

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN RESERVORIO Y CALENTADOR DE AGUA EN LA PLANTA ALTA DE UN DOMICILIO, PARA EL SUMINISTRO DE AGUA TEMPERADA HACIA UN CONJUNTO DE TRES LAVADORAS DE ROPA SEMI-INDUSTRIALES, CONTROLADO AUTOMÁTICAMENTE MEDIANTE PICS.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO ELECTROMECHANICO

DIEGO MARCELO PÁEZ CHACHA
tec.paez@gmail.com

HUGO DAVID CONDOLO GALLEGOS
hugocondolo@yahoo.com

DIRECTOR: ING. CARLOS ROMO
carlos.romo@epn.edu.ec

Quito, Septiembre 2012

DECLARACIÓN

Nosotros, **DIEGO MARCELO PÁEZ CHACHA Y HUGO DAVID CONDOLO GALLEGOS**, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito, es de nuestra total autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Diego Marcelo Páez Chacha

Hugo David Condolo Gallegos

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores: **DIEGO MARCELO PÁEZ CHACHA Y HUGO DAVID CONDOLO GALLEGOS** bajo mi supervisión.

Ing. Carlos Romo

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres y hermanos ya que sin su infinito e incondicional apoyo no hubiese logrado la consecución de este proyecto.

Mi gratitud a mi compañero de tesis Hugo con el cual logramos la consecución de este proyecto con mucho esfuerzo y sacrificio.

A los profesores de la carrera de Tecnología Electromecánica, que gracias a su formación y apoyo forjaron mi vida profesional.

Al Ing. Carlos Romo, por su acertadísima dirección para la consecución de este proyecto.

Diego Marcelo Páez Chacha

AGRADECIMIENTOS

Estoy muy agradecido con las personas que manifestaron su confianza y apoyo en la consecución de este logro, muchas personas quedaran sin mencionarse en estas líneas pero sin duda quiero agradecer a las personas que estuvieron tras telones motivándome a continuar hacia la meta.

Agradezco a mi amigo y compañero Diego, a quien le debo muchas horas de incansable dedicación a este proyecto y también el respaldo brindado a lo largo de la carrera.

Sin duda, a los profesores a quienes he tenido la oportunidad de conocer, les agradezco por su orientación y guía, pues sin sus enseñanzas quedaría sin sustento el presente proyecto.

Gracias al Ing. Romo, por el tiempo y la dedicación entregada a nosotros.

Un agradecimiento especial para aquella persona que prefiero conservar en el anonimato, por brindarme su consejo y apoyo para hacerme notar que nunca es tarde para emprender nuevos proyectos y que es necesario levantarse después de una caída.

Hugo David Condolo Gallegos

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a toda mi familia, de manera especial a mi Padre que siempre estuvo apoyándome y motivándome para conseguir este anhelado paso en mi vida. Así como a mi hermano Paúl quien supo apoyarme en todos los momentos buenos y malos a lo largo de mi vida estudiantil y en general a toda mi familia ya que sin ellos muy difícilmente hubiese llegado a la consecución de tan trascendental paso en mi vida.

Diego Marcelo Páez Chacha

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto a mis padres y hermanos, quienes a pesar del tiempo se ha mantenido firme en su decisión de apoyarme, quienes merecen mi eterno agradecimiento por brindarme el apoyo necesario cuando menguaban los ánimos.

Estaré eternamente agradecido por su respaldo y el dedicarles este proyecto es lo mínimo que puedo retribuirles por tanto apoyo recibido no solamente en el ámbito académico sino también en lo laboral y personal.

Hugo David Condolo Gallegos

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE TABLAS	I
LISTA DE FIGURAS	II
LISTA DE ANEXOS	VII
RESUMEN	VIII
ABSTRACT	IX
CAPÍTULO 1	1
1.1. GENERALIDADES	1
1.1.1. SENSORES	1
1.1.1.1. Sensores de temperatura RTD	1
1.1.1.1.1. Principio de funcionamiento	1
1.1.1.1.2. Ventajas de los RTD	2
1.1.1.1.3. Desventajas de los RTD	3
1.1.1.1.4. Sensor de temperatura por resistencia pt100	4
1.1.1.1.4.1. Características técnicas	5
1.1.1.1.4.1.1. Dimensiones y especificaciones	5
1.1.1.1.4.1.2. Método de especificación	5
1.1.1.1.4.1.3. Partes constitutivas	6
1.1.1.1.4.1.4. Constitución interna	6
1.1.1.1.4.1.5. Conexionado	7
1.1.1.1.4.1.6. Curva característica	7
1.1.1.1.4.2. Montajes	8

1.1.1.1.4.2.1.	Montaje de dos hilos	8
1.1.1.1.4.2.2.	Montaje a tres hilos	9
1.1.1.1.4.2.3.	Montaje de 4 hilos.....	11
1.1.1.2.	Sensores de nivel por flotador	12
1.1.1.2.1.	Principio de funcionamiento	12
1.1.1.2.2.	Ventajas	13
1.1.1.2.3.	Desventajas	13
1.1.2.	MICRO CONTROLADORES PIC'S	13
1.1.2.1.	Características	14
1.1.2.1.1.	Arquitectura	14
1.1.2.1.2.	Segmentación.....	14
1.1.2.1.3.	Formato de las instrucciones.....	14
1.1.2.1.4.	Juego de instrucciones	15
1.1.2.1.5.	Todas las instrucciones son ortogonales.....	15
1.1.2.1.6.	Arquitectura basada en un “banco de registros”	15
1.1.2.1.7.	Diversidad de modelos con prestaciones y recursos diferentes	15
1.1.2.2.	Ventajas	16
1.1.3.	RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO NIQUELINAS	16
1.1.3.1.	Generalidades.....	16
1.1.3.2.	Efecto joule	17
1.1.3.3.	Calculo de la cantidad de calor que se requiere para cambiar de temperatura a una substancia.....	18
1.1.4.	ELECTROVÁLVULAS	19
1.1.4.1.	Introducción	19

