la RAM

Las instrucciones anteriores vienen suministradas por Microchip. Es importante que la primera instrucción que se envíe realice una espera e unos 15 ms o mayor para la completa reinicialización interna del módulo LCD.

10.2. Indicaciones de la pantalla LCD

La pantalla LCD nos informará del estado de nuestro sistema. En este caso, podrán aparecer las siguientes indicaciones:

- Nivel MAX: El nivel en el depósito es máximo. En este caso la bomba que aporta agua al depósito estará parada.
- Nivel OK: El nivel de agua en el depósito está por encima del nivel medio pero sin llegar a llenarlo. En este caso la bomba estará en funcionamiento.
- Nivel FALLA: El nivel en el depósito es muy bajo, existe algún problema con el aporte de agua al depósito.
- Nivel ERROR: Existe algún problema con el sensor de nivel.
- Plancha OK: La temperatura en la plancha es correcta y además está por debajo de los 125 °C.
- Plancha FALLA: La temperatura en la plancha es baja, activamos el elemento calefactor.
- Calefactor OK: La temperatura en el elemento calefactor situado en el calderín es la adecuada (por encima de los 100°C), por lo que la producción de vapor es correcta.
- Calefactor FALLA: La temperatura en el elemento calefactor situado en el calderín es inadecuada (por debajo de los 100 °C) y por lo tanto no se produce vapor en el calderín de forma correcta.

- Presión OK: La presión dentro del calderín es la adecuada.
- Presión FALLA: La presión dentro del calderín es demasiado alta, y por lo tanto la válvula de seguridad estará activada.

Por motivos de seguridad, es recomendable iniciar el planchado cuando la presión del calderín sea la adecuada.

10.3. Programación de la pantalla LCD

```
#include <18F4553.h>
#fuses HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT,USBDIV,PLL3,
CPUDIV1,VREGEN,PUT,MCLR,NODEBUG,NOPBADEN
```

```
#use delay(clock=48000000)
```

```
#define LCD_E PIN_E0
#define LCD_RS PIN_E1
#define LCD_RW PIN_E2
```

```
#define LCD_DB4 PIN_D4
#define LCD_DB5 PIN_D5
#define LCD_DB6 PIN_D6
#define LCD_DB7 PIN_D7
```

```
#include "Flex_LCD420.c" //Libreria para LCD4x16 y LCD4x20
```

```
void main ()
{
    lcd_init();

    while(TRUE)
    {
        if ((input(PIN_B0)) == 0) & ((input(PIN_B1)) == 0)
            lcd_gotoxy(1,1);
            printf(lcd_putc, "\fNivel MAX");
            delay_ms(500);
            //Nivel al 100% (Bomba OFF)

        else if ((input(PIN_B0)) == 1) & ((input(PIN_B1)) == 0)
            lcd_gotoxy(1,1);
            printf(lcd_putc, "\fNivel OK");
            delay_ms(500);
            //Nivel entre el 80 y el 100% (Bomba ON)

        else if ((input(PIN_B0)) == 1) & ((input(PIN_B1)) == 1)
            lcd_gotoxy(1,1);
            printf(lcd_putc, "\fNivel FALLA");
            delay_ms(500);
            //Nivel muy bajo (existe un problema con el aporte de agua)
    }
}
```

```
else if ((input(PIN_B0)) == 0) & ((input(PIN_B1)) == 1)
  lcd_gotoxy(1,1);
  printf(lcd_putc, "\fNivel ERROR");
  delay_ms(500);
  //Este caso no es posible, puede significar un problema en el sensor
}

while(TRUE)
{
  if (input(PIN_B2)) == 0 //Temperatura en la plancha correcta
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc, "\fT Plancha OK");
  delay_ms(500);

  else (input(PIN_B2)) == 1
  lcd_gotoxy(1,2);
  printf(lcd_putc, "\fT Plancha FALLA"); //Temperatura en la plancha baja
  delay_ms(500);
}

while(TRUE)
{
  if (input(PIN_B3)) == 0 //Temperatura del elemento calefactor correcta
  lcd_gotoxy(1,3);
  printf(lcd_putc, "\fCalefactor OK");
  delay_ms(500);

  else (input(PIN_B3)) == 1 //Tª del elemento calefactor incorrecta
  lcd_gotoxy(1,3);
  printf(lcd_putc, "\fCalefactor FALLA");
  delay_ms(500);
}

while(TRUE)
{
  if (input(PIN_B4)) == 0 //Presion en el calderin correcta
  lcd_gotoxy(1,4);
  printf(lcd_putc, "\fPresion OK");
  delay_ms(500);

  else (input(PIN_B4)) == 1
  lcd_gotoxy(1,4);
  printf(lcd_putc, "\fPresion FALLA"); //Presion en el calderin incorrecta
  delay_ms(500);
}
}
```

10.4. Circuito de control de la pantalla LCD

La puerta D del PIC 18F4553 será un bus de datos bidireccional, el cual irá conectado a las patillas D4-D7 de la pantalla LCD (la conexión es a través de 4 patillas, primero se envían los 4 bits más significativos y después los 4 bits menos significativos). Los bits de configuración de la pantalla serán los de la puerta E (E0, E1, E2).

