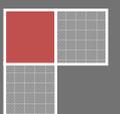


Proyecto General Fin de Carrera

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

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial
Especialidad: Electrónica Industrial
Alumno: Ignacio G^a de Carellán Portela
Director: Pedro Díaz Hernández
Curso 2013 - 2014





I. MEMORIA.....	4
1. OBJETIVO DEL PROYECTO	5
2. NORMATIVA VIGENTE.....	5
3. CENTRO DE PLANCHADO: VISIÓN GENERAL	5
4. ELEMENTOS QUE LO COMPONENTEN	6
4.1. Plancha.....	6
4.2. Caldera	7
4.3. Depósito.....	7
4.4. Tuberías.....	8
4.5. Bomba.....	8
4.6. Válvula de seguridad	8
4.7. Válvula de compuerta	9
4.8. Sensores.....	9
4.9. Sistema de control	9
5. SISTEMA DE CONTROL: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO.....	10
5.1. Funcionamiento del sistema	10
5.2. Sensores.....	11
5.2.1. Sensor de Nivel.....	11
5.2.2. Sensor de Presión.....	13
5.2.3. Sensor de temperatura	14
5.3. Acondicionamiento de sensores	16
5.3.1. Sensor de nivel deposito.....	16
5.3.2. Sensor de presión de la caldera.....	18
5.3.3. Sensor de temperatura	18
5.4. Lógica de control.....	20
5.4.1. Control de Nivel de Agua	21
5.4.2. Control Generación Vapor.....	22
5.4.3. Control Temperatura Plancha	22
5.4.4. Control Válvula Vapor	23



5.5. Indicadores	23
5.6. Fuente de alimentación.....	25
II. PLIEGO DE CONDICIONES	27
6. DEPÓSITO.....	28
7. BOMBA.....	28
8. CALDERA.....	28
9. ELEMENTO DE PLANCHADO.....	29
10. TUBERÍAS	29
11. AGUA.....	30
12. TARJETA DE CONTROL.....	30
13. SEGURIDAD.....	30
14. PUESTA EN MARCHA	31
15. MANTENIMIENTO	32
16. REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.....	32
III. PRESUPUESTO.....	34
IV. PLANOS	37
V. ANEXOS.....	46
17. DIAGNOSTICO DE AVERIAS.....	47
18. PROGRAMACION MICROCONTROLADOR.....	48
19. REGLAMENTO DE SISTEMAS A PRESIÓN.....	50
20. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	54
21. WEBS CONSULTADAS.....	55



I. MEMORIA



1. OBJETIVO DEL PROYECTO

El presente proyecto, tiene como objetivo el diseño de una tarjeta de control de un sistema de planchado industrial.

Dicha tarjeta controlará los parámetros del sistema de planchado con el fin de garantizar el punto óptimo de funcionamiento, así como la integridad del sistema y sus operadores.

2. NORMATIVA VIGENTE

Este proyecto tiene como marco de referencia el **Reglamento de Equipos a Presión** publicado el 5 de febrero de 2009.

El resumen de los principales puntos se puede consultar en el anexo.

3. CENTRO DE PLANCHADO: VISIÓN GENERAL

El centro de planchado a controlar, está compuesto por un depósito de agua que mediante una bomba alimenta una caldera, donde, con la ayuda de un elemento calefactor se produce vapor de agua.

Este vapor de agua es conducido a un elemento de planchado, dotado también de un elemento calefactor, mediante el accionamiento de un pulsador.

En la figura 3-1 encontramos el esquema funcional del centro de planchado. Los elementos representados por la letra "L" son los indicadores del sistema, gracias a ellos se puede interpretar en todo momento el estado en el que se encuentra el sistema:

- L1.- Indicador de calentamiento de agua en proceso.
- L2.- Indicador de calentamiento de plancha en proceso.
- L3.- Indicador de nivel bajo en el depósito.
- L4.- Indicador de presión alcanzada en caldera.
- L5.- Indicador de temperatura de planchado alcanzada.

Los representados por la letra "S" son en cambio los sensores del sistema:

- S1.- Sensor de nivel de agua en el depósito.
- S2.- Sensor de aporte de agua deposito/caldera.



- S3.- Sensor de temperatura en la caldera.
- S4.- Sensor de presión en la caldera.
- S5.- Sensor de temperatura de la plancha.

El sistema de control a diseñar, deberá regular los caudales y temperaturas adecuados para un planchado óptimo, mediante el uso de diversos actuadores en base a las lecturas de los sensores anteriormente indicados.

Los indicadores informarán del estado del sistema.

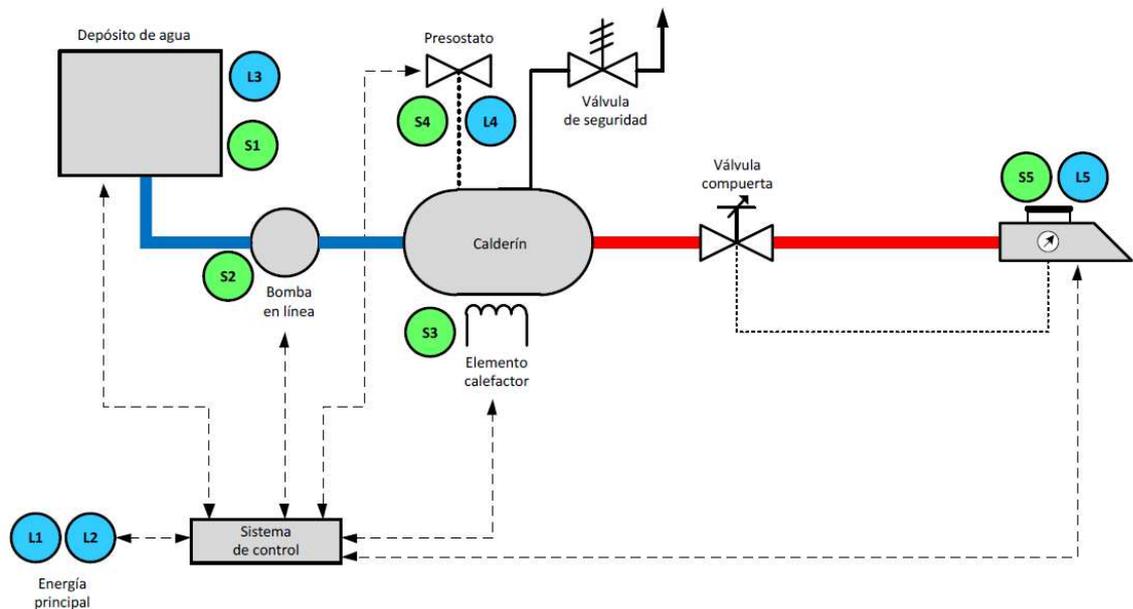


Figura 3-1. Esquema funcional del centro de planchado

4. ELEMENTOS QUE LO COMPONEN

4.1. Plancha

La zona de contacto con el tejido, denominada suela, estará fabricada de una pieza de acero inoxidable, para permitir un buen deslizamiento de la misma. Esta pieza, estará dotada de un elemento calefactor regulado mediante un termostato.



Como elemento calefactor usaremos un cartucho eléctrico calefactor de alta densidad calórica de 230V 750W de ELECTRICFOR.



Figura 4.1-1 Calefactor Plancha

Dispondrá de diversos orificios por los que saldrá el vapor proveniente de la caldera, a demanda, mediante el uso de un pulsador alojado en su mango o empuñadura.

4.2. Caldera

La caldera es el contenedor donde, por medio de un elemento calefactor, se generará el vapor de agua para surtir a la plancha.

El volumen de nuestra caldera será de 6dm³.

Esta deberá ser capaz de soportar las elevadas temperaturas y presiones generadas en el proceso.

La caldera deberá estar aislada térmicamente, tanto para evitar pérdidas innecesarias de calor, como para evitar quemaduras a cosas o personas. También deberá estar protegida frente a la corrosión y a agentes químicos.

Como elemento calefactor en la caldera, usaremos una resistencia de inmersión con tapón de acoplamiento T001 230V 750W de ELECTRICFOR.

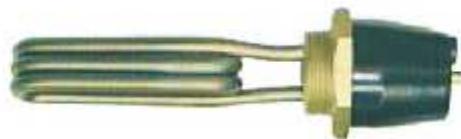


Figura 4.2-1 Calefactor Caldera

4.3. Depósito

El depósito tendrá las mismas características que la caldera, si bien solo acumulará agua que previamente habrá sido tratada y precalentada, con el fin de surtir a la caldera el volumen apropiado de agua a demanda del sistema controlador.



4.4. Tuberías

La elección de las tuberías se debe hacer en función del material y su diámetro.

El diámetro deberá ser tal que permita un caudal adecuado de vapor/agua.

El material debe ser resistente a la corrosión, alta presión y a la temperatura.

Atendiendo a estos criterios, usaremos las tuberías de etileno-propileno (EPDM) DAMPF 16-5 G de la marca HANSA-FLEX.

Las razones que justifican su elección son:

- La resistencia a altas temperaturas/impactos, le otorga una alta durabilidad.
- Inalterable ante la corrosión y los productos químicos.
- Flexibilidad.
- Uso mediante abrazaderas.

4.5. Bomba

La bomba es elemento encargado de suministrar el agua desde el depósito hasta la caldera.

Deberá ser capaz de proporcionar un caudal de agua adecuado 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. Todo ello de acuerdo con el Apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C. MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión.

Atendiendo a estas especificaciones, usaremos la bomba centrífuga SAER modelo CM1C.

4.6. Válvula de seguridad

La válvula de seguridad, tiene la función de proteger el sistema frente a sobrepresiones que podrían causar una explosión de la caldera.



Figura 4.6-1 Válvula de seguridad



Para nuestro proyecto, seleccionaremos la válvula de seguridad AERRE modelo 1800.

4.7. Válvula de compuerta

La válvula de compuerta es la encargada de permitir el flujo de vapor de la caldera a la plancha.

La válvula debe soportar altas presiones y temperaturas y debe estar normalmente cerrada.

Para nuestro proyecto, se ha seleccionado la válvula accionada por solenoide BÜRKERT modelo 0407.



Figura 4.7-1 Válvula de Compuerta

4.8. Sensores

Los sensores son los dispositivos que nos van a permitir cuantificar ciertas magnitudes que caracterizan el punto de funcionamiento del sistema de planchado.

En función de la magnitud a monitorizar, los sensores que utilizaremos serán de nivel de agua, de presión y de temperatura.

Haremos uso de dos sensores de nivel para monitorizar el nivel de agua en depósito y caldera.

Dos sensores de temperatura, uno en la plancha y otra en la caldera.

Un sensor de presión en la caldera.

4.9. Sistema de control

El sistema de control es el objeto de este proyecto. Es el dispositivo encargado de monitorizar el sistema de planchado y de garantizar el punto de funcionamiento óptimo definido, mediante el uso de diversos actuadores.



5. SISTEMA DE CONTROL: ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

En este apartado se expondrá el diseño del sistema de control propuesto, justificando las soluciones planteadas.

5.1. Funcionamiento del sistema

Una vez accionado el interruptor general del sistema de planchado, el sistema de control analizará el estado en el que se encuentra el sistema y actuará sobre él para alcanzar el punto de funcionamiento establecido.

Como podemos observar en la figura 3.2.1.1, el sistema podemos subdividirlo en tres etapas:

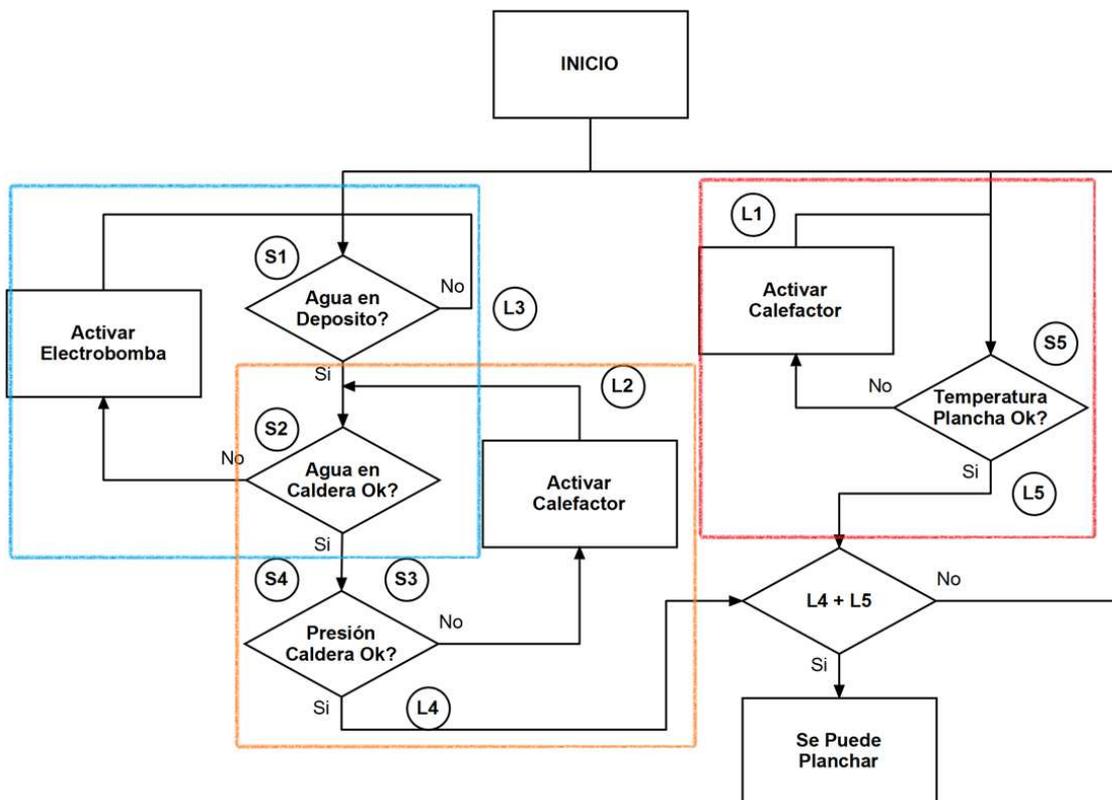


Figura 5.1-1 Diagrama de Flujo Sistema de Control

- Control de Niveles de Líquidos:

El sistema de control, determinará con un sensor de nivel (**S2**), si es necesario alimentar la caldera con agua accionando la electrobomba.