1.1.4.2.	Partes principales	20
1.1.4.3.	Funcionamiento	20
1.1.4.4.	Clases de electroválvulas	21
1.1.4.5.	Aplicaciones.....	22
CAPÍTULO 2		23
2.1. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS INMERSOS EN EL PROYECTO		23
2.1.1. LAVADORAS		23
2.1.1.1.	Introducción	23
2.1.1.2.	Análisis anatómico.....	24
2.1.1.3.	Partes constitutivas	24
2.1.1.3.1.	Motor eléctrico.....	24
2.1.1.3.2.	Microprocesador	25
2.1.1.3.3.	Tambor.....	25
2.1.1.3.4.	Cubeta	26
2.1.1.3.5.	Carter del tambor	26
2.1.1.3.6.	Amortiguadores	26
2.1.1.3.7.	Resistencia (opcional).....	26
2.1.1.3.8.	Entradas de agua	26
2.1.1.3.9.	Filtro.....	27
2.1.1.3.10.	Depósitos de detergentes	27
2.1.1.3.11.	Correa (opcional)	27
2.1.1.3.12.	Carrocería.....	27
2.1.1.4.	Principio de funcionamiento.....	28
2.1.1.5.	Ciclos de funcionamiento de la lavadora.....	28

2.1.1.5.1.	Ciclo de llenado	29
2.1.1.5.2.	Ciclo de lavado	30
2.1.1.5.3.	Ciclo de drenaje	30
2.1.1.5.4.	Ciclo de enjuague.....	31
2.1.1.6.	Importancia y ventajas del lavado en caliente	31
2.1.1.7.	Normas de conservación de las lavadoras	32
2.1.1.7.1.	Limpieza antical.....	32
2.1.1.7.2.	Limpieza del filtro	32
2.1.1.7.3.	Lavado sin ropa.....	33
2.1.1.7.4.	Secar el interior	33
2.1.1.7.5.	Limpieza del depósito de los detergentes	33
2.1.1.8.	Normas de manejo	33
2.1.1.9.	Márgenes de trabajo.....	34
2.1.1.9.1.	Colocación	34
2.1.1.9.2.	Lugar.....	34
2.1.1.9.3.	Instalación eléctrica	34
2.1.1.9.4.	Altura del desagüe	34
2.1.2.	CALENTADORES DE AGUA	34
2.1.2.1.	Introducción	34
2.1.2.2.	Tipos	35
2.1.2.2.1.	Calentadores de punto.....	35
2.1.2.2.2.	Calentadores de paso	36
2.1.2.2.3.	Calderas	37
2.1.2.2.4.	Calentadores de acumulación	38

2.1.2.3.	Costos.....	39
2.1.2.3.1.	Combustibles	39
2.1.2.4.	Aislamientos	40
2.1.2.5.	Mantenimiento	40
2.1.2.6.	Seguridad	41
CAPÍTULO 3		43
3.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE MECANICA	43
3.1.1.	CALENTADOR DE AGUA.....	43
3.1.1.1.	Generalidades.....	43
3.1.1.2.	Dimensionamiento de los tanques de agua fría y caliente	43
3.1.1.3.	Diseño grafico del calentador de agua	46
3.1.1.3.1.	Estructura	46
3.1.1.3.2.	Recubrimiento (no térmico).....	47
3.1.1.3.3.	Sellado hermético	48
3.1.1.4.	Especificaciones técnicas de materiales e instrumentos inmersos la construcción del calentador.....	49
3.1.1.4.1.	Materiales.....	49
3.1.1.4.1.1.	Tanque de agua	49
3.1.1.4.1.2.	Estructura	49
3.1.1.4.1.3.	Recubrimiento (no térmico).....	50
3.1.1.4.1.4.	Aislamiento térmico.....	51
3.1.1.4.2.	Instrumentos.....	52
3.1.1.4.2.1.	Resistencias de calentamiento (niquelinas)	52
3.1.1.4.3.	Sensor de temperatura.....	55

3.1.1.4.4.	Switch de nivel.....	59
3.1.1.4.5.	Electroválvulas.....	60
3.1.1.5.	Proceso de construcción.....	61
3.1.1.5.1.	Tratamiento al tanque	61
3.1.1.5.1.1.	Procedimiento	62
3.1.1.5.2.	Construcción de la salida de agua al interior del tanque.....	63
3.1.1.5.3.	Colocación del instrumento sensor y de las resistencias de calentamiento en el tanque de almacenamiento	64
3.1.1.5.4.	Construcción de la estructura.....	65
3.1.1.5.4.1.	Corte de las piezas de la estructura	65
3.1.1.5.4.2.	Punteado de la estructura	65
3.1.1.5.4.3.	Soldado reforzado de la estructura.....	66
3.1.1.5.5.	Recubrimiento.....	67
3.1.1.5.6.	Instalación de switch de nivel, electroválvulas y entradas de agua	68
3.1.1.5.6.1.	Instalación del switch de nivel.....	68
3.1.1.5.6.2.	Instalación de la electroválvula y de la entrada de agua.....	68
3.1.1.5.6.3.	Acabados.....	69
3.1.1.5.6.3.1.	Sellado de posibles filtraciones de calor.....	69
3.1.1.5.6.3.2.	Pintado de todo el conjunto	69
3.1.2.	RESERVORIO DE AGUA.....	70
3.1.2.1.	Generalidades.....	70
3.1.2.2.	Diseño grafico del tanque elevado y de la tubería.	71
3.1.2.2.1.	Base del tanque	71
3.1.2.2.2.	Tubería de agua fría	73