Gracias a la programación y configuración de la pantalla, se podrá visualizar en ella las instrucciones y avisos deseados.

Los datos de las diferentes partes del sistema llegan al PIC a través de la puerta B.

10.4.1. Cristal externo

Para producir la oscilación del PIC 18F4553, añadiremos en las patillas OSC1 OSC2 un cristal externo.

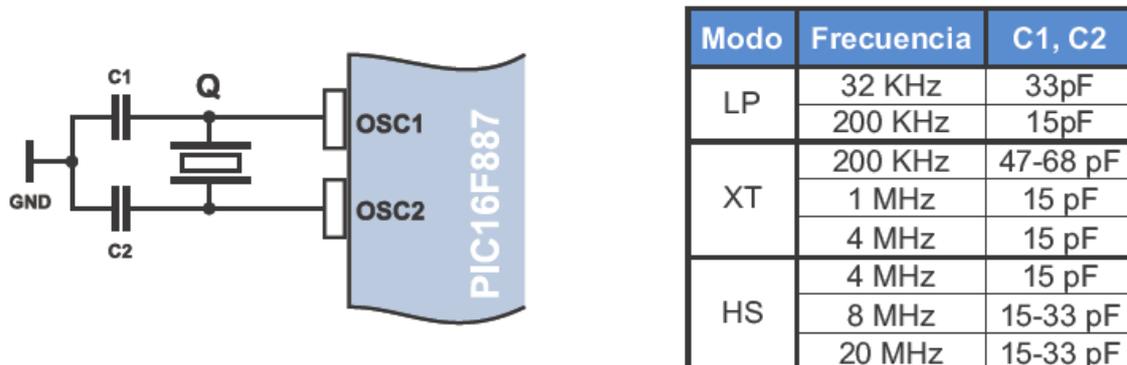
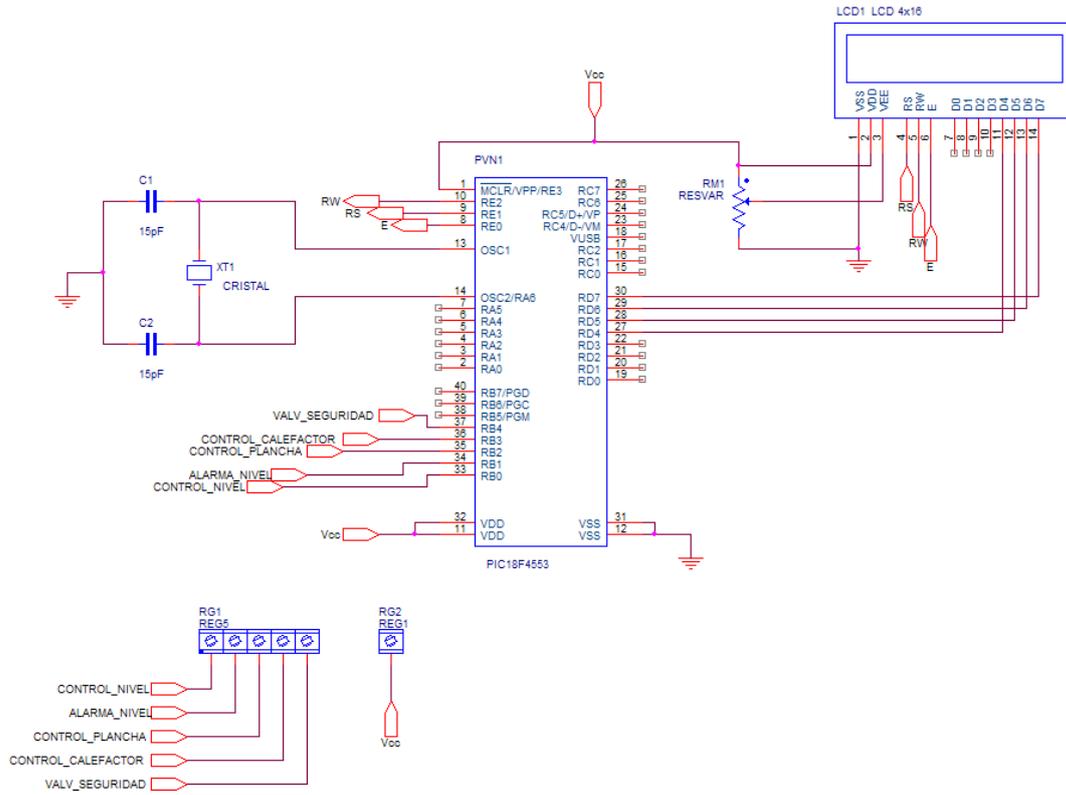


Ilustración 17: Cristal piezoeléctrico y sus posibles valores

Los valores de C1 y C2 recomendables para el cristal externo (Q-XT) dependerán de la frecuencia de oscilación que se desee. Por lo tanto, como en este proyecto elegiremos una frecuencia de oscilación de 4MHz, utilizaremos unos condensadores de 15 pF.