En el caso en que el nivel de agua alcance el mínimo en el depósito (**S1**), se indicará mediante **L3**.

La activación de **L3** impedirá a su vez el uso de la electrobomba como medida de protección de la misma.

- Control de Generación de vapor:

La generación de vapor solo es posible si los niveles de líquidos son mayores a los mínimos, tanto en la caldera como en el depósito.

Una vez confirmados los niveles, el sistema de control activará el calefactor de la caldera para que la presión de vapor de agua se encuentre dentro del rango predefinido.

El rango es 3,5/4,5 Bar, para lo cual usaremos **S3** y **S4**, con los que implementaremos un termostato y un presostato respectivamente en el sistema de control.

L4 se activará en paralelo al presostato e indicará el nivel de presión óptimo.

- Control de Temperatura plancha:

En este caso, implementamos un termostato en el sistema de control mediante el uso de **S5**, accionando el elemento calefactor de la plancha para que la temperatura de la misma, se encuentre dentro del rango de la modalidad de planchado seleccionado.

El sistema de control activará **L5** una vez alcanzada dicha temperatura.

Una vez activados **L4** y **L5** el centro de planchado se encontrará listo para su uso a la presión y temperatura adecuadas.

Es en ese momento cuando el accionamiento del pulsador de la plancha permitirá la salida de vapor hacia la misma.

5.2. Sensores

5.2.1. Sensor de Nivel

Como sensor de nivel, emplearemos el medidor de nivel potenciométrico Condurix Mono Hart HT de FAFNIR.



Sus principales características son:

- Rango de temperatura de 0°C a 200°C.
- Presión máxima de trabajo de 50 Bar.
- Longitud de la sonda de medición de 150mm a 500mm.
- Precisión de $\pm 1\text{mm}$ o $\pm 1\%$.
- Tensión de alimentación 8-30 voltios CC.
- Señal de salida 4-20 mA.
- Conexión G 1/2".
- Acero inoxidable 303.



Figura 5.2-1 Sensor de Nivel Potenciométrico

Cálculos justificativos

Tanto el depósito como la caldera tienen una capacidad de unos 6 litros.

Emplearemos una forma cilíndrica, cuyo volumen viene dado por la ecuación:

$$V = \pi r^2 h$$

Escogeremos un radio de 85mm, por lo que para un volumen de 6 litros:

$$6 \cdot 10^6 = \pi 85^2 h \rightarrow h = 264,34\text{mm} \approx 264\text{mm}$$

Elegiremos por tanto una sonda de 250mm.

El depósito de agua deberá albergar 5 litros y estableceremos el mínimo en el 10% de ese volumen, por lo que:

$$h_{nivdep_max} = \frac{5 \cdot 10^6}{\pi 85^2} = 220,28\text{mm} \approx 220\text{mm}$$

$$h_{nivdep_min} = \frac{0,5 \cdot 10^6}{\pi 85^2} = 22,02\text{mm} \approx 22\text{mm}$$



Dado que la sonda va roscada a la parte superior del depósito, la salida máxima del sensor se corresponde con $h=264\text{mm}$ y la mínima con $h=14\text{mm}$, por lo que los valores para los niveles máximos y mínimos, son:

$$h_{max_sen} = 264\text{mm} \rightarrow I_{max_sen} = 20\text{mA}$$

$$h_{nivdep_max} = 220\text{mm} \rightarrow I_{nivdep_max} = x$$

$$h_{nivdep_min} = 22\text{mm} \rightarrow I_{nivdep_min} = y$$

$$h_{min_sen} = 14\text{mm} \rightarrow I_{min_sen} = 4\text{mA}$$

$$\frac{20 - 4}{264 - 14} = \frac{20 - x}{264 - 220} = \frac{20 - y}{264 - 22} \Rightarrow \begin{cases} x = 17,184\text{mA} \\ y = 4,512\text{mA} \end{cases}$$

En el caso de la caldera, debemos considerar el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1, *"el nivel mínimo de agua en el interior de una caldera debe mantenerse por lo menos 70 milímetros más alto que el punto más elevado de la superficie de calefacción. El nivel medio del agua estará situado, como mínimo, a 50 milímetros por encima del nivel límite definido anteriormente. Ambos niveles se marcarán de modo bien visible sobre el indicador de nivel."* Establezcamos por tanto que el punto más elevado del elemento calefactor, se encuentra a 50mm del fondo de la caldera.

La parte más alta del elemento calefactor se encuentra a 50mm del fondo de la caldera, por lo que el nivel mínimo de agua será entonces 50mm + 70mm, 120mm por tanto.

El nivel medio se encontrará 50mm por encima del anterior, es decir 170mm.

Tomaremos pues los anteriores valores como los niveles mínimo y máximo de agua en la caldera.

Realizando los cálculos anteriores pero con estos valores, obtenemos:

$$h_{nivcal_max} = 170\text{mm} \Rightarrow I_{nivcal_max} = 13,984\text{mA}$$

$$h_{nivcal_min} = 120\text{mm} \Rightarrow I_{nivcal_min} = 10,784\text{mA}$$

5.2.2. Sensor de Presión

Como sensor de presión utilizaremos el PBMN B22 A2 con aletas de disipación de BAUMER.

Sus principales características son:



- Rango de presión 0-10 Bar.
- Temperatura máxima de funcionamiento de 200°C con el disipador.
- Tensión de alimentación 13-30 voltios CC.
- Salida proporcional 0-10 voltios CC.
- Acero inoxidable.
- Conexión G 1/2".



Figura 5.2-2 Sensor de Presión

La presión del presostato es de 3,5 bares, por lo que consideraremos esta la presión mínima.

La presión máxima es de 5 bares, por encima de esta, se abrirá automáticamente la válvula de seguridad.

Por tanto los niveles para dichas presiones son:

Las tensiones por tanto para estas presiones son:

$$V_{pres_max} = 5v$$
$$V_{pres_min} = 3,5v$$

5.2.3. Sensor de temperatura

Utilizaremos un sensor por resistencia de platino PT1000.

Sus principales características son:



- Rango de temperaturas de -50°C a 500°C .
- Respuesta lineal.
- 1000Ω a 0°C y $\alpha=0,00385\Omega/^{\circ}\text{C}$.
- Resistente a vibraciones.
- Tiempo de respuesta térmica $0,1\text{seg}$.
- Menor influencia a la resistencia del cableado.



Figura 5.2-3 Sonda PT1000

En la caldera, la función de este sensor, será la de replicar el mecanismo de desconexión del calefactor, como medida añadida de protección de la caldera. No obstante, estará tarado a 4,5 bares para disponer de margen en previsión de la posible inercia térmica de la caldera.

A 4,5 bares de presión, la temperatura de ebullición del agua es de aproximadamente $147,85^{\circ}\text{C}$, por lo que el valor de la resistencia de la sonda sería:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha\Delta T) \rightarrow \begin{cases} R = 1000 \cdot (1 + (0,00385 \cdot 147,85)) \\ R = 1569,22\Omega \end{cases}$$

Estableceremos la temperatura de 50°C para considerar que el elemento calefactor está funcionando, si se encuentra por encima de la misma.

Por tanto, el valor de la sonda será:

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha\Delta T) \rightarrow \begin{cases} R = 1000 \cdot (1 + (0,00385 \cdot 50)) \\ R = 1192,5\Omega \end{cases}$$



En la plancha, dependiendo del material a planchar, los rangos de temperatura varían.

- Rango1: Temperatura entre 70 y 120°C. Planchado de acetato, elastano, poliamida, polipropileno.
- Rango2: Temperatura entre 100 y 160°C. Planchado de cupro, poliéster, seda, triacetato, viscosa y lana.
- Rango3: Temperatura entre 140 y 210°C. Planchado de algodón y lino.

Las resistencias de la sonda a las diferentes temperaturas son:

$$R_{rg1_max_120} = 1462\Omega \quad R_{rg1_min_70} = 1269,5\Omega$$

$$R_{rg2_max_160} = 1616\Omega \quad R_{rg2_min_100} = 1385\Omega$$

$$R_{rg3_max_210} = 1808,5\Omega \quad R_{rg3_min_140} = 1539\Omega$$

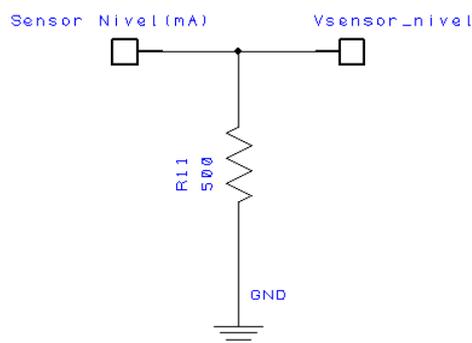
5.3. Acondicionamiento de sensores

En el sistema de control vamos a emplear electrónica digital para implementar la lógica de control, por lo que necesitamos adaptar las diferentes señales de los anteriores sensores.

Para ello vamos a transformar cada una de las variables en una función booleana.

5.3.1. Sensor de nivel deposito

La salida del sensor de nivel es en corriente, por lo que lo primero que haremos será convertirla a tensión:





De esta manera, las tensiones de los diferentes niveles serian:

$$\begin{array}{ll} \text{Nivel Deposito} & \text{Nivel Caldera} \\ V_{nivdep_max} = I_{nivdep_max} \cdot 500 = 8,59V & V_{nivcal_max} = I_{nivcal_max} \cdot 500 = 6,99V \\ V_{nivdep_min} = I_{nivdep_min} \cdot 500 = 2,26V & V_{nivcal_min} = I_{nivcal_min} \cdot 500 = 5,39V \end{array}$$

Hecho esto, construiremos ahora un circuito de comparación y adaptación de voltaje:

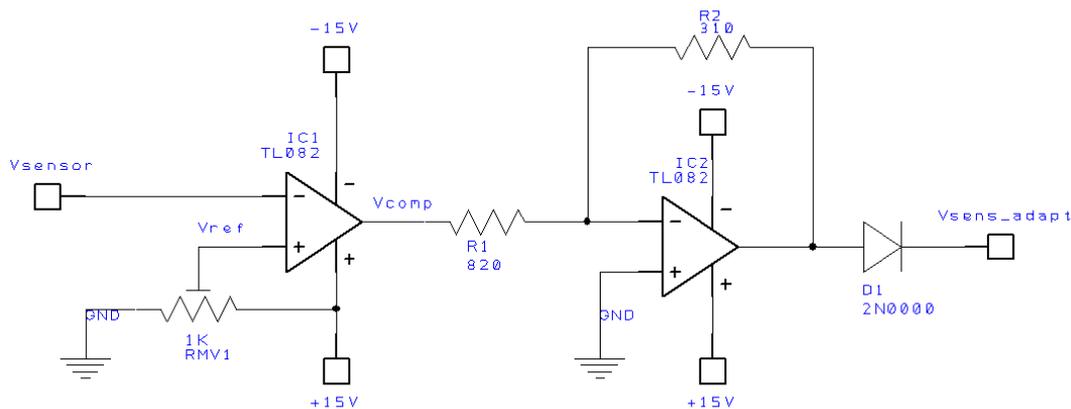


Figura 5.3-1 Circuito comparador/adaptador

Vref es la tensión de referencia con la que queremos comparar **Vsensor**.

Vcomp tendrá un valor de $\pm 15V$ según sea **Vsensor** respecto de **Vref**. **Vcomp** se aplica entonces a la entrada de un amplificador inversor que reducirá y cambiará de signo **Vcomp** hasta $\pm 5,7V$, para después y mediante un diodo, obtener **Vsens_adapt** con valores 0V/5V.

Estos valores se corresponden con los niveles TTL "0" y "1".

De esta manera hemos obtenido una función booleana que valdrá "1" cuando la magnitud del sensor sea mayor que la referencia y "0" cuando sea menor.