3.1.2.2.3. Tubería de agua caliente	73
3.1.2.3. Especificaciones técnicas de materiales e instrumentos inmersos la construcción del reservorio	74
3.1.2.3.1. Materiales.....	74
3.1.2.3.1.1. Tanque de agua	74
3.1.2.3.1.2. Estructura	74
3.1.2.3.1.3. Tablones.....	75
3.1.2.3.1.4. Tubería	76
3.1.2.3.2. Válvulas	76
3.1.2.4. Proceso de construcción.....	77
3.1.2.4.1. Tratamiento	77
3.1.2.4.1.1. Procedimiento	77
3.1.2.4.2. Roscado de tuberías	79
CAPÍTULO 4	80
4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA	80
4.1.1. INTRODUCCIÓN	80
4.1.2. GENERALIDADES.....	81
4.1.3. ESPECIFICACIONES DE DISPOSITIVOS INMERSOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONTROLADOR	82
4.1.3.1. Pic	82
4.1.3.2. Características	83
4.1.4. LÓGICA DE CONTROL.....	84
4.1.5. CONSTRUCCIÓN.....	85
4.1.5.1. Circuito de control descrito en bloques	85
4.1.5.2. Enrutado del circuito controlador	90

4.1.5.3.	Programación del circuito controlador	92
4.1.5.4.	Diagrama de flujo	93
CAPÍTULO 5		95
5.1.	CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA.....	95
5.1.1.	INSTALACIÓN DE POTENCIA.....	95
5.1.1.1.	Generalidades.....	95
5.1.1.2.	Especificaciones de los materiales inmersos en la instalación	95
5.1.1.2.1.	Cableado	95
5.1.1.2.1.1.	Dimensionamiento del conductor	95
5.1.1.2.2.	Protección no eléctrica.....	97
5.1.1.2.3.	Protección eléctrica.....	98
5.1.1.3.	Procedimiento de construcción.....	98
5.1.1.3.1.	Conexión eléctrica	98
CAPÍTULO 6		102
6.1.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
6.1.1.	CONCLUSIONES	102
6.1.2.	RECOMENDACIONES	104
BIBLIOGRAFÍA		105
ANEXOS.....		107

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1: Propiedades de materiales empleados para la construcción de RTD	2
Tabla 1.2: Características técnicas calefactor con tapón de acoplamiento en latón, forma “u” con doble vuelta	18
Tabla 1.3: Características técnicas calefactor con tapón de acoplamiento en latón, forma “u” con triple vuelta.....	18
Tabla 1.4: Calor específico para diferentes sustancias a 25 °C.....	19
Tabla 3.1: Especificaciones técnicas Del tanque metálico	45
Tabla 3.2: Especificaciones técnicas del tanque metálico	45
Tabla 3.3: Datos tabulados de la RTD.....	56
Tabla 3.4: Tabla de datos seleccionados para el proyecto.....	58
Tabla 4.1: Características del Pic 16F877A.	83
Tabla 4.2: Lógica de control.....	84
Tabla 5.1: Calibres de conductores según la corriente y temperatura.	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1- Símbolo RTD.....	1
Figura 1.2- Esquema técnico de la RTD PT100.....	5
Figura 1.3- Partes principales de la RTD	6
Figura 1.4- Constitución interna de la RTD	7
Figura 1.5- Descripción de la bornera de la RTD	7
Figura 1.6- Curvas características de las RTD	8
Figura 1.7- Montaje a 2 hilos.....	8
Figura 1.8-Montaje a 3 hilos.....	10
Figura 1.9-Puente de wheastone para sonda de resistencia	11
Figura 1.10- Montaje a 4 hilos.....	11
Figura 1.11-Sensor de tipo flotador.....	12
Figura 1.12- Constitución interna y partes de la electroválvula	20
Figura 2.1- Lavadora semi-industrial automática.....	23
Figura 2.2-Partes constitutivas de la lavadora	24
Figura 2.3- Calentador de paso eléctrico.....	36
Figura 2.4- Caldera de gas.....	38
Figura 2.5- Calentador de tanque eléctrico.....	39
Figura 2.6- Válvula de alivio de presión.	41

Figura 3.1- Tanque metálico.....	44
Figura 3.2- Tanque Plastigama.....	45
Figura 3.3- Diseño 3Ddel calentador de agua.	46
Figura 3.4- Diseño 3D de la estructura.....	47
Figura 3.5- Diseño 3D del recubrimiento no térmico.....	48
Figura 3.6- Diseño 3D de las tapas para el sellado hermético.....	48
Figura 3.7- Foto del tanque metálico usado en el proyecto.....	49
Figura 3.8- Tubo cuadrado.	50
Figura 3.9- Estructura soldada.....	50
Figura 3.10- Tol doblado para el recubrimiento.....	51
Figura 3.11- tapas del calentador.....	51
Figura 3.12- Rollo de lana de vidrio.....	52
Figura 3.13- Niquelina comercial usada en el proyecto.	54
Figura 3.14- RTD usada en el proyecto.....	55
Figura 3.15- Curva característica de la RTD usada en el proyecto.	57
Figura 3.16- Curva característica de la RTD en el tramo seleccionado para el proyecto. ..	59
Figura 3.17- Funcionamiento del switch de nivel.	59
Figura 3.18- Activación del switch.....	60
Figura 3.19- Desactivación del switch	60