10.4.2. Circuito de control de la pantalla LCD

Finalmente, el circuito resultante es el siguiente:



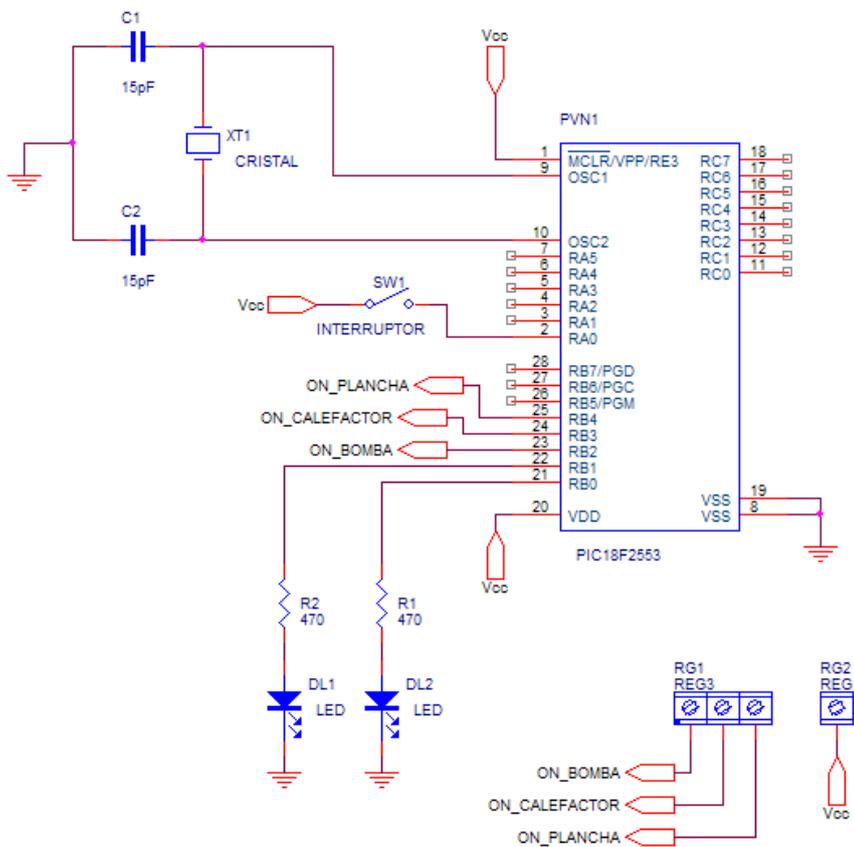
11. Accionamiento del sistema

11.1. Control

Para proceder al accionamiento del sistema, únicamente se tendrá que cerrar un interruptor (SW1). Este interruptor, inicialmente abierto, hará que circule la corriente hasta la patilla RA0 del PIC 18F2553, activada a nivel alto. La función de este circuito es la siguiente:

- Cuando el pulsador se encuentre activado, la tensión de la patilla RA0 será 5 V, accionando la bomba, el calefactor del calderín y la plancha. Cuando RA1 esté a 5 V también se encenderán los led's DL1 y DL2, los cuales indican la activación del sistema.
- Cuando el interruptor se encuentre abierto, la tensión en la patilla RA0 será de 0 V, apagando la bomba, el calefactor y la plancha. Cuando RA1 se encuentre a 0 V, también se apagará los led's DL1 y DL2.

CIRCUITO



Cuando se quiera apagar el sistema por motivos de seguridad, únicamente se tendrá que desactivar el interruptor.

Como podemos observar en la ilustración anterior, obtendremos tres salidas:

- ON_BOMBA
- ON_CALEFACTOR
- ON_PLANCHA

Debido a que los tres elementos que queremos activar se alimentan con tensiones altas, necesitaremos 3 relés en estado sólido (SSR) para poder controlar el accionamiento mediante las salidas del PIC 18F2553.