Usaremos cuatro circuitos de adaptación para obtener las siguientes funciones:

$$NIVDEP_MAX \begin{cases} V_{ref} = V_{nivdep_max} \\ 1 \text{ si Nivel} > 5 \text{ dm}^3 \\ 0 \text{ si Nivel} < 5 \text{ dm}^3 \end{cases} \quad NIVCAL_MAX \begin{cases} V_{ref} = V_{nivcal_max} \\ 1 \text{ si Nivel} > \text{máximo} \\ 0 \text{ si Nivel} < \text{máximo} \end{cases}$$

$$NIVDEP_MIN \begin{cases} V_{ref} = V_{nivdep_min} \\ 1 \text{ si Nivel} > 0,5 \text{ dm}^3 \\ 0 \text{ si Nivel} < 0,5 \text{ dm}^3 \end{cases} \quad NIVCAL_MIN \begin{cases} V_{ref} = V_{nivcal_min} \\ 1 \text{ si Nivel} > \text{mínimo} \\ 0 \text{ si Nivel} < \text{mínimo} \end{cases}$$

Cada par min/máx. se implementan por tanto como se aprecia en la figura.

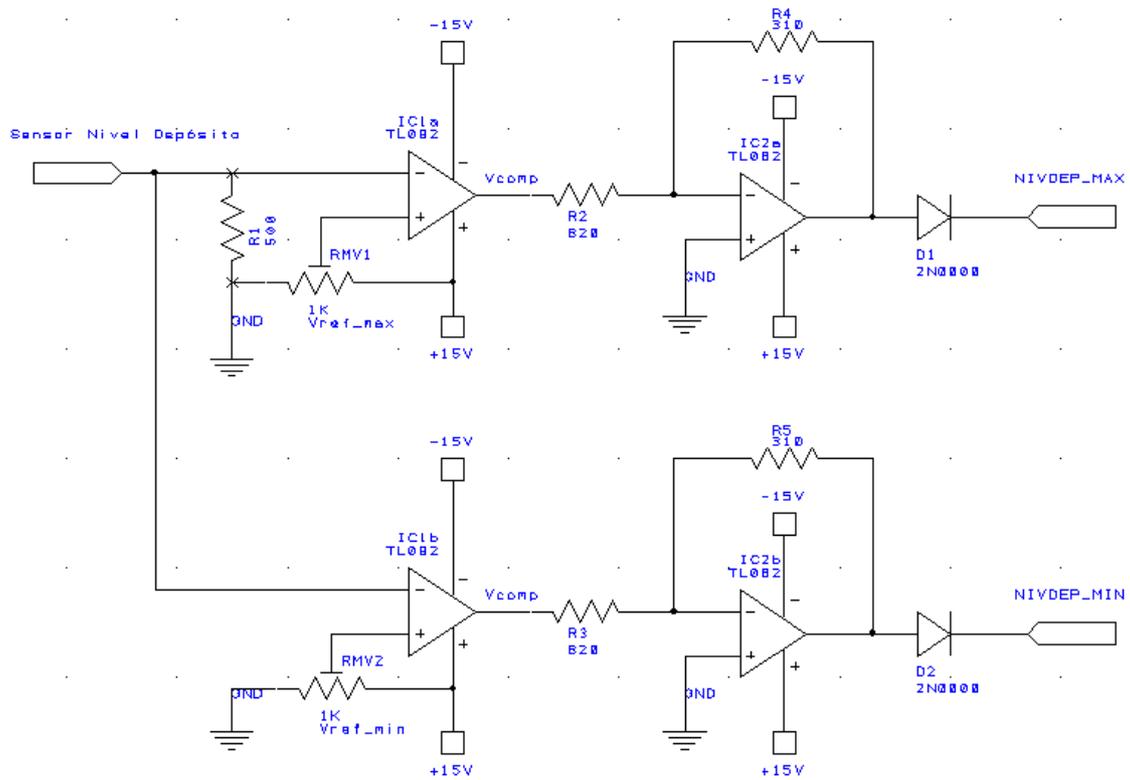


Figura 5.3-2 Funciones Nivel Máximo y Mínimo Depósito

5.3.2. Sensor de presión de la caldera

El sensor de presión nos da directamente la salida en tensión, por lo que usaremos directamente el circuito comparador/adaptador para implementar las dos funciones siguientes:

$$PRES_MAX \begin{cases} V_{ref} = V_{pres_max} \\ = 1 \text{ si Presión} > 5 \text{ bar.} \\ = 0 \text{ si Presión} < 5 \text{ bar.} \end{cases} \quad PRES_MIN \begin{cases} V_{ref} = V_{pres_min} \\ = 1 \text{ si Presión} > 3,5 \text{ bar.} \\ = 0 \text{ si Presión} < 3,5 \text{ bar.} \end{cases}$$

5.3.3. Sensor de temperatura

En este caso la magnitud obtenida es una resistencia, por lo que implementaremos un divisor de tensión para obtener una tensión en función de la resistencia de la sonda.

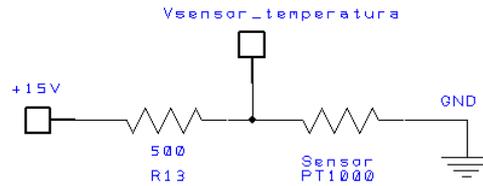


Figura 5.3-3 Divisor de Tensión

En el caso de la caldera las tensiones para las temperaturas máximas y mínimas son:

$$R_{temcal_max} = 1569,22\Omega \rightarrow V_{ref_max} = V_{temcal_max} = \frac{15}{1 + \frac{R7}{R_{temcal_max}}} = 11,38V$$

$$R_{temcal_min} = 1569,22\Omega \rightarrow V_{ref_min} = V_{temcal_min} = \frac{15}{1 + \frac{R7}{R_{temcal_min}}} = 10,56V$$

Implementaremos ahora las funciones:

$$TEMCAL_MAX \begin{cases} V_{ref} = V_{temcal_max} \\ 1 \text{ si } Temp > 147,85^{\circ}C. \\ 0 \text{ si } Temp < 147,85^{\circ}C. \end{cases} \quad TEMCAL_MIN \begin{cases} V_{ref} = V_{temcal_min} \\ = 1 \text{ si } Temp > 50^{\circ}C. \\ = 0 \text{ si } Temp < 50^{\circ}C. \end{cases}$$

En la plancha, usaremos una serie de resistencias tal, que obtengamos las tensiones de cada uno de los tres rangos de planchado.

Mediante un conmutador de dos polos y tres circuitos (DP3T) seleccionaremos las tensiones máxima y mínima de referencia del rango a configurar.

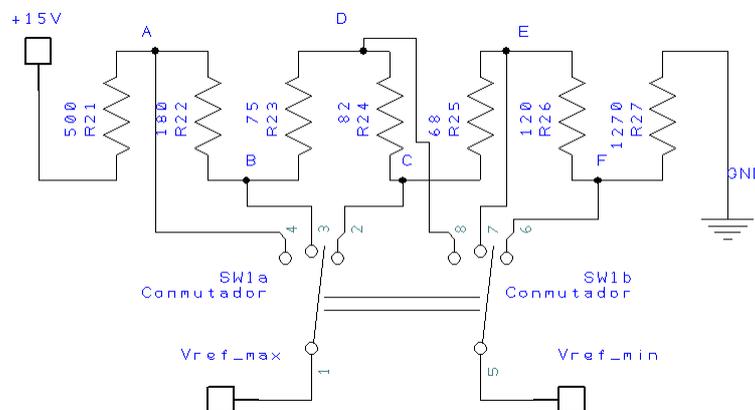


Figura 5.3-4 Conmutador Tensiones de Referencia



Los valores de las tensiones en el circuito son:

$$\text{Rango3: } V_A = 11,73V \rightarrow T_A = 206,5^\circ C \quad V_D = 10,7V \rightarrow T_D = 140,3^\circ C$$

$$\text{Rango2: } V_B = 10,56V \rightarrow T_B = 159,7^\circ C \quad V_E = 9,08V \rightarrow T_E = 101,3^\circ C$$

$$\text{Rango1: } V_C = 9,53V \rightarrow T_C = 119^\circ C \quad V_F = 8,30V \rightarrow T_F = 70,1^\circ C$$

De esta manera tendremos dos funciones booleanas en función del rango β :

$$\text{TEMPLA_MAX} \begin{cases} V_{ref} = V_{rg\beta_max} \\ 1 \text{ si } Temp > T_{max_{rg\beta}} \\ 0 \text{ si } Temp < T_{max_{rg\beta}} \end{cases} \quad \text{TEMPLA_MIN} \begin{cases} V_{ref} = V_{rg\beta_min} \\ = 1 \text{ si } Temp > T_{min_{rg\beta}} \\ = 0 \text{ si } Temp < T_{min_{rg\beta}} \end{cases}$$

5.4. Lógica de control

La lógica de control, está compuesta por cuatro bloques, puesto que tenemos cuatro actuadores:

- La bomba de agua para el control del nivel de líquidos.
- El calefactor de la caldera para la generación de vapor.
- El calefactor de la plancha para el control de su temperatura.
- La válvula de compuerta para el suministro de vapor a la plancha.

Los tres primeros procesos tienen un rango de trabajo comprendido entre un máximo y un mínimo, por lo que implementaremos un ciclo de funcionamiento, similar a un ciclo de histéresis.

Este ciclo consiste en que mientras no se haya alcanzado el máximo, se accionará el actuador. Una vez alcanzado dicho máximo, se desconectará el mismo, hasta que se alcance el mínimo, comenzando nuevamente el ciclo.

Implementaremos una función booleana que sea cierta cuando el ciclo sea ascendente y falsa si el ciclo es descendente.

El objeto de esta medida, es reducir el número de activaciones/desactivaciones al mínimo, racionalizando el funcionamiento.

La función ciclo la implementamos mediante un latch RS asíncrono:

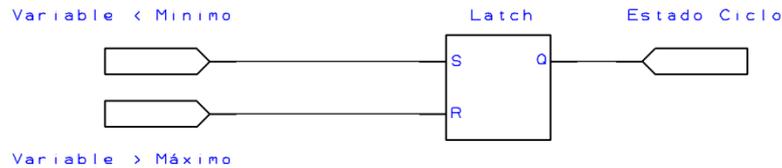


Figura 5.4-1 Latch RS Asíncrono

Su tabla de verdad es por tanto:

	S	R	Q
Var < Min	1	0	1
Min < Var < Max	0	0	Q
Var > Max	0	1	0

Figura 5.4-2 Tabla de Verdad

Controlaremos los actuadores por medio de relés de estado sólido, concretamente el LS240D12 de CRYDOM.

Sus características principales son:

- Conmutación por paso por cero (esencial en las cargas resistivas)
- 12 Amperios a 240VAC
- Señal de control 4-10V 15mA



Figura 5.4-3 Relé de estado sólido

5.4.1. Control de Nivel de Agua

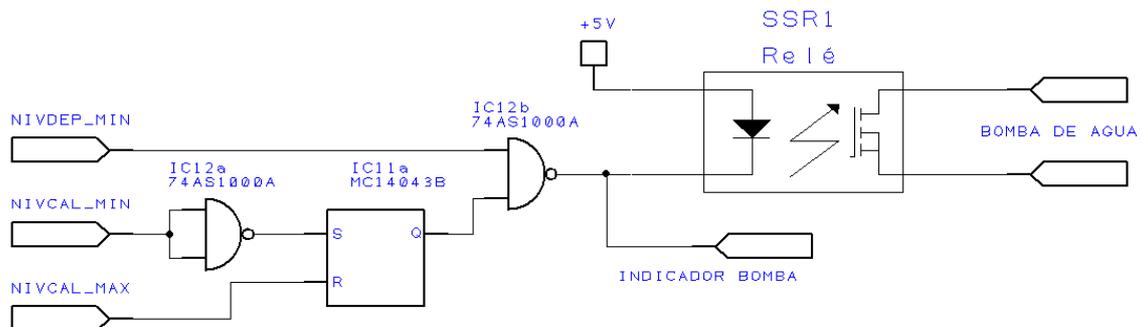


Figura 5.4-4 Circuito de Control de Nivel de Agua



Como podemos observar en su Tabla de Verdad, la bomba se activará cuando CONTROL esté a nivel bajo, y eso sucede cuando el nivel del depósito es mayor que el mínimo y el ciclo se encuentra en fase de "llenado" ($Q=1/Q'=1$).

NIVDEP_MIN	0	0	0	1	1	1	0	1
NIVCAL_MIN	0	1	1	0	1	1	0	0
NIVCAL_MAX	0	0	1	0	0	1	1	1
Q	1	Q'	0	1	Q'	0	#	#
CONTROL	1	1	1	0	Q'	1	#	#

Figura 5.4-5 Tabla de Verdad del Control de Nivel

La combinación del recuadro no tiene sentido, ni por tanto las combinaciones que la contengan.

Se ha elegido el SN74AS1000A de cuatro puertas NAND de Texas Instruments por su alta corriente de salida de $\pm 48\text{mA}$.