Figura 3.20- Electroválvula 2/1 usada en el proyecto.	61
Figura 3.21- Aplicación del antioxidante al tanque.....	62
Figura 3.22- Aplicación del fondo al tanque.	63
Figura 3.23- Aplicación de la pintura al tanque.	63
Figura 3.24- Salida de agua del tanque soldada.	64
Figura 3.25- Colocación de los instrumentos en el tanque.....	65
Figura 3.26- Material cortado de la estructura	65
Figura 3.27- Soldado por puntos	66
Figura 3.28- Soldado reforzado	66
Figura 3.29- Recubrimiento del calentador de agua.....	67
Figura 3.30- Entrada de agua al calentador.	68
Figura 3.31- Pintado del calentador de agua.	70
Figura 3.32- Calentador de agua pintado.....	70
Figura 3.33- Reservorio.....	71
Figura 3.34- Base del Tanque.....	72
Figura 3.35- Optimización de la madera.	72
Figura 3.36- Fotografía del tanque.	74
Figura 3.37- Perfil tipo C.....	75
Figura 3.38- Diseño de estructura	75

Figura 3.39- Tablón de madera Colorado.....	76
Figura 3.40- Accesorios del tanque.....	78
Figura 3.41- Fijación de acoples	78
Figura 3.42- Seccionamiento mediante universales.....	79
Figura 4.1- Diagrama de bloques.....	81
Figura 4.2- Acondicionador de señal.....	85
Figura 4.3- Bloque de alimentación	86
Figura 4.4- Bloque del LCD.....	86
Figura 4.5- Bloque de los relés.....	87
Figura 4.6- Bloque 1 del TRIAC.....	87
Figura 4.7- Bloque 2 del TRIAC.....	88
Figura 4.8- Bloque de voltaje de precisión.....	88
Figura 4.9- PIC 16F877A.....	89
Figura 4.10- Regulador a 5 V.....	89
Figura 4.11- Regulador a 12 V.....	90
Figura 4.12- Enrutado del circuito controlador.....	90
Figura 4.13- Distribución de dispositivos en la tarjeta.....	91
Figura 4.14- Circuito de control soldado.....	91
Figura 5.1- Protección contra la intemperie.....	98

Figura 5.2- Protección eléctrica, Breaker QO115 S.D. Interruptor de 1 polo, 30 Amperios 120 Voltios.	98
Figura 5.3- Instalación de la manguera protectora del conductor.	99
Figura 5.4- Toma del cajetín ubicado en el tercer piso.	99
Figura 5.5- Diseño de la distribución de los elementos en el cajetín.	100
Figura 5.6- Elementos distribuidos de acuerdo al diseño en el cajetín.....	100
Figura 5.7- Caja controladora del sistema.	101
Figura 5.8- Proyecto finalizado	101
Figura 6.1- Relación de temperatura para calibrar el sistema.	103
Figura 6.2- Calibración de temperatura mediante programación del PIC	104

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A- Datasheet de la RTD usada en el proyecto.....	108
ANEXO B- Datasheet de los switches de nivel	110
ANEXO C- Datasheet del Pic usado en el proyecto	115
ANEXO D- Datasheet del acondicionador de señal.....	120
ANEXO E- Plano del domicilio y ubicación del proyecto.....	129
ANEXO F- Código fuente del Pic usado en el proyecto.....	134
ANEXO G- Planos	140

RESUMEN

Debido a las necesidades propias de una microindustria, es necesario como técnicos propiamente dichos, dar soluciones adecuadas no solo en funcionalidad sino también en economía de tal manera que sea algo accesible y adecuado proveerse de éstas.

El proyecto se basa en funcionamiento coordinado de un reservorio de agua fría de 132 galones con una calentador de agua de aproximadamente 55 galones fabricado de acuerdo a los requerimientos propios del proyecto, todo esto controlado por un una tarjeta electrónica comandada por un PIC.

Esto se realizó usando uno de los microcontroladores más efectivos y comerciales de la industria, el PIC 16F877A.

Dicho micro controlador por sus características posee una gran funcionalidad al momento de trabajar con sensores de temperatura por resistencias RTD PT 100.

Dentro de las rutinas de manejo del micro controlador se realizan manejos de puertos, localidades de memoria y lecturas de estado e interrupciones.

Se ha logrado recrear un termostato más inteligente de lo común puesto que dicho proyecto no solo posee la funcionalidad de calentar gran cantidad de agua , sino también posee la función de autoalimentarse de la línea de agua fría dando además de todo esto gran ahorro de energía eléctrica debido a su excelente aislamiento térmico.

ABSTRACT

Due to the unique needs of micro-industry is necessary as technicians themselves, provide adequate solutions not only in functionality but also in economy so that it is something accessible and appropriate provided these.

The project is based on coordinated operation of a reservoir of 132 gallons of cold water with a water heater about 55 gallons manufactured according to the specific requirements of the project, all controlled by an electronic board led by a PIC. This was done using one of the most effective and microcontrollers industry trade, the PIC 16F877A.

This microcontroller characteristic has a high functionality when working with temperature sensors RTD PT 100.

In the routine management of the microcontroller are done handling ports, memory locations and status readings and interruptions.

Has managed to make an intelligent thermostat of the ordinary as this project not only has the functionality to heat large quantities of water, but also has the function to feed themselves from the cold water line as well as giving this great power savings due to its excellent thermal insulation.