El SSR elegido es el AQ1 de Panasonic:

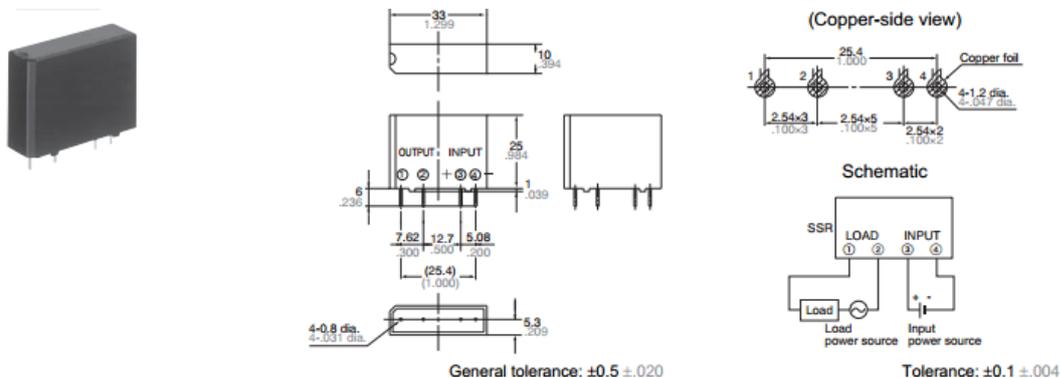


Ilustración 18: Relé sólido AQ1 de Panasonic

11.2. Programa para el accionamiento del sistema

```
#include <18F2553.h>
#fuses
HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT,USBDIV,PLL3,CPUDIV1,
VREGEN,PUT,MCLR,NODEBUG,NOPBADEN
```

```
#use delay(clock=48000000)
```

```
#include "Flex_LCD420.c" //Libreria para LCD4x16 y LCD4x20
```

```
void main()
{
    set_tris_b(0x00); // Configuramos PORTB como salidas
    while(TRUE)
    {
        if (input(PIN_A0) == 1)
            output_b(0xFF); //Sacamos un valor alto (5v) por todas las patillas de
            delay_ms(50); //la puerta B
    }
}
```

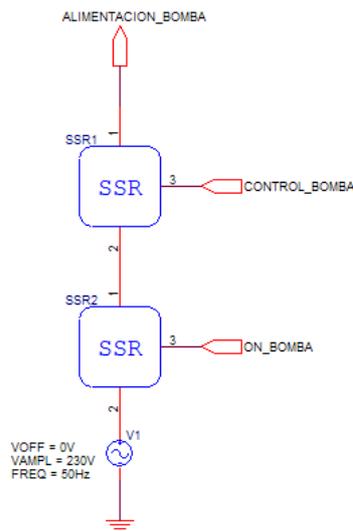
```
else
output_b(0x00); //Sacamos un valor bajo (0v) por todas las patillas de
delay_ms(50); //la puerta B
}
}
```

11.3. Alimentación de la bomba

Cuando el pulsador se encuentra accionado, la bomba se activará. Esto se produce mediante el control de un relé en estado sólido (SSR).

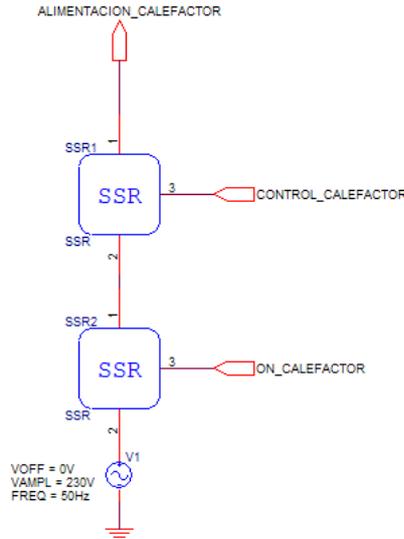
Como ya se vio anteriormente, la bomba también se encuentra regulada mediante el nivel en el calderín, por lo tanto sólo se producirá su activación si el interruptor de encendido está en modo ON y si el nivel del calderín es el adecuado.

El esquema de la alimentación de la bomba es el siguiente:



11.4. Alimentación del elemento calefactor

Cuando el interruptor se encuentre cerrado, el elemento calefactor se encenderá, lo cual producirá el calentamiento del agua que se encuentra dentro del calderín. Cuando la resistencia alcanza una temperatura de 125 °C, se accionará el termostato la apagará. Por lo tanto, el elemento calefactor únicamente se activará si el interruptor de activación del sistema se encuentra en ON y si la temperatura es menor a 125 °C.



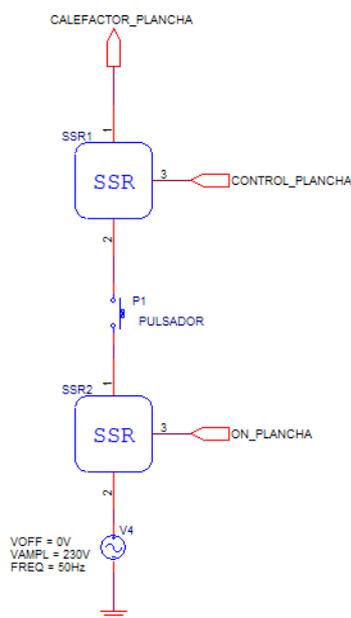
11.5. Alimentación de la plancha

La alimentación de la plancha se basa en la activación de su resistencia calefactora. Cuando el pulsador se encuentre accionado, la resistencia calefactora se activará.