5.4.2. Control Generación Vapor

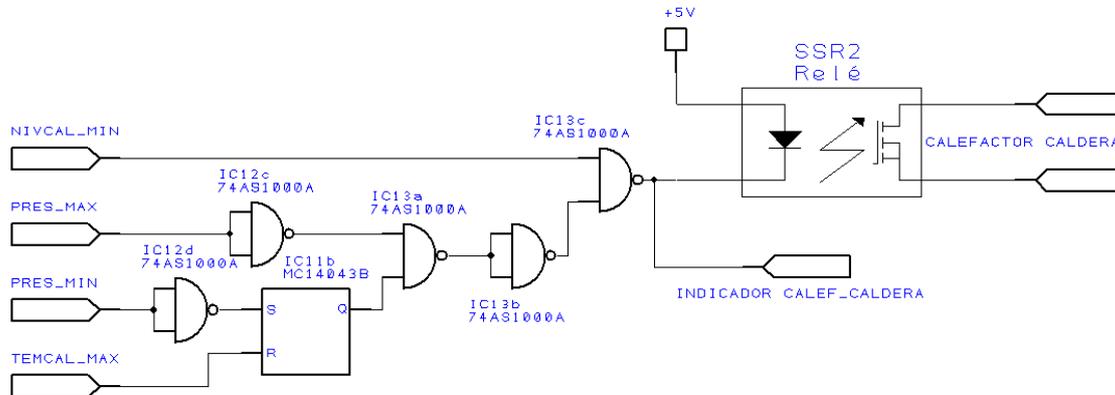


Figura 5.4-6 Circuito de Control Generación Vapor

En este caso las condiciones para generar vapor son:

- Nivel de la caldera > mínimo
- Presión de la caldera < máximo
- Ciclo de calentamiento: $\begin{cases} \text{Activa: Presión} < \text{minimo} \\ \text{Resetea: Temperatura} > \text{maximo} \end{cases}$

5.4.3. Control Temperatura Plancha

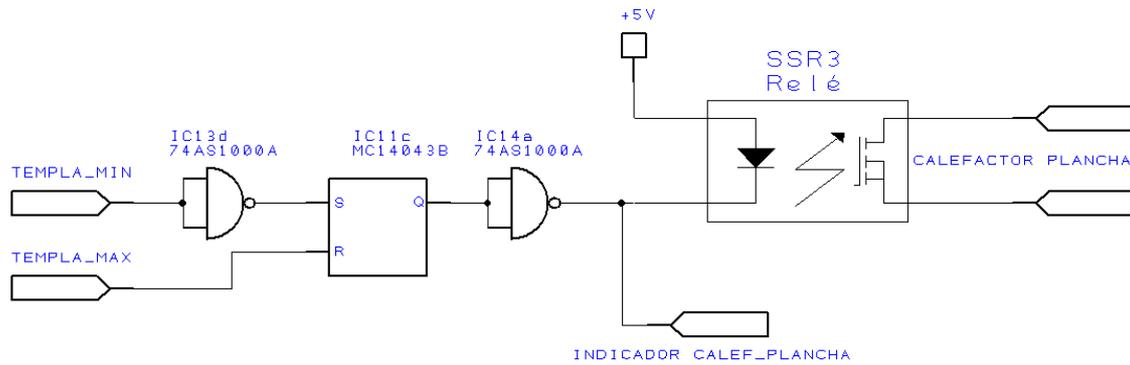


Figura 5.4-6 Control Temperatura Plancha

Este control es más sencillo que los anteriores, solo se compone del circuito del ciclo.

5.4.4. Control Válvula Vapor

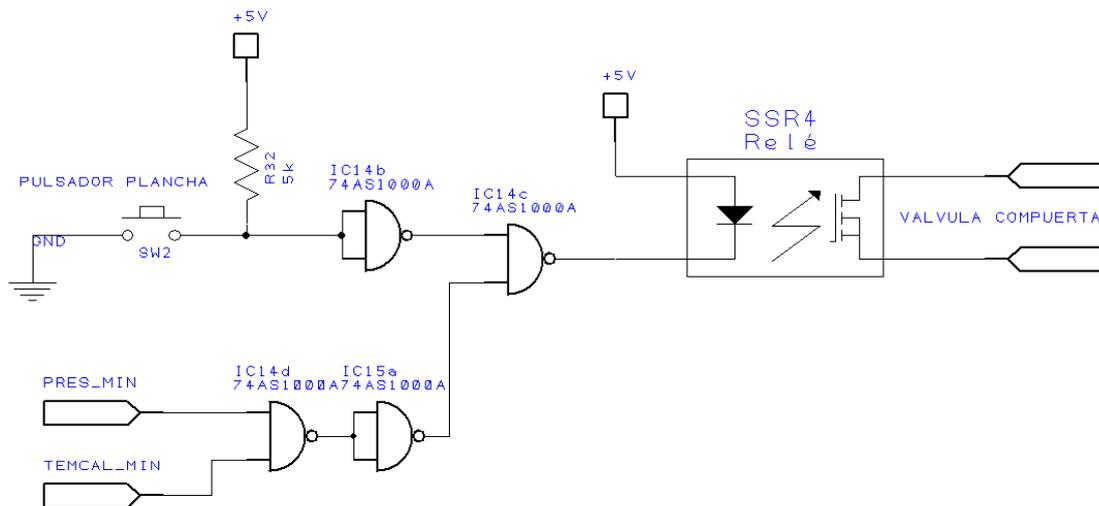


Figura 5.4-7 Control Válvula Vapor

La válvula solo se activará si se presiona el pulsador y se han alcanzado los valores mínimos de presión en la caldera y de temperatura en la plancha.

5.5. Indicadores

Con el propósito de proporcionar información del estado de funcionamiento del sistema de planchado, dotaremos al sistema de control de diversos indicadores LED, así como de una pantalla LCD retroiluminada de 4x16 caracteres.



Indicador	Color	Condición
Generando Vapor	Naranja	Calefactor Caldera ON
Calentando Plancha	Naranja	Calefactor Plancha ON
Bombeando Agua	Naranja	Bomba ON
Falta Agua Depósito	Azul	Nivel < Min
Falta Agua Caldera	Rojo	Nivel < Min
Presión Máxima	Rojo	Presión>Max
Presión de Planchado	Verde	Min<Presión<Max
Temperatura de Planchado	Verde	Min<Temp Plancha<Max

Figura 5.5-1 Tabla Indicadores LED

El LCD es un módulo estándar de 4x16, el cual muestra en pantalla el contenido almacenado en 64 bytes de memoria (4x16).

El microcontrolador por tanto lo emplearemos exclusivamente para escribir en dicha memoria el texto que deseemos mostrar en pantalla en función de el valor de diversas funciones del sistema.

La pantalla LCD mostrará los siguientes mensajes:

Fila	Mensaje	Condición
1 - Nivel Depósito	Nivel Depo Min	NIVDEP_MIN=0
	Nivel Depo Ok	NIVDEP_MIN=1 & NIVDEP_MAX=0
	Nivel Depo Max	NIVDEP_MAX=1
2 - Presión Caldera	Presión Min	PRES_MIN=0
	Presión Ok	PRES_MIN=1 & PRES_MAX=0
	Presión Max	PRES_MAX=1
3 - Temperatura Plancha	Tem Plancha Min	TEMPLA_MIN=0
	Tem Plancha Ok	TEMPLA_MIN=1 & TEMPLA_MAX=0
	Tem Plancha Max	TEMPLA_MAX=1
4 - Aviso Caldera	--	NIVCAL_MIN=1 & TEMPLA_MIN=1
	NCAL_↓ -- TCAL_↓	NIVCAL_MIN=0 & TEMPLA_MIN=0
	NCAL_↓ --	NIVCAL_MIN=0 & TEMPLA_MIN=1
	-- TCAL_↓	NIVCAL_MIN=1 & TEMPLA_MIN=0

Figura 5.5-2 Tabla Mensajes LCD



En este caso usaremos el microcontrolador 18F4553 de MICROCHIP y usaremos dos de sus buses como bus de datos y bus de control del LCD y un tercero como entrada para las funciones a considerar.

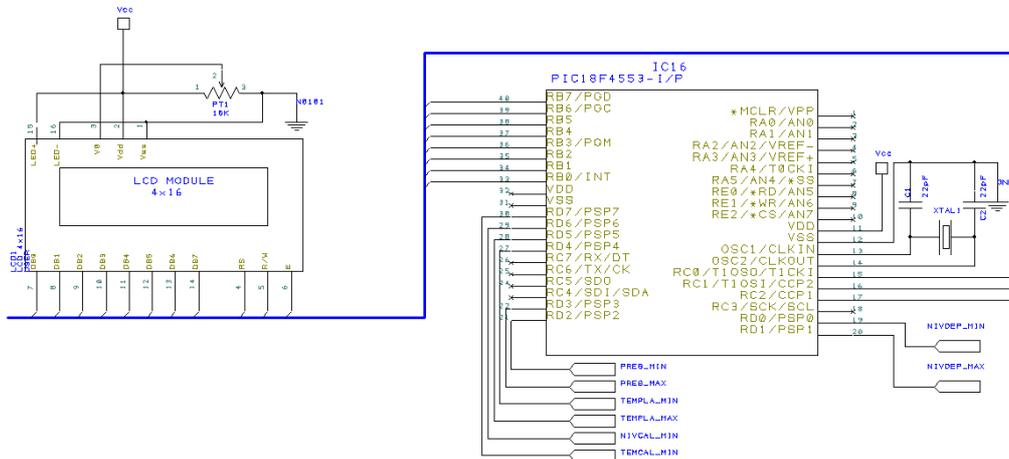


Figura 5.5-3 Circuito LCD

5.6. Fuente de alimentación

El sistema de control necesita de una fuente simétrica de $\pm 15\text{Vdc}$ para la alimentación de los operacionales, y de una fuente de 5Vdc .

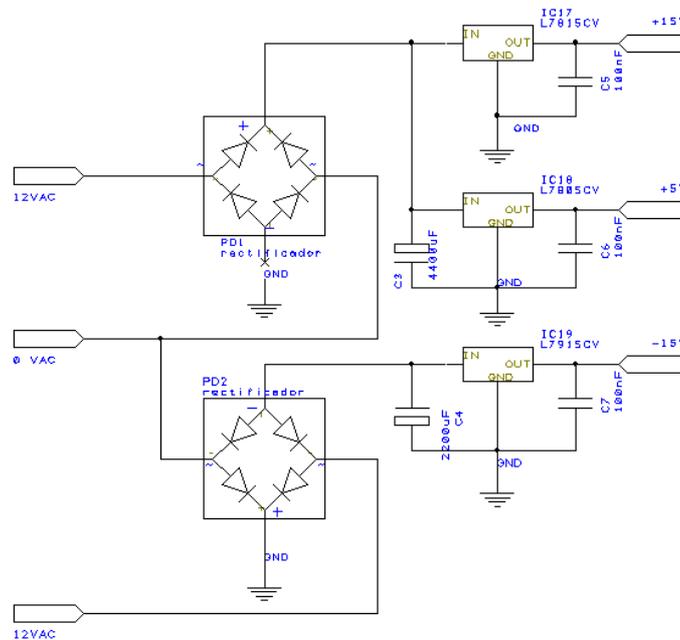


Figura 5.6-1 Circuito Alimentación



Montaremos por tanto una fuente de 50 vatios, potencia sobradamente superior a la requerida por el circuito.

Emplearemos para ello, reguladores lineales de tensión, concretamente los habituales L7815/L7915 para la simétrica y L7805 para la simple.



II. PLIEGO DE CONDICIONES



6. DEPÓSITO

El depósito se fabricará en acero inoxidable con forma cilíndrica. de diámetro y altura interiores, 170mm y 264mm respectivamente.

En la parte superior dispondrá de dos orificios, uno roscado G 1/2" donde se acoplará el sensor de nivel del depósito y otro para equilibrar la presión interior a la atmosférica.

Así mismo la entrada/salida de agua se situaran lateralmente, en la parte más alta la entrada y en la más baja la salida.

Se pintará exteriormente con una imprimación antioxidante y una pintura antitérmica.

Se recubrirá a su vez por una manta de lana de vidrio sin aglomerar con soporte de malla de acero galvanizado como aislante térmico.

El conjunto finalmente, estará también recubierto por una envolvente de chapa galvanizada de 1mm de espesor.

Los elementos aislantes deben garantizar que a una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura exterior del conjunto, sea inferior a 35°C.

7. BOMBA

La bomba impulsora será cualquier electrobomba de 220V AC con un caudal y presión mínimos de 6dm³/min y 6 bares y autocebado.

La conexión de las tuberías se hará mediante abrazaderas.

8. CALDERA

La caldera se fabricará en acero inoxidable con forma cilíndrica. de diámetro y altura interiores, 170mm y 264mm respectivamente.

En la parte superior dispondrá de tres orificios roscados G 1/2" donde se acoplarán el sensor de nivel del depósito, el sensor de presión y la válvula de seguridad.

Así mismo la entrada de agua se situara lateralmente, en la parte inferior de la caldera. La salida de vapor se situará lateralmente en la parte superior.



Lateralmente y a 40mm de la parte inferior, se dispondrá de un orificio roscado G 1/2" donde se acoplará el elemento calefactor.

Se pintará exteriormente con una imprimación antioxidante y una pintura antitérmica.