CAPÍTULO 1

1.1. GENERALIDADES

1.1.1. SENSORES

1.1.1.1. Sensores de temperatura RTD

Un detector de temperatura resistivo, RTD es un instrumento eléctrico el cual realiza el censado la temperatura basándose en la variación de la resistencia de un conductor.

Su símbolo característico se detalla a continuación en la figura 1.1

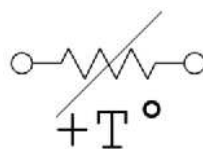


Figura 1.1- Símbolo RTD

1.1.1.1.1. Principio de funcionamiento

Al calentarse un metal habrá una mayor agitación térmica, dispersándose más los electrones y reduciéndose su velocidad media, aumentando la resistencia. A mayor temperatura, mayor agitación, y mayor resistencia.

La variación de la resistencia puede ser expresada de manera polinómica como sigue a continuación. Por lo general, la variación es bastante lineal en márgenes amplios de temperatura.

$$R = R_0 (1 + \alpha \Delta T) \quad (1)$$

Donde:

- R_0 : es la resistencia a la temperatura de referencia T_0
- ΔT : es la desviación de temperatura respecto a T_0 ($\Delta T = T - T_0$)

- α : es el coeficiente de temperatura del conductor especificado a 0 °C, interesa que sea de gran valor y constante con la temperatura.

Los materiales empleados para la construcción de sensores RTD suelen ser conductores tales como el cobre, el níquel o el platino. Las propiedades de algunos de éstos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 1.1: Propiedades de materiales empleados para la construcción de RTD

PARAMETRO	Platino (Pt)	Cobre (Cu)	Níquel (Ni)	Molibdeno (Mo)
RESISTIVIDAD $\mu\Omega cm$	10.6	1.673	6.844	5.7
$\alpha(\Omega/\Omega/K)$	0.00385	0.0043	0.00681	0.003786
$R_0(\Omega)$	25,50,100,200	10	50, 100 ,120	100, 200, 500
margen (°C)	-200 a +850	-200 a +260	-80 a +230	-200 a +200
Precisión	0.01	0.10	0.50	0.50

De todos ellos es el platino el que ofrece mejores prestaciones, como:

- alta resistividad para un mismo valor óhmico, la masa del sensor será menor, por lo que la respuesta será más rápida
- margen de temperatura mayor
- alta linealidad
- sin embargo, su sensibilidad (α) es menor

1.1.1.1.2. *Ventajas de los RTD*

- Margen de temperatura bastante amplio.
- Proporciona las medidas de temperatura con mayor exactitud y repetitividad.

- El valor de resistencia del RTD puede ser ajustado con gran exactitud por el fabricante (trimming), de manera que su tolerancia sea mínima. Además, éste será bastante estable con el tiempo.
- Los RTD son los más estables con el tiempo, presentando derivas en la medida del orden de 0.1 °C/AÑO.
- La relación entre la temperatura y la resistencia es la más lineal.
- Los sensores RTD tienen una sensibilidad mayor que los termopares. La tensión debida a cambios de temperatura puede ser unas diez veces mayor.
- La existencia de curvas de calibración estándar para los distintos tipos de sensores RTD (según el material conductor, $R_{0y\alpha}$), facilita la posibilidad de intercambiar sensores entre distintos fabricantes.
- A diferencia de los termopares, no son necesarios cables de interconexión especiales ni compensación de la unión de referencia.

1.1.1.1.3. Desventajas de los RTD

- Dado que el platino y el resto de materiales conductores tienen todos una resistividad muy baja, para conseguir un valor significativo de resistencia será necesario devanar un hilo de conductor bastante largo, por lo que, sumando el elevado coste de por sí de estos materiales, el coste de un sensor RTD será mayor que el de un termopar o un termistor.
- El tamaño y la masa de un RTD será también mayor que el de un termopar o un termistor, limitando además su velocidad de reacción.
- Los RTD se ven afectados por el auto calentamiento.
- Los RTD no son tan durables como los termopares ante vibraciones y golpes.

- No tener en cuenta la resistencia de los hilos de interconexión puede suponer un grave error de medida. Por ejemplo, para un Pt100 con $\alpha = 0.00385 \Omega/K$, la variación de resistencia será de $0.385 \Omega/^{\circ}C$.

1.1.1.1.4. *Sensor de temperatura por resistencia pt100*

El sensor PT-100 es un sensor de temperatura que basa su funcionamiento en la variación de resistencia a cambios de temperatura del medio. El elemento consiste en un arrollamiento muy fino de Platino bobinado entre capas de material aislante y protegido por un revestimiento cerámico.

El material que forma el conductor (platino), posee un coeficiente de temperatura de resistencia α , el cual determina la variación de la resistencia del conductor por cada grado que cambia su temperatura según la ecuación (1):

$\alpha =$ coeficiente de temperatura de la resistencia cuyo valor entre $0^{\circ}C$ y $100^{\circ}C$ es de

$0.003850 \Omega \times (1/\Omega) \times (1/^{\circ}C)$ en la escala Práctica de Temperaturas Internacionales (IPTS-68).

El platino es el elemento más indicado para la fabricación de sensores de temperatura por resistencia, ya que, como se desprende de la tabla anterior posee:

- Alto coeficiente de temperatura.
- Alta resistividad, lo que permite una mayor variación de resistencia por $^{\circ}C$.
- Relación lineal resistencia-temperatura.
- Rigidez y ductilidad lo que facilita el proceso de fabricación de la sonda de resistencia
- Estabilidad de sus características durante su vida útil.