La temperatura de la plancha está controlada mediante un termostato, con una temperatura máxima de 125 °C. Con lo cual, el accionamiento del calefactor no dependerá únicamente del pulsador, sino que también depende de la temperatura alcanzada.

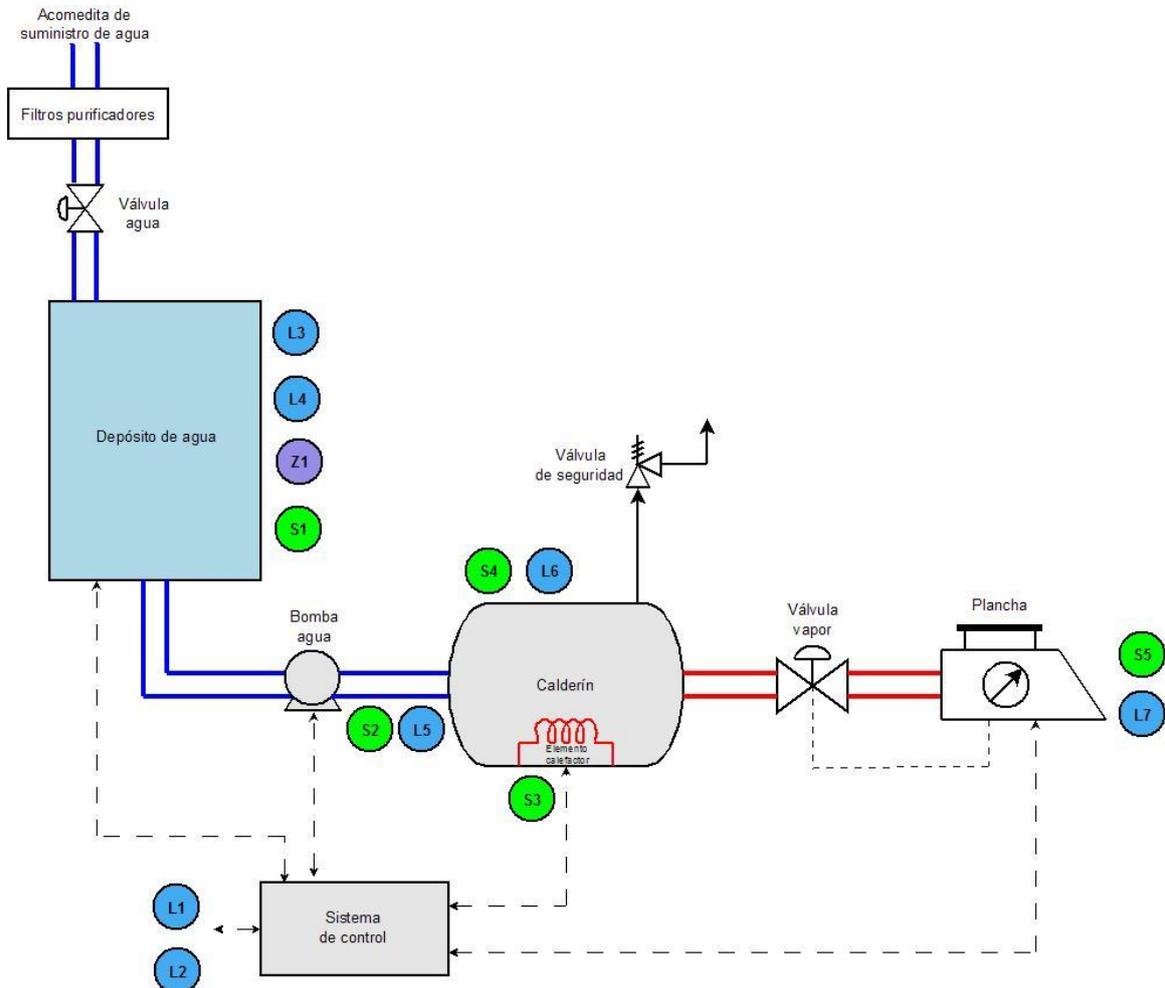
Por lo tanto para la activación de la plancha contamos con un pulsador que será activado por el operario, el interruptor de accionamiento del sistema y el control de temperatura.