Se recubrirá a su vez por una manta de lana de vidrio sin aglomerar con soporte de malla de acero galvanizado como aislante térmico.

El conjunto finalmente, estará también recubierto por una envolvente de chapa galvanizada de 1mm de espesor.

Los elementos aislantes deben garantizar que a una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura exterior del conjunto, sea inferior a 35°C.

9. ELEMENTO DE PLANCHADO

El elemento de planchado dispondrá de una distribución de orificios en triangulo en dirección a la parte delantera del mismo, en cantidad y tamaño suficientes para permitir la salida de vapor con el caudal apropiado.

Encastrado en él se alojará el elemento calefactor así como el sensor de temperatura, se usará cualquier compuesto conductivo térmico en pasta para asegurar una transferencia térmica adecuada.

En su mango o empuñadura, se alojará un pulsador que permita su accionamiento de manera sencilla y ergonómica por parte del operario.

10. TUBERÍAS

Las tuberías deberán ser de un material tal que resista las temperaturas y presiones correspondientes en cada uno de las dos zonas diferenciadas:

- Zona de bombeo de agua desde el depósito hasta la caldera.
Está compuesta por dos tramos, el primero del depósito a la bomba y el segundo de la bomba a la caldera.
En esta zona, fluirá agua a una temperatura de 80°C y una presión máxima de 5,5 bares



- Zona de vapor de agua, en esta zona circulará vapor de agua recalentado.

Se compone también de dos tramos, el primero de ellos de la caldera hasta la válvula de compuerta y la segunda desde la válvula hacia el elemento de planchado.

La presión máxima será de 5 bares y una temperatura máxima de 150°C

11. AGUA

El agua del depósito será tratada previamente para reducir los depósitos y corrosión del sistema. Los tratamientos más frecuentes serán la destilación y desgasificación de la misma.

Lograremos de esta manera prolongar la vida útil del sistema y minimizar las tareas de mantenimiento del mismo.

12. TARJETA DE CONTROL

La placa PCB será de doble cara con serigrafiado y máscara de soldadura en ambas. El estañado de los pads cumplirá la normativa RoHS.

Estará mecanizada con cuatro taladros dispuestos cerca de los vértices para su fijación mediante tornillos.

Se usarán los componentes mencionados en la lista de materiales o equivalentes, con el fin de garantizar el funcionamiento conforme a las especificaciones del diseño.

Las resistencias serán de 1/4W y 1% de tolerancia.

La soldadura de los componentes en placa se hará usando estaño sin plomo (RoHS).

La placa se alojara en un rack metálico puesto a tierra, mecanizando el frontal para alojar el LCD, los indicadores, el conmutador de selección de rango de planchado, el porta fusibles y el interruptor de encendido.

Una vez ensamblado, se verificará el funcionamiento correcto y dentro de parámetros del sistema de control.

13. SEGURIDAD



El centro de planchado presenta potenciales riesgos para el operario y el sistema en sí mismo.

Encontramos altas temperaturas y presiones, así como posibles derivaciones eléctricas.

Con el fin de garantizar la seguridad del operario y la integridad del sistema de planchado, se han contemplarán las siguientes medidas:

- Con objeto de minimizar quemaduras, tanto el depósito como la caldera se encuentran aislados. El operario no tendrá acceso a las tuberías, salvo la encargada de suministrar el vapor al elemento de planchado, la cual irá recubierta por un elemento aislante tal que la temperatura en el exterior sea de 35°C con una temperatura ambiente de 25°C.
- La caldera dispone de una válvula de seguridad de apertura total tarada a una presión de 5 bares en caso que la tarjeta de control no controle adecuadamente la generación de vapor y aumente la presión en la caldera.
- A nivel eléctrico, la instalación estará dotada de medidas de protección, tales como interruptor diferencial e interruptores magnetotérmicos. El operario solo tendrá acceso al interruptor general del sistema de planchado, un interruptor de emergencia, y al panel de control de la tarjeta de control. No teniendo acceso a conductores, conexiones, etc. El elemento de planchado, el panel de control irán conectados a tierra.

14. PUESTA EN MARCHA

La primera vez que se ponga en marcha el sistema, se procederá a llenar el depósito hasta su nivel máximo.

Una vez lleno, se activará el sistema de control, que procederá a activar la bomba hasta llenar la caldera hasta su nivel máximo predeterminado, unos 3,2 dm³.

Una vez se detenga la bomba, desconectaremos nuevamente el sistema y purgaremos el exceso de presión en la caldera, accionando manualmente la válvula de seguridad y procederemos a rellenar el depósito.



De esta manera habremos puesto a nivel y purgado el circuito y el sistema estará listo para su uso.

Esta operación se realizará siempre que la caldera se encuentre vacía.

15. MANTENIMIENTO

Para mantener las características funcionales de las instalaciones, su seguridad, y conseguir la máxima eficiencia de sus equipos, es preciso realizar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo como puedan ser limpiezas del circuito, descalcificaciones, etc.

Con ese propósito, se elaborará un plan de mantenimiento del equipamiento. Dicho plan indicará la periodicidad y los apartados a revisar, así como las posibles acciones correctoras a llevar a cabo en caso de detectar algún tipo de anomalía.

Antes de efectuar una inspección o prueba, deberá comprobarse que el sistema está desconectado, que las paredes del depósito y la caldera estén frías y que todas las partes accesibles se encuentren secas. Es de importancia destacar que cuando se desee realizar una limpieza de la caldera, ésta tendrá que someterse previamente a una revisión.

16. REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO

El plan de mantenimiento, incluirá un registro de las operaciones llevadas a cabo. El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o mediante mecanizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación, debiendo figurar la siguiente información como mínimo:

- El titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- El responsable del mantenimiento.
- El número de orden de la operación en la instalación.
- La fecha de ejecución.
- Las operaciones realizadas y el personal que las realizó.



- La lista de materiales sustituidos o repuestos cuando se hayan efectuado operaciones de este tipo.
- Las observaciones que crean oportunas.

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



III. PRESUPUESTO



Artículo	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
3296P-1-102LF	Trimmer Cermet ajust lat 3296P 1K 10mm	1,92 €	8	15,36 €
LS240D12	SSR,serie LS,SCR,cruce cero,12A/280V	18,01 €	4	72,04 €
L7805CV	Regulador de tensión lineal, L7805CV, 1.5A 5V TO-220 3 pines	0,48 €	1	0,48 €
L7815CV	Regulador de tensión, L7815CV, 1.5A 15V TO-220 3 pines	0,54 €	1	0,54 €
L7915CV	Regulador de tensión, L7915CV, 1.5A -15V TO-220 3 pines Negativo	0,57 €	1	0,57 €
-N/A	Prototipo PCB dos capas fibra vidrio	150,00 €	1	150,00 €
W01G	Rectificador en puente, W01G, Fase Única, 1.5A 100V, WOG, 4 pines	0,42 €	2	0,84 €
RK1631110TWA	Pot. control carbón,10K lin 16mm 0,1W	1,56 €	1	1,56 €
MSP121CSW	Botón pulsador , NO, Montaje en Panel, acción momentánea, 0,65A	2,21 €	1	2,21 €
PIC18F4553-I/P	MICROCHIP - PIC18F4553-I/P - MCU, 8BIT, PIC18, 48MHZ, DIP-40	6,50 €	1	6,50 €
TL082IP	TEXAS INSTRUMENTS - TL082IP - IC, OP AMP, DUAL	0,37 €	10	3,68 €
SN74AS1000AN	TEXAS INSTRUMENTS - SN74AS1000AN - LÓGICA, GATE NAND QUAD 2INPUT, 14DIP	2,26 €	4	9,03 €
MC14043BCPG	ON SEMICONDUCTOR - MC14043BCPG - IC, 4000 CMOS, 4043, DIP16, 15V	0,53 €	1	0,53 €
MC41605B6W-SPTLY	MIDAS - MC41605B6W-SPTLY - LCD, 4X16, STN, AMARILLO/VERDE B/L, 5MM	15,00 €	1	15,00 €
MCF05G-160MA	MULTICOMP - MCF05G-160MA - FUSIBLE, CRISTAL, ACCIÓN RÁPIDA, 160MA	0,03 €	1	0,03 €
CFH05	MULTICOMP - CFH05 - SUJETA FUSIBLES, TAPA ROSCADO, 20X5MM	1,56 €	1	1,56 €
1N4007RLG	ON SEMICONDUCTOR - 1N4007RLG - DIODE, STANDARD, 1A, 1KV, AXIAL	0,05 €	10	0,48 €
C5P0403N-A	ELECTROSWITCH - C5P0403N-A - SWITCH, ROTARY, 4PDT, 1A, 125V	16,37 €	1	16,37 €
ECA1HAM222X	PANASONIC - ECA1HAM222X - CONDENSADOR, 2200 UF, 50V	3,60 €	3	10,80 €
MC0805Y104Z500A5.08MM	MULTICOMP - MC0805Y104Z500A5.08MM - CAP, 0,1UF, 50V, Y5V, +80, -20%, RAD	0,03 €	3	0,10 €
MC0805N220J500A2.54MM	MULTICOMP - MC0805N220J500A2.54MM - CAPACITOR CERAMIC 22PF 50V, COG/NPO, 5%, RAD	0,03 €	2	0,05 €



Artículo	Descripción	Precio Unitario	Cantidad	Total
XT49S-204M	VISHAY DALE - XT49S-204M - CRISTAL, 4MHZ	0,24 €	1	0,24 €
MCL053HAD/12	MULTICOMP - MCL053HAD/12 - LED, 5 MM, 2V, 36°, NARANJA	0,12 €	3	0,35 €
L-1503EC	KINGBRIGHT - L-1503EC - LED, 5 MM, ROJO, 50MCD, 617NM	0,09 €	2	0,19 €
L-53SGC	KINGBRIGHT - L-53SGC - LED, 5 MM, VERDE, 200MCD, 568NM	0,09 €	2	0,18 €
151051BS04000	WURTH ELEKTRONIK - 151051BS04000 - LED, 5 MM, AZUL, 500MCD, 470NM	0,27 €	1	0,27 €
MCMF0W4FF8200A50	MULTICOMP - MCMF0W4FF8200A50 - RESISTOR, METAL FILM, 820 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	11	0,13 €
RN60D5000FB14	VISHAY DALE - RN60D5000FB14 - RESISTOR, METAL FILM, 500 OHM, 250mW, 1%, AXIAL LEADED	0,18 €	4	0,71 €
YR1B309RCC	TE CONNECTIVITY / NEOHM - YR1B309RCC - RESISTENCIA PEL METAL, 309R, 250MW, 0,1%	0,16 €	10	1,64 €
MCMF0W4FF1500A50	MULTICOMP - MCMF0W4FF1500A50 - RESISTOR, METAL FILM, 150 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	4	0,05 €
MCMF0W4FF2700A50	MULTICOMP - MCMF0W4FF2700A50 - RESISTOR, METAL FILM, 270 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	3	0,04 €
MCMF0W4FF1001A50	MULTICOMP - MCMF0W4FF1001A50 - RESISTOR, METAL FILM, 1KOHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
MCMF0W4FF1800A50	MULTICOMP - MCMF0W4FF1800A50 - RESISTOR, METAL FILM, 180 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
MCMF0W4FF1200A50	MULTICOMP - MCMF0W4FF1200A50 - RESISTOR, METAL FILM, 120 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
MCMF0W4FF820JA50	MULTICOMP - MCMF0W4FF820JA50 - RESISTOR, METAL FILM, 82 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
MCMF0W4FF750JA50	MULTICOMP - MCMF0W4FF750JA50 - RESISTOR, METAL FILM, 75 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
MCMF0W4FF680JA50	MULTICOMP - MCMF0W4FF680JA50 - RESISTOR, METAL FILM, 68 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
MCMF0W4FF560JA50	MULTICOMP - MCMF0W4FF560JA50 - RESISTOR, METAL FILM, 56 OHM, 250mW, 1%	0,01 €	1	0,01 €
RN60D5001FB14	VISHAY DALE - RN60D5001FB14 - RESISTOR METAL FILM, 5KOHM, 250mW, ±1%	0,20 €	1	0,20 €
CTFCS50-12	PRO POWER - CTFCS50-12 - TRANSFORMADOR, 50VA, 2 X 12V	16,46 €	1	16,46 €
S1AWF	NKK SWITCHES - S1AWF - SWITCH, TOGGLE, SPST, 20A, 250VAC	3,01 €	1	3,01 €
282836-3	TE CONNECTIVITY / BUCHANAN - 282836-3 - TERMINAL BLOCK, PCB, 5MM, 3WAY	0,54 €	3	1,61 €
282836-2	TE CONNECTIVITY / BUCHANAN - 282836-2 - BLOQUE TERMINAL PCB, 5MM 2VIAS, 30-16AWG	0,43 €	6	2,56 €
Total:			335,43 €	