1.1.1.1.4.1. Características técnicas

1.1.1.1.4.1.1. Dimensiones y especificaciones

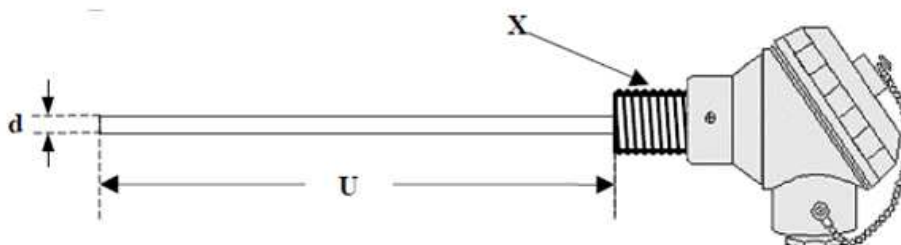


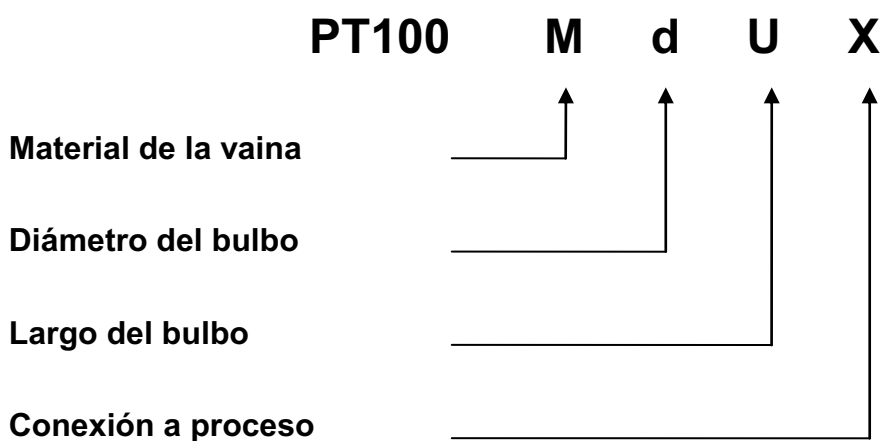
Figura 1.2- Esquema técnico de la RTD PT100

Donde:

d = diámetro del bulbo

U = largo del bulbo

1.1.1.1.4.1.2. Método de especificación



Ejemplo: PT100 –SS316-6-100-1/2"NPTM, representa a un sensor PT100 de Acero Inoxidable 316, diámetro del bulbo 6mm, largo del bulbo 100mm y conexión a proceso 1/2"NPT Macho.

1.1.1.4.1.3. Partes constitutivas

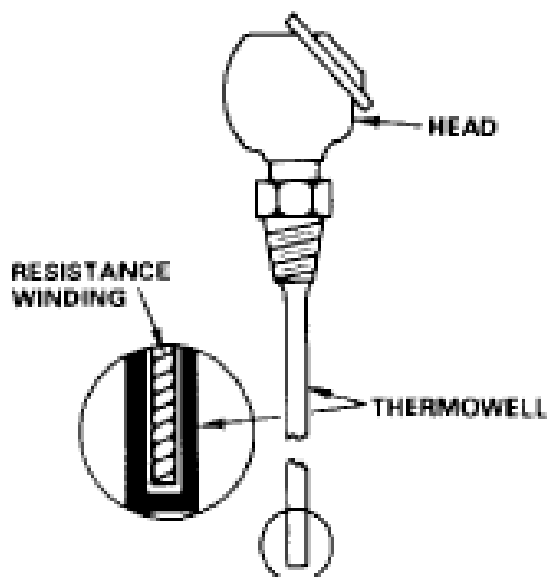


Figura 1.3- Partes principales de la RTD

Head: es el alojamiento de los contactos externos de la RTD

Resistencia winding: se refiere a la resistencia interna

Thermowell: es la protección externa de la RTD

1.1.1.4.1.4. Constitución interna

Una resistencia la RTD está constituida internamente de un cable arrollado en forma de bobina, este conjunto a su vez está recubierto por el termowell anteriormente ya descrito.

Cabe mencionar que la RTD posee 3 cables de conexión como lo muestra la figura 1.4 en la cual se puede ver dicha disposición. Esta es una salida de un extremo de la resistencia para señal y dos salidas del otro extremo de la resistencia para señal y resistencia de compensación.

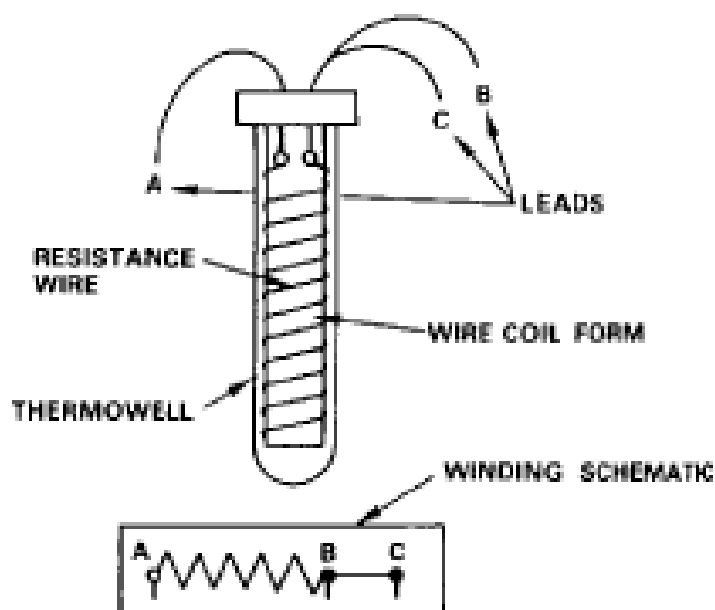


Figura 1.4- Constitución interna de la RTD

1.1.1.4.1.5. Conexionado

Como se describió anteriormente en la figura 1.4 dichas 3 salidas van a la bornera situada en la cabeza de la RTD como se muestra en la figura 1.5.