El esquema de alimentación de la plancha es el siguiente:



12. Montaje del sistema

A continuación se muestra la distribución que tendrán los componentes utilizados una vez montados:



- L1 y L2: Accionamiento del sistema (calderín y plancha).
- L3: Activación de la bomba de agua del depósito (nivel medio).
- L4: Alarma depósito (problema en el suministro de agua).
- L5: Activación de la bomba de aporte de agua al calderín.
- L6: Activación de la válvula de seguridad del calderín (presión alta).
- L7: Elemento de planchado en funcionamiento.
- Z1: Alarma acústica del depósito (problema de suministro de agua).
- S1: Sensor de nivel en el depósito.
- S2: Sensor de nivel en el calderín (accionamiento bomba).
- S3: Sensor de temperatura en el elemento calefactor del calderín.
- S4: Sensor de presión en el calderín.
- S5: Sensor de temperatura en el elemento calefactor de la plancha.

13. Seguridad

13.1. Medidas de seguridad

Será importante cumplir con ciertas medidas de seguridad para asegurar la integridad física del operario.

Para ello utilizaremos sensores de temperatura y presión para asegurar un correcto funcionamiento del sistema.

Además utilizaremos materiales que cumplan la normativa para asegurar y garantizar una correcta presión de planchado, evitando fugas y problemas que provocarían un deterioro de la maquinaria y de su rendimiento.

13.2. Seguridad y protección del operario

Para preservar la seguridad y la protección del operario el sistema de planchado deberá cumplir con la normativa vigente de protección contra el contacto directo con las partes de temperatura y presión elevadas.

Para ello utilizaremos materiales aislantes y resistentes que proporcionaran una temperatura exterior segura y adecuada para el operario que manipule la caldera y el calderín.

La zona de trabajo del operario estará limitada a los pulsadores de accionamiento/detención, al pulsador de presión y a la pantalla LCD, evitando zonas de peligro como pueden ser partes de tensión elevada, zonas de conductores de calor, etc.

En el caso de que el operario pueda tener contacto directo con ellas, estas estarán provistas de aislantes y sistemas de seguridad para una mayor protección del operario.

13.3. Mantenimiento de la instalación

Para que las instalaciones sean seguras y sean eficientes es necesario realizar tareas de mantenimiento.

El objetivo principal de este mantenimiento es el tratamiento del agua, con esto evitaremos problemas de corrosiones e incrustaciones en el circuito.

Un elemento del circuito, como es la caldera, deberá pasar revisiones periódicas, comprobando antes que el sistema esta desconectado, que los elementos del circuito estén secos y que la caldera este fría.

Con un mantenimiento eficaz de la instalación evitaremos problemas de obstrucción de tuberías, averías y accidentes. Asegurando así una larga vida útil de la instalación.

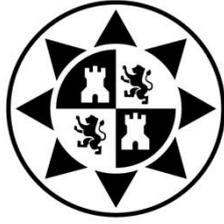
13.4. Registro de las tareas de mantenimiento

El encargado del mantenimiento de la instalación llevará un registro de las tareas de mantenimiento realizadas y de los resultados obtenidos.

Este registro se anotará en un libro o en un archivo informático, donde se numerarán las operaciones de mantenimiento debiendo estar distribuidas de la siguiente forma:

- Titular de la instalación y la ubicación de la misma.
- Titular que realice el mantenimiento.
- Número de orden de la operación en la instalación.
- Fecha de ejecución.
- Operaciones realizadas y el personal que las realizó.
- Lista de materiales sustituidos.
- Repuestos.
- Observaciones y sugerencias.

El registro de las tareas de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación. Estos documentos deben guardarse al menos durante tres años, contados a partir de la fecha de ejecución del mantenimiento de la instalación.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Presupuesto

Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

Proyecto Fin de Carrera

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

El presupuesto ha sido dividido en varios bloques, en relación a las distintas partes que forman este proyecto.

- Depósito

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Resistencias	6	0,20	1,20
Diodos	1	0,09	0,09
LEDs	2	0,12	0,24
Sensor de nivel	1	63,00	63,00
Circuito integrado	1	0,33	0,33
Relé sólido (SSR)	1	16,83	16,83
Zumbador	1	1,60	1,60
Depósito 200 litros	1	83,00	83,00
Electroválvula	1	30,60	30,60
PRECIO TOTAL			196,89

- Tuberías

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Tubería polietileno (m)	6	0,49	2,94
Tubería polipropileno (m)	4	0,61	2,44
Coquilla (m)	4	2,60	10,40
PRECIO TOTAL			15,78

- Bomba de agua

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Resistencias	6	0,20	1,20
Diodos	1	0,09	0,09
LEDs	2	0,12	0,24
Sensor de nivel	1	63,00	63,00
Circuito integrado	1	0,33	0,33
Relé sólido (SSR)	1	16,83	16,83
Bomba de agua		130,00	130,00
PRECIO TOTAL			211,69