IV. PLANOS



F

E

D

C

B

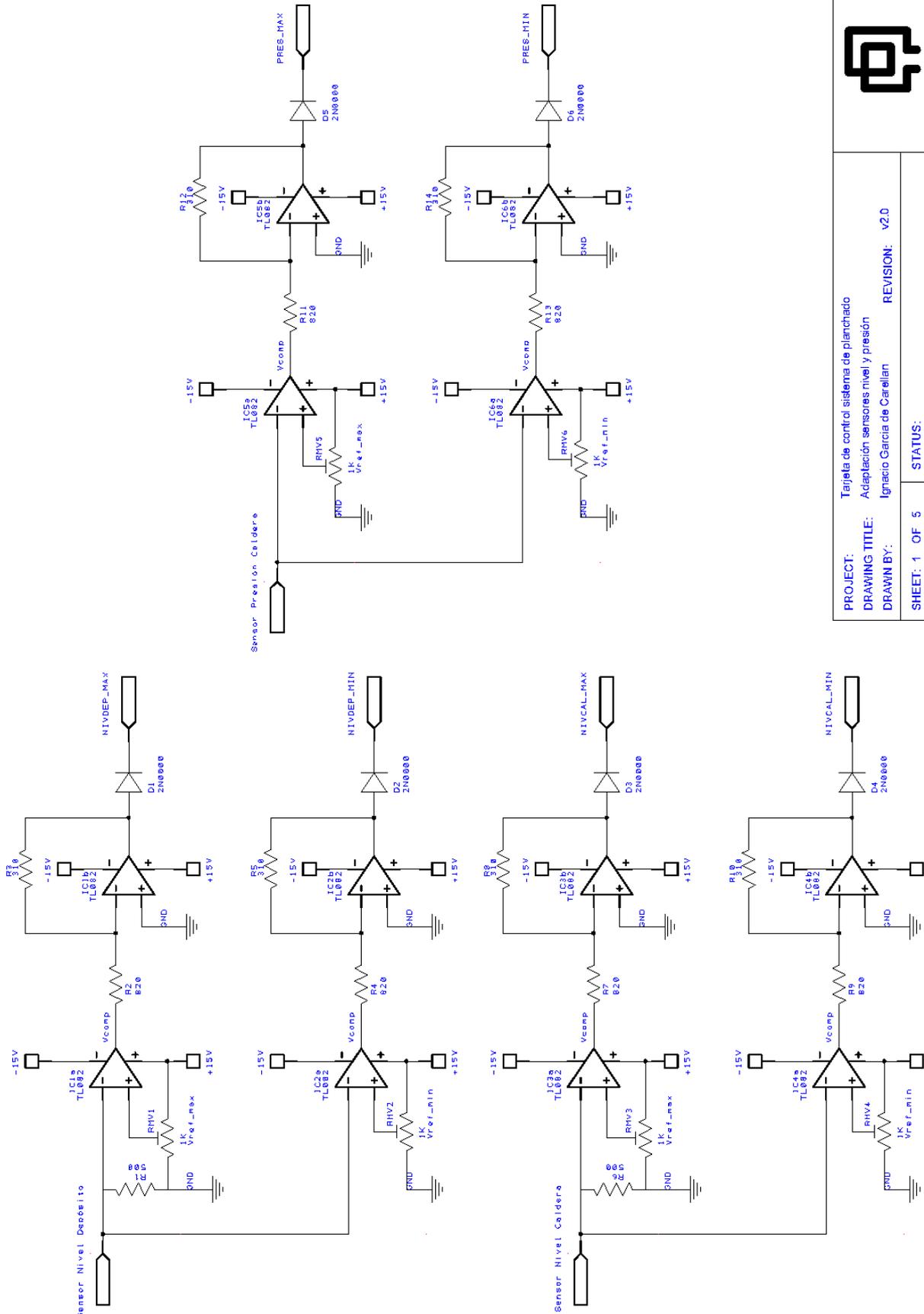
A

1

2

3

4



PROJECT: Tarjeta de control sistema de planchado
DRAWING TITLE: Adaptación sensores nivel y presión
DRAWN BY: Ignacio Garcia de Carellan
REVISION: v2.0

SHEET: 1 OF 5 STATUS:

DATE: 27/06/2014

DESIGNSPARK PCB available for FREE at www.DesignSpark.com/PCB



F

E

D

C

B

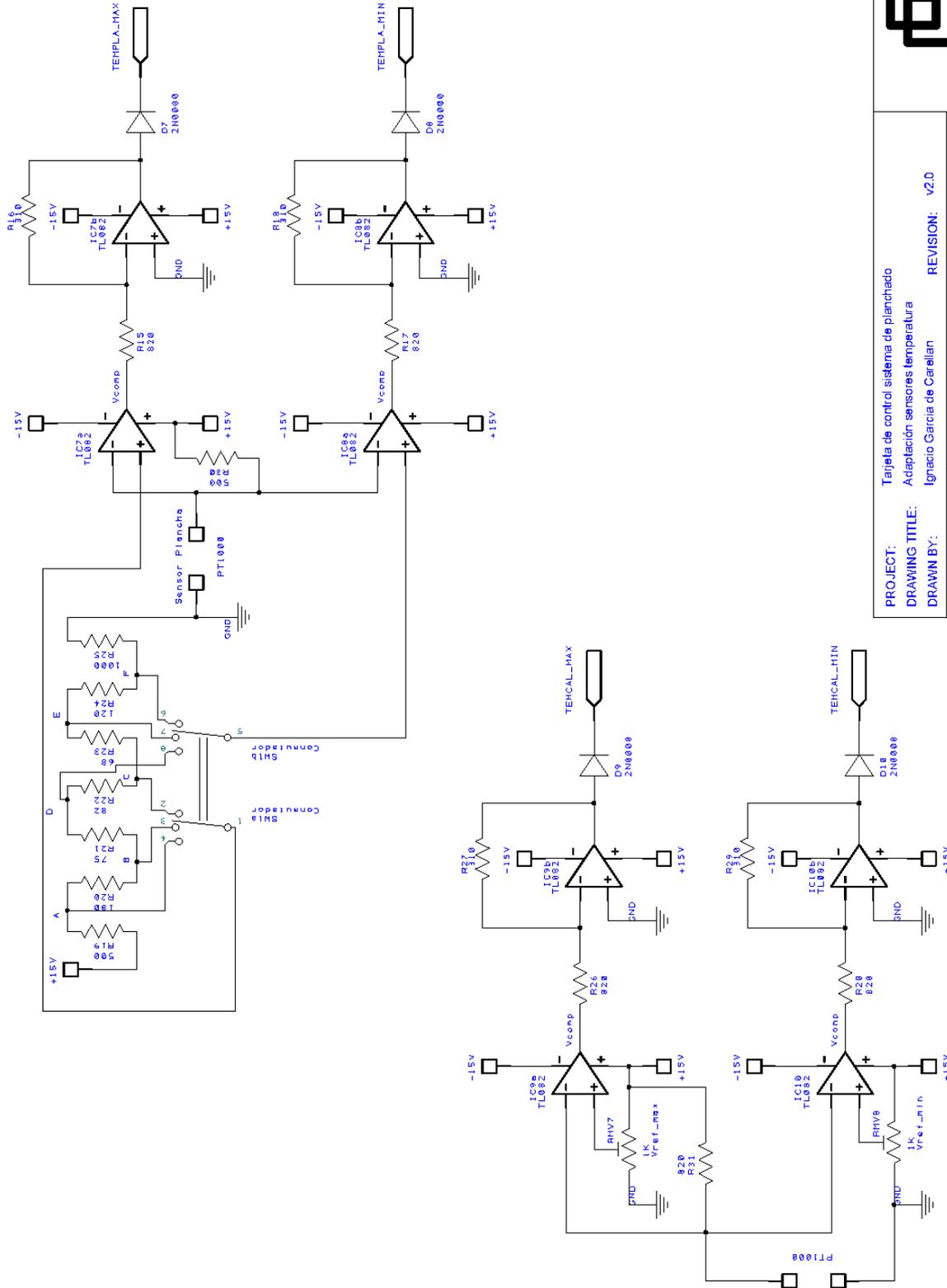
A

1

2

3

4



PROJECT:	Tarjeta de control sistema de planchado
DRAWING TITLE:	Adaptación sensores temperatura
DRAWN BY:	Ignacio Garcia de Carellan
SHEET: 2 OF 5	STATUS:
DATE: 27/06/2014	REVISION: v2.0
DESIGNSPARK PCB available for FREE at www.DesignSpark.com/PCB	