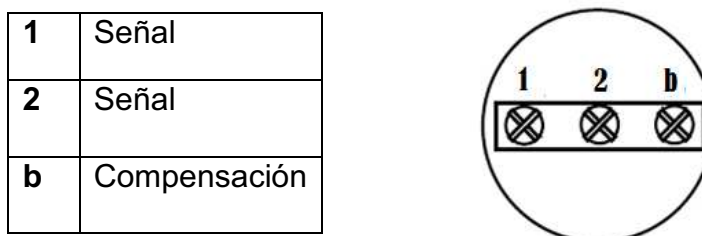


Figura 1.5- Descripción de la bornera de la RTD

1.1.1.4.1.6. Curva característica

A continuación se presenta las curvas características de los principales materiales usados para la construcción de las RTD, En las cuales se relaciona la resistencia relativa (tomada de la relación entre la R_T/R_0) y la temperatura a la que se encuentran.

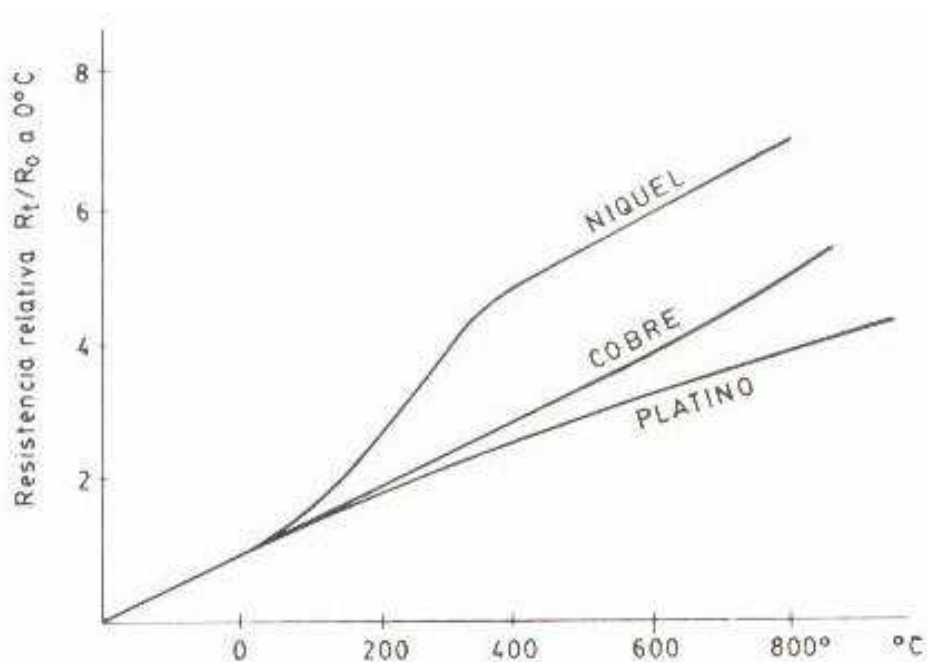


Figura 1.6- Curvas características de las RTD

El platino, es el material más adecuado desde el punto de vista de precisión y de estabilidad, pero presenta el inconveniente de su alto costo.

Nota: a nivel de industria, la sonda más utilizada Pt100 ($R_0 = 100 \Omega$, $T_0 = 0^\circ\text{C}$)

1.1.1.4.2. *Montajes*

1.1.1.4.2.1. *Montaje de dos hilos*

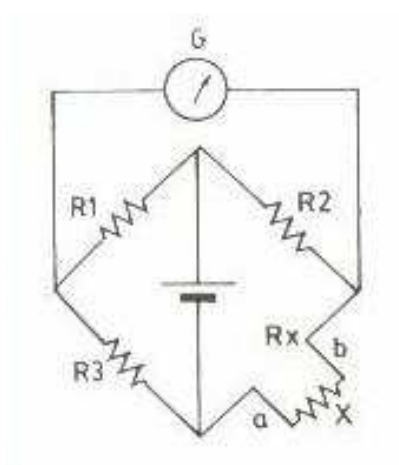


Figura 1.7- Montaje a 2 hilos

Se varía R_3 hasta que se anula la desviación del galvanómetro, entonces se cumple:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{X} \implies X = R_3 \frac{R_2}{R_1}$$

X: valor de la sonda de resistencia.

Es un montaje barato y sencillo, pero la resistencia de los hilos a y b de conexión de la sonda al puente varia cuando cambia la temperatura, y esta variación falsea por lo tanto la indicación. Además, las longitudes que puede haber en campo entre la sonda y el panel donde esté el instrumento receptor, añaden una cierta resistencia.

La ecuación corregida seria:

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{X+K a+b} \quad (2)$$

K: coeficiente de temperatura por unidad de longitud.

a y b: longitudes de los hilos.

Por lo tanto, este tipo de montaje se utiliza cuando la lectura no necesita ser demasiado exacta.

1.1.1.1.4.2.2. Montaje a tres hilos

En este circuito la sonda está conectada mediante 3 hilos al Puente.