Proyecto Fin de Carrera

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

- Calderín

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Resistencias	20	0,20	4,00
Diodos	3	0,09	0,27
LEDs	2	0,12	0,24
Sensor de presión	1	5,50	5,50
Sensor de temperatura	1	3,60	3,60
Relé Sólido (SSR)	1	16,83	16,83
Amplificadores operacionales	3	0,83	2,49
Válvula de seguridad	1	45,22	45,22
Elemento calefactor	1	59,70	59,70
Calderín	1	242,00	242,00
Lana de roca (m2)	2	5,63	11,26
PRECIO TOTAL			391,11

- Elemento de planchado

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Resistencias	13	0,20	2,60
Diodos	2	0,09	0,18
LEDs	1	0,12	0,12
Sensor de temperatura	1	3,60	3,60
Amplificadores operacionales	2	0,83	1,66
Relé sólido (SSR)	1	16,83	16,83
Resistencia calefactora	1	45,08	45,08
Electroválvula	1	78,53	78,53
Pulsador plancha	1	9,50	9,50
PRECIO TOTAL			158,10

- Pantalla LCD

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Potenciómetro	1	0,25	0,25
Condensadores	2	0,10	0,20
Cristal de cuarzo	1	5,02	5,02
PIC18F4553	1	6,21	6,21
Pantalla LCD	1	11,59	11,59
PRECIO TOTAL			23,27

Proyecto Fin de Carrera

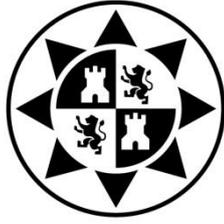
Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

- Accionamiento del sistema

Descripción	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Resistencias	2	0,20	0,40
Condensadores	2	0,10	0,20
LEDs	2	0,12	0,24
Cristal de cuarzo	1	5,02	5,02
PIC18F2553	1	5,67	5,67
Relé sólido (SSR)	3	16,83	50,49
Interruptor	1	10,60	10,60
PRECIO TOTAL			72,62

- *Presupuesto Total*

Bloque	Total (€)
Depósito	196,89
Tuberías	15,78
Bomba de agua	211,69
Calderín	391,11
Elemento de planchado	158,10
Pantalla LCD	23,27
Accionamiento del sistema	72,62
PRECIO TOTAL	1069,46



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

Anexo I: Reglamento de sistemas a presión

Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

Reglamento de sistemas a presión

En este apartado se mencionarán los puntos del “Reglamento de Sistemas a Presión (Artículo 5)” influyentes en este proyecto, los cuales han sido mencionados anteriormente.

REGLAMENTO

La instalación de tuberías de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

1. Materiales.

Se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño. Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como temperatura de diseño la máxima del fluido a transportar y como presión la máxima total en la instalación, que será:

- Caso vapor: igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad instaladas en la caldera, o en el equipo reductor de presión si existiese.
- Caso agua sobrecalentada: igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad de la caldera más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.
- Caso agua caliente: igual a la presión estática más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.

En los lugares que pudieran existir vibraciones o esfuerzos mecánicos, podrán utilizarse tuberías flexibles con protección metálica, previa certificación de sus características.

Las válvulas y accesorios de la instalación serán de materiales adecuados a la temperatura y presión de diseño, características que deben ser garantizadas por el fabricante o proveedor.

Las juntas utilizadas deberán ser de materiales resistentes a la acción del agua y vapor, así como resistir la temperatura de servicio sin modificación alguna.

2. Diámetro de la tubería.

La tubería tendrá un diámetro tal que las velocidades máximas de circulación serán las siguientes:

- Vapor saturado: 50 m/seg.
- Vapor recalentado y sobrecalentado: 60 m/seg.
- Agua sobrecalentada y caliente: 5 m/seg.

3. Uniones

Las uniones podrán realizarse por soldadura, embridadas o roscadas. Las soldaduras de uniones de tuberías con presiones de diseño mayores que 13 kg./cm² deberán ser realizadas por soldadores con certificado de calificación. Las uniones embridadas serán realizadas con bridas, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño.

4. Ensayos y pruebas

El nivel y tipo de ensayos no destructivos (END) a realizar en las instalaciones incluidas en esta Instrucción, así como las condiciones de aceptación, serán los prescritos por el código o normas de diseño utilizadas en el proyecto.

Para tuberías de vapor y agua sobrecalentada situadas en zonas peligrosas, por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas, y deberán realizarse ensayos no destructivos del 100% de las uniones soldadas.

5. Puesta en servicio

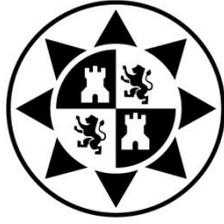
Para las instalaciones de agua sobrecalentada y caliente debe comprobarse el perfecto llenado de las mismas, por lo que se proveerá de puntos de salida del aire contenido.