F

E

D

C

B

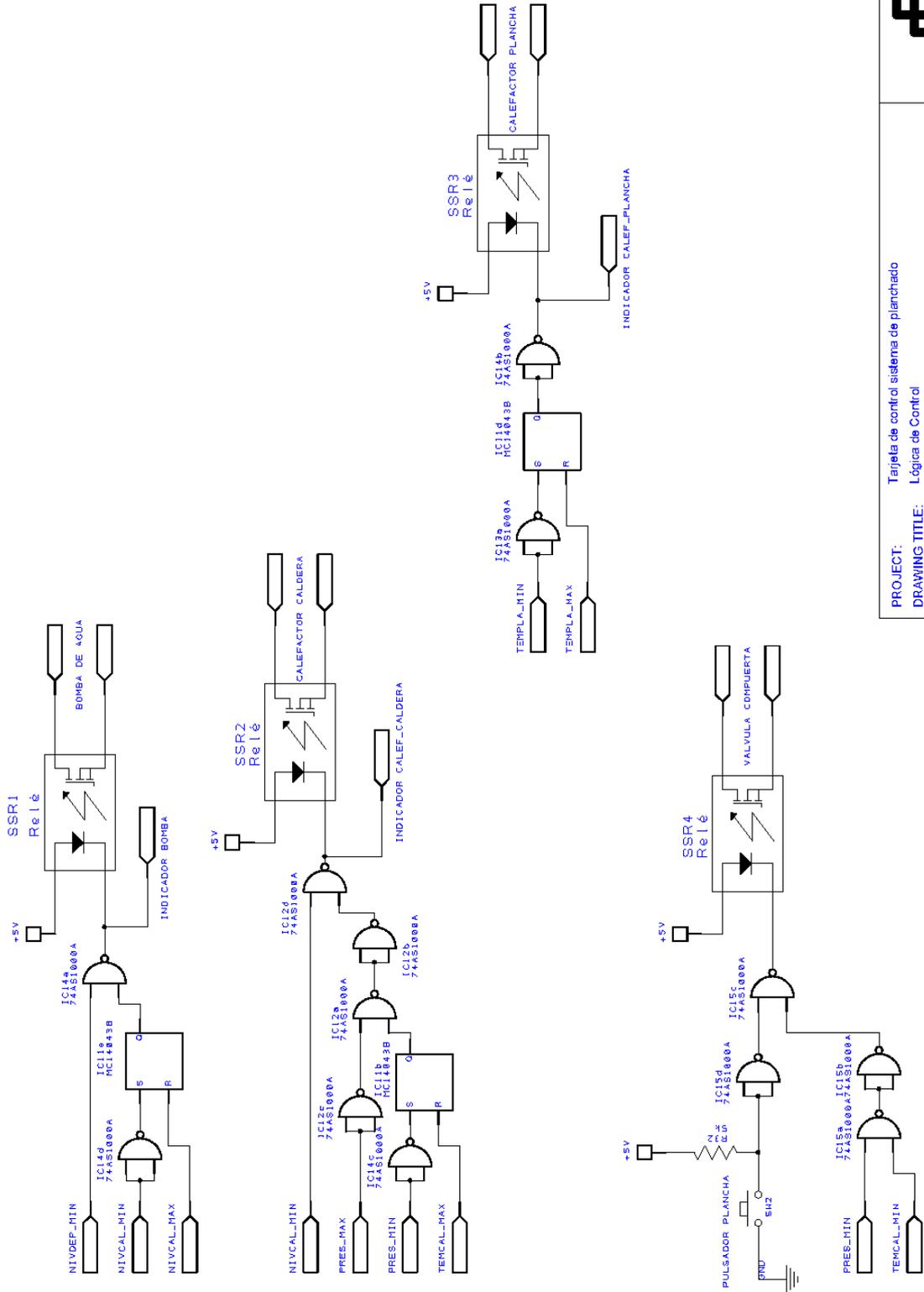
A

1

2

3

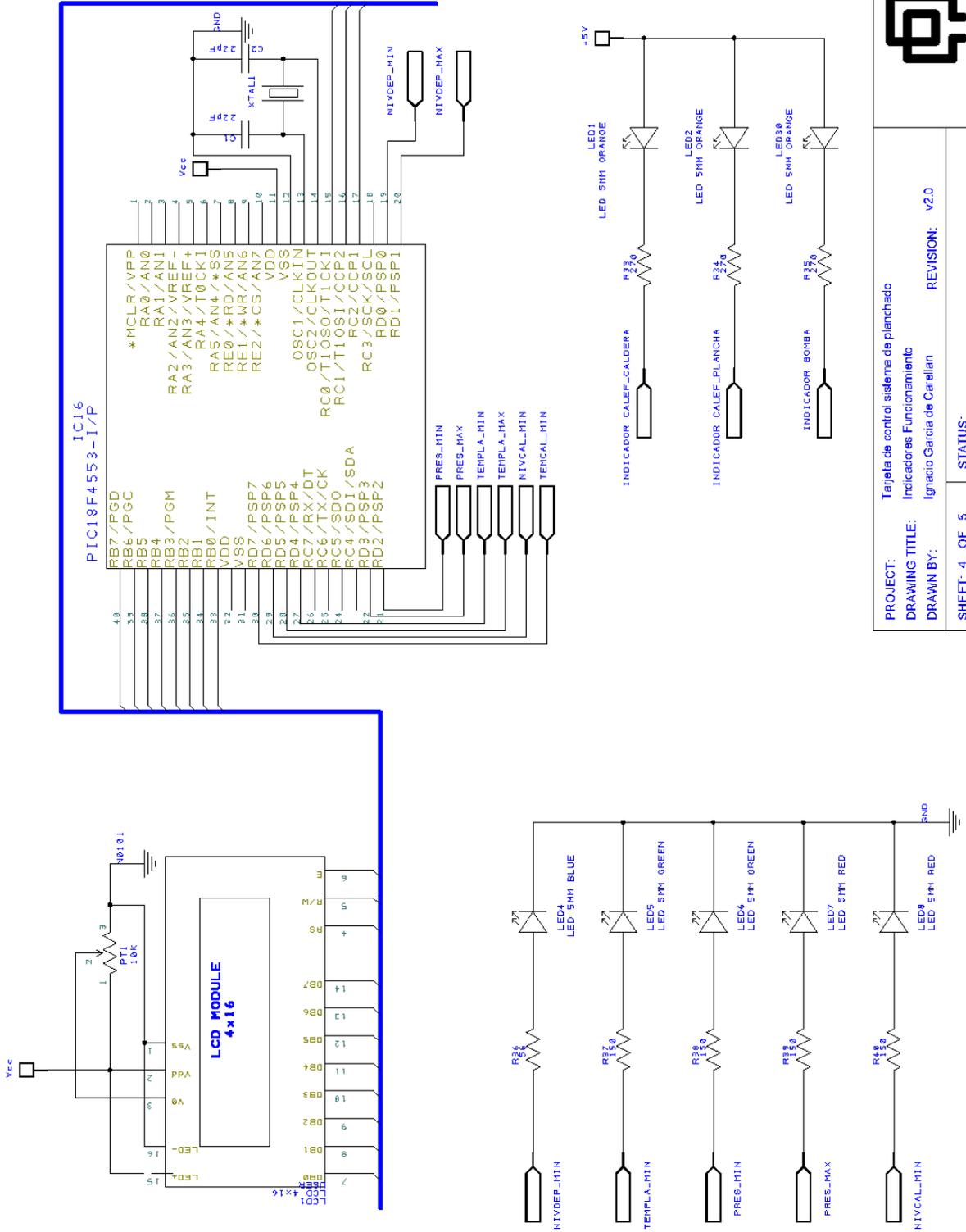
4



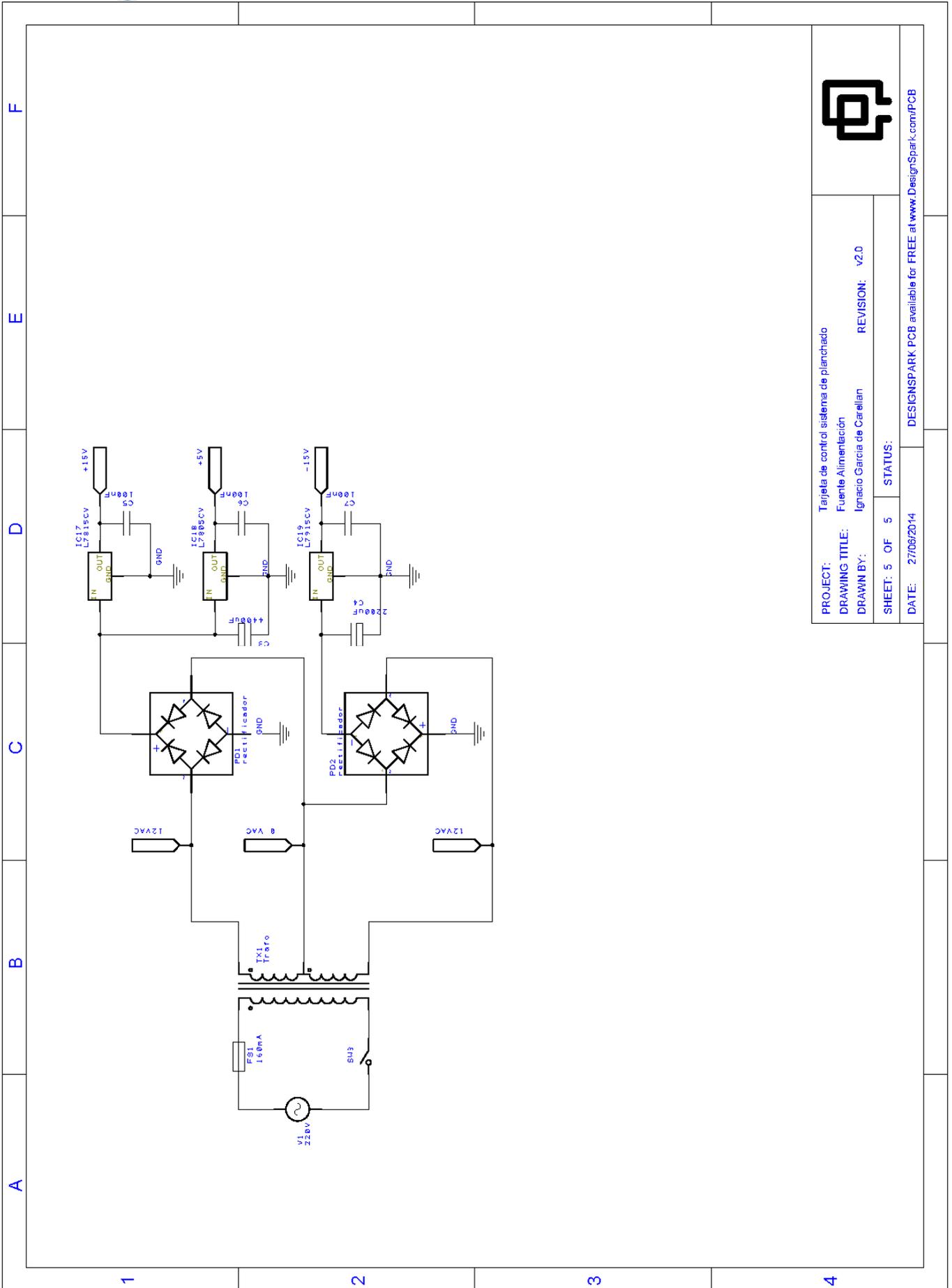
PROJECT:	Tajeta de control sistema de planchado		
DRAWING TITLE:	Lógica de Control		
DRAWN BY:	Ignacio Garcia de Carellan	REVISION:	v2.0
SHEET:	3 OF 5	STATUS:	
DATE:	27/06/2014	DESIGNSPARK PCB available for FREE at www.DesignSpark.com/PCB	