6. Instalación:

1. La instalación de tuberías y accesorios para vapor, agua sobrecalentada y caliente, estará de acuerdo con la norma UNE u otra norma internacionalmente conocida.
2. Las tuberías podrán ser aéreas y subterráneas, pero en todos los casos deberán ser accesibles, por lo que las subterráneas serán colocadas en canales cubiertos o en túneles de servicios.
3. Con el fin de eliminar al mínimo las pérdidas caloríficas, todas las tuberías deberán estar convenientemente aisladas, según Decreto 1490/1975.
4. Para evitar que los esfuerzos de dilatación graviten sobre otros aparatos, tales como calderas, bombas o aparatos consumidores, se deberán prever los correspondientes puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de sollicitaciones a estos aparatos.

5. En todos los casos, los equipos de bombeo de agua sobrecalentada, equipos consumidores, válvulas automáticas de regulación u otros análogos, deberán ser seccionables con el fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y reparación.
6. Todos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada y caliente dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.
7. La recuperación de condensadores en los que exista la posibilidad de contaminación por aceite o grasas requerirá la justificación ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente de los dispositivos y tratamientos empleados para eliminar dicha contaminación y, en caso contrario, serán evacuados.
8. Instalación de tuberías auxiliares para las calderas de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente.
 - La tubería de llegada de agua al depósito de alimentación tendrá una sección tal que asegure la llegada del caudal necesario para el consumo de la caldera en condiciones máximas de servicio, así como para los servicios auxiliares de la propia caldera y de la sala de calderas.
 - La tubería de alimentación de agua tanto a calderas como a depósitos, tendrá como mínimo 15 mm de diámetro exterior, excepto para instalaciones de calderas con un PV menor o igual a 5, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 8 milímetros, siempre que su longitud no sea superior a un metro.
 - Las tuberías de vaciado de las calderas tendrán como mínimo 25 mm de diámetro, excepto para calderas con un PV menor o igual a cinco, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 10 mm, siempre que su longitud no sea superior a un metro.
 - Todos los accesorios instalados en la tubería de llegada de agua proveniente de una red pública serán de presión nominal PN16, no admitiéndose en ningún caso válvulas cuya pérdida de presión sea superior a una longitud de tubería de su mismo diámetro y paredes lisas igual a 600 veces dicho diámetro
 - La alimentación de agua a calderas mediante bombas se hará a través de un depósito, quedando totalmente prohibido la conexión de cualquier tipo de bomba a la red pública.

- Aunque el depósito de alimentación o expansión sea de tipo abierto, estará tapado y comunicado con la atmósfera con una conexión suficiente para que en ningún caso pueda producirse presión alguna en el mismo. En el caso de depósito de tipo abierto con recuperación de condensados, esta conexión se producirá al exterior. En el caso de depósito de tipo cerrado, dispondrá de un sistema rompedor de vacío.
- Todo depósito de alimentación dispondrá de un rebosadero cuya comunicación al albañal debe poder comprobarse mediante un dispositivo apropiado que permita su inspección y constatar el paso del agua.
- Los depósitos de alimentación de agua y de expansión den circuito de agua sobrecalentada y caliente dispondrán de las correspondientes válvulas de drenaje.
- No se permite el vaciado directo al alcantarillado de las descargas de agua de las calderas; purgas de barros, escapes de vapor y purgas de condensados, debiendo existir un dispositivo intermedio con el fin de evitar vacíos y sobrepresiones en estas redes.



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales

etsii UPCT

Anexo II: Bibliografía

Titulación: Ingeniería Téc. Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno/a: Abel Sáez Pagán
Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 15 de Abril de 2013

Libros

- Rashid M. H., "Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones". Editorial Prentice Hall, 1993.
- Norbert R. Malik, "Circuitos Electrónicos (Análisis, simulación y diseño)". Editorial Prentice Hall, 1996.
- Ramón Pallás Areny, "Sensores y Acondicionadores de Señal". Editorial Marcombo, 1998.
- Eduardo García Breijo, "Compilador C CSS y Simulador PROTEUS para Microcontroladores PIC". Editorial Marcombo, 2008.

Webs

- www.forosdeelectronica.com
- www.unicrom.com
- www.oa.upm.es

Fabricantes y distribuidores

- RS Components (www.es.rs-online.com)
- Panasonic (www.panasonic-electric-works.es)
- Hydraelectric (www.hydraelectric.com)
- Isover (www.isover.es)
- Ebara (www.ebara.es)
- BD Sensors (www.bdsensors.de)
- Microchip (www.microchip.com)
- AB Elektronik (www.abelektronik.com)
- Hogar Tintorero (www.hogartintorero.com)

Programas utilizados

- Orcad Capture v9.2 → Diseño y simulación de esquemáticos.
- Orcad Layout v9.2 → Diseño de placas de circuito impreso.
- Proteus v7.4 → Simulador de sistemas y circuitos.
- Mplab IDE v8.63 → Entorno de desarrollo para programación PIC.
- Mplab CCS C Compiler v4.2 → Compilador CCS.
- DIA v0.97.2 → Creación de diagramas de flujo.