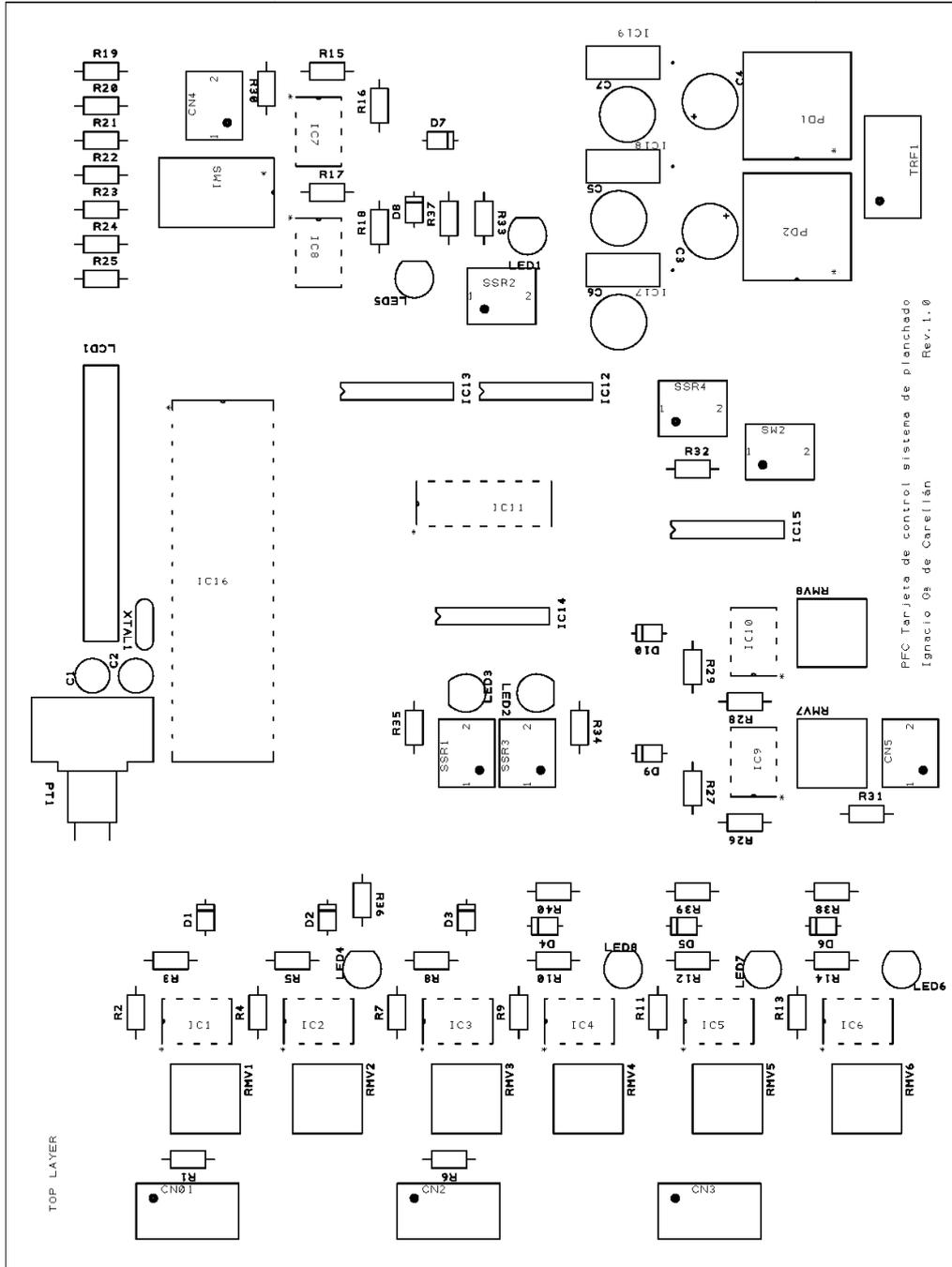
A B C D E F

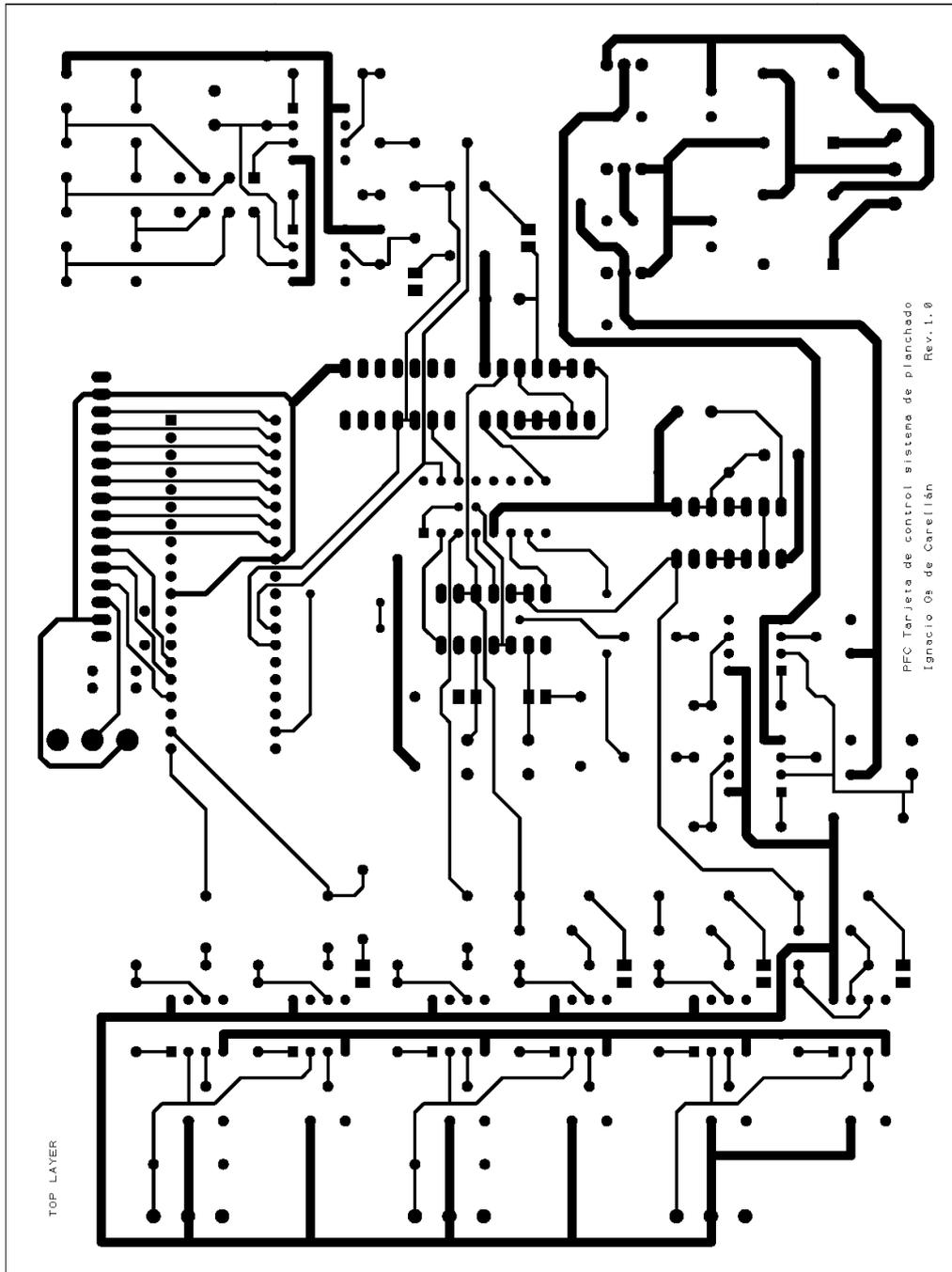


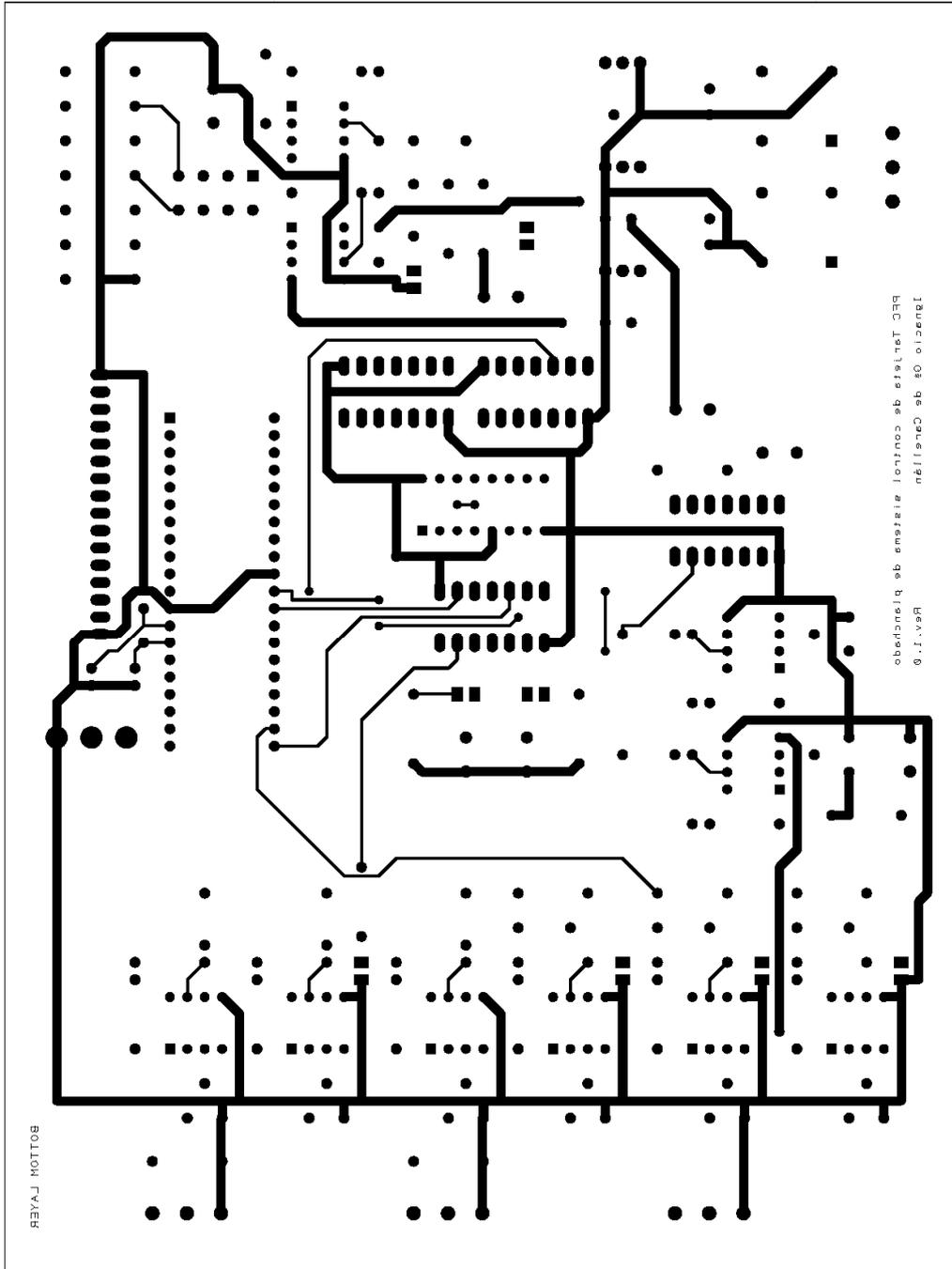
PROJECT:	Tarjeta de control sistema de planchado
DRAWING TITLE:	Indicadores Funcionamiento
DRAWN BY:	Ignacio Garcia de Carellan
SHEET: 4 OF 5	STATUS:
DATE: 27/06/2014	REVISION: v2.0
DESIGNSPARK PCB available for FREE at www.DesignSpark.com/PCB	



PROJECT: Tarjeta de control sistema de planchado	REVISION: v2.0
DRAWING TITLE: Fuente Alimentación	DRAWN BY: Ignacio Garcia de Carellan
SHEET: 5 OF 5	STATUS:
DATE: 27/06/2014	DESIGNSPARK PCB available for FREE at www.DesignSpark.com/PCB









V. ANEXOS



17. DIAGNOSTICO DE AVERIAS

Síntoma	Avería	Localización	Diagnostico
No se enciende ningún indicador	Fallo Alimentación	-Revisar conexión a la red eléctrica, -Revisar fuente de alimentación	Comprobar el fusible de protección, si está ok, verificar la tensión en el primario del transformador, en caso de no tener 220V comprobar el interruptor de encendido y por último la conductividad del cableado. Comprobar las tensiones $\pm 15V$ y $5V$, si solo falla una comprobaremos la tensión de entrada del regulador correspondiente. Si falla $-15V$ comprobaremos su puente rectificador asociado, al igual que si faltan $+15V$ y $+5V$. Si en cambio no tenemos ninguna de las tensiones, comprobaremos el voltaje en el secundario del transformador, para continuar con la comprobación de los conductores.
El indicador de bombeo de agua esta encendido, pero el LCD muestra permanentemente NCAL ↓	Fallo Bombeo	-Revisar funcionamiento de relé -Revisar Bomba	Verificar el voltaje en alterna en bornes del relé, en caso de ser 220V medir el voltaje en las bornes de continua, si son 4V el relé es defectuoso, en caso contrario falla la lógica de control. Comprobaremos la tensión en bornes, 220V implican fallo de la bomba, en caso contrario revisaremos el cableado.
El indicador de generación de vapor esta encendido, pero el LCD muestra permanentemente TCAL ↓	Fallo Calefacción Caldera	-Revisar funcionamiento de relé -Revisar continuidad calefactor	Verificar el voltaje en alterna en bornes del relé, en caso de ser 220V medir el voltaje en las bornes de continua, si son 4V el relé es defectuoso, en caso contrario falla la lógica de control. Comprobar con la ayuda de un buscador de polos la continuidad del calefactor, tensión en solo una borne implica calefactor abierto, si no hay en ninguna, revisar conductor de fase.
El indicador de generación de vapor esta encendido, pero el LCD muestra permanentemente TCAL ↓	Fallo Calefacción Plancha	-Revisar funcionamiento de relé -Revisar continuidad calefactor -Comprobar continuidad pulsador plancha	Verificar el voltaje en alterna en bornes del relé, en caso de ser 220V medir el voltaje en las bornes de continua, si son 4V el relé es defectuoso, en caso contrario falla la lógica de control. Comprobar con la ayuda de un buscador de polos la continuidad del calefactor, tensión en solo una borne implica calefactor abierto, si no hay en ninguna, revisar conductor de fase. Comprobaremos la tensión de 5V en reposo, y 0V pulsado, si no están presentes los 5V en reposo, revisaremos el cableado.
Los indicadores de Presión Ok y Temperatura plancha Ok se encuentran encendidos, pero no sale vapor al accionar el pulsador.	Fallo entrega Vapor	-Revisar funcionamiento de relé -Revisar Electroválvula	Verificar el voltaje en alterna en bornes del relé, en caso de ser 220V medir el voltaje en las bornes de continua, si son 4V el relé es defectuoso, en caso contrario falla la lógica de control. Comprobaremos la tensión en bornes, 220V implican fallo de la válvula, en caso contrario revisaremos el cableado.



18. PROGRAMACION MICROCONTROLADOR

La programación del PIC la realizaremos haciendo uso de la aplicación MPLAB XC8 de MICROCHIP, que nos permitirá usar lenguaje de programación C.

El código ha programar es:

```
#include <18F4553.h>

#fuses HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT,USBDIV,PLL3,
CPUDIV1,VREGEN,PUT,MCLR,NODEBUG,NOPBADEN

#use delay(clock=48000000)

// Definición de las conexiones entre el modulo LCD y el 18F4553
// hay que declarar los pines antes de la librería de control del LCD "flex_lcd.c"

#define LCD_E PIN_C0
#define LCD_RW PIN_C1
#define LCD_RS PIN_C2
#define LCD_D0 PIN_B0
#define LCD_D1 PIN_B1
#define LCD_D2 PIN_B2
#define LCD_D3 PIN_B3
#define LCD_D4 PIN_B4
#define LCD_D5 PIN_B5
#define LCD_D6 PIN_B6
#define LCD_D7 PIN_B7

#include "flex_lcd.c" //Inclusión de la librería LCD

//BOOTLOADER

#define CODE_START 0x1000

#build(reset=CODE_START, interrupt=CODE_START+0x08)

#org 0, CODE_START-1 {}

void main()
```



```
{  
    lcd_init();  
    while(TRUE)  
    {  
        if (input(pin_d0)==0) printf(lcd_putc, "\fNivel Depo Min");  
        if (input(pin_d1)==1) printf(lcd_putc, "\fNivel Depo Max");  
        if (input(pin_d0)==1 && input(pin_d1)==0) printf(lcd_putc, "\fNivel Depo Ok");  
        printf(lcd_putc, "\n\n");  
        if (input(pin_d2)==0) printf(lcd_putc, "Presión Min");  
        if (input(pin_d3)==1) printf(lcd_putc, "Presión Max");  
        if (input(pin_d2)==1 && input(pin_d3)==0) printf(lcd_putc, "Presión Ok");  
        printf(lcd_putc, "\n\n");  
        if (input(pin_d4)==0 && input(pin_d5)==0) printf(lcd_putc, " NCAL_↓ --  
TCAL_↓");  
        if (input(pin_d4)==1 && input(pin_d5)==0) printf(lcd_putc, "    -- TCAL_↓ ");  
        if (input(pin_d4)==0 && input(pin_d5)==1) printf(lcd_putc, " NCAL_↓ --");  
        if (input(pin_d4)==1 && input(pin_d5)==1) printf(lcd_putc, "    --");  
    }  
}
```



19. 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.

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

➤ 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.

➤ 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.

➤ 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.

➤ 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.

➤ 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.

➤ Instalación

- La instalación de tuberías y accesorios para vapor, agua sobrecalentada y caliente, estará de acuerdo con la norma UNE u otra norma internacionalmente reconocida.
- 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.



- Con el fin de eliminar al mínimo las pérdidas caloríficas, todas las tuberías deberán estar convenientemente aisladas, según Decreto 1490/1975.
- 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 solicitaciones a estos aparatos.
- 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.
- Todos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada y caliente dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.
- La recuperación de condensados 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.
- 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 interior, 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 PN 16, 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 en 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.



20. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- "Reglamento de Aparatos a Presión" en diversas publicaciones del BOE (Boletín Oficial del Estado).
- "Circuitos Electrónicos" de Elías Muñoz Merino, Servicio de Publicaciones UPM
- "Sensores y Acondicionadores de Señal" de Ramón Pallas Areny, Ed. Marcombo
- "C Manual de Referencia" de Herbert Schildt, Ed. McGraw-Hill
- "Electrónica de Potencia" de Daniel W. Hart, Prentice Hall



21. WEBS CONSULTADAS

- <http://es.rs-online.com>
- <http://es.farnell.com>
- <http://cat.hansa-flex.com>
- <http://www.fafnir.com>
- <http://www.buerkert.com>
- <http://www.baumer.com>
- <http://www.electricfor.es>
- <http://www.aerre.com.ar>
- <http://www.st.com>
- <http://www.ti.com>
- <http://www.microchip.com>
- <http://www.boe.es>