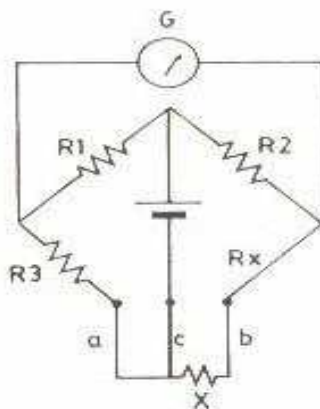


Figura 1.8-Montaje a 3 hilos

Ahora, la medida no es afectada por la longitud de los conductores ni por la temperatura, ya que esta influye a la vez en dos brazos adyacentes del puente, siendo la única condición que la resistencia de los hilos a y b sea exactamente la misma.

$$\frac{R_1}{R_3 + K_a} = \frac{R_2}{X + K_b} \quad (3)$$

Como $K_a = K_b$, haciendo $R_2/R_1 = 1$, R_3 puede ajustarse a un valor igual a X para que el galvanómetro no indique tensión.

Para una medición automática con este tipo de termómetro, se lleva a cabo mediante instrumentos autoequilibrados que utilizan un circuito de **puente de Wheastone**.

Para la medición automática de la resistencia y por lo tanto de la temperatura se lleva a cabo mediante instrumentos autocalibrados.

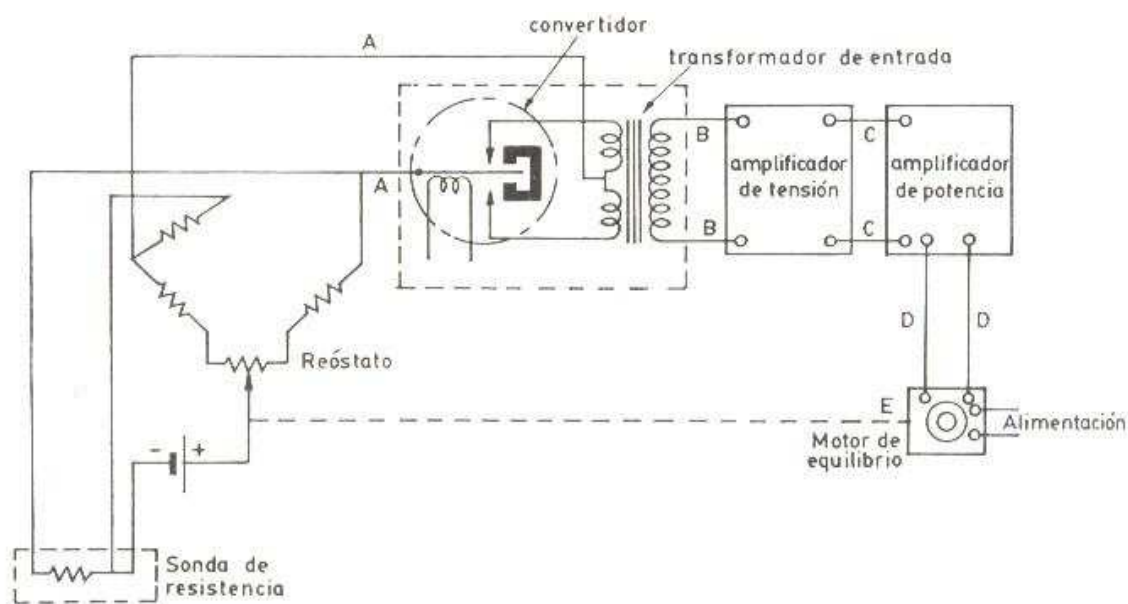


Figura 1.9-Puente de wheastone para sonda de resistencia

La sonda está conectada al puente mediante un circuito de 3 hilos. Si el puente está desequilibrado, la señal de error en forma de tensión continua que aparece en AA, es convertida a una tensión alterna BB y amplificada en tensión CC y potencia DD, para excitar el motor de equilibrio E.

Este mueve en la dirección adecuada para equilibrar el puente a través del brazo móvil del reóstato que al mismo tiempo acciona los mecanismos asociados de indicación, registro y control.

1.1.1.1.4.2.3. Montaje de 4 hilos

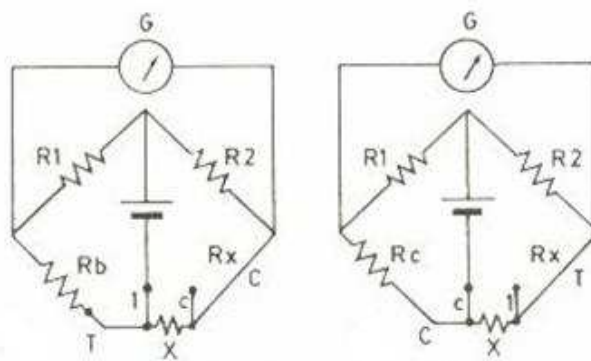


Figura 1.10- Montaje a 4 hilos

Se utiliza para obtener la mayor precisión posible en la medida (usado en laboratorios).

1.1.1.2. Sensores de nivel por flotador

1.1.1.2.1. Principio de funcionamiento

Consta de un flotador pendiente del techo del depósito por una barra a través de la cual transmite su movimiento a un ampolla de mercurio (la hace bascular) con un interruptor.

Si el nivel alcanza al flotador lo empuja en sentido ascendente, ascendiendo si la fuerza supera al peso del flotador. Este movimiento es transmitido por la barra y el interruptor cambia de posición.

La ampolla es de acero inoxidable no magnético y posee una señal del tipo todo-nada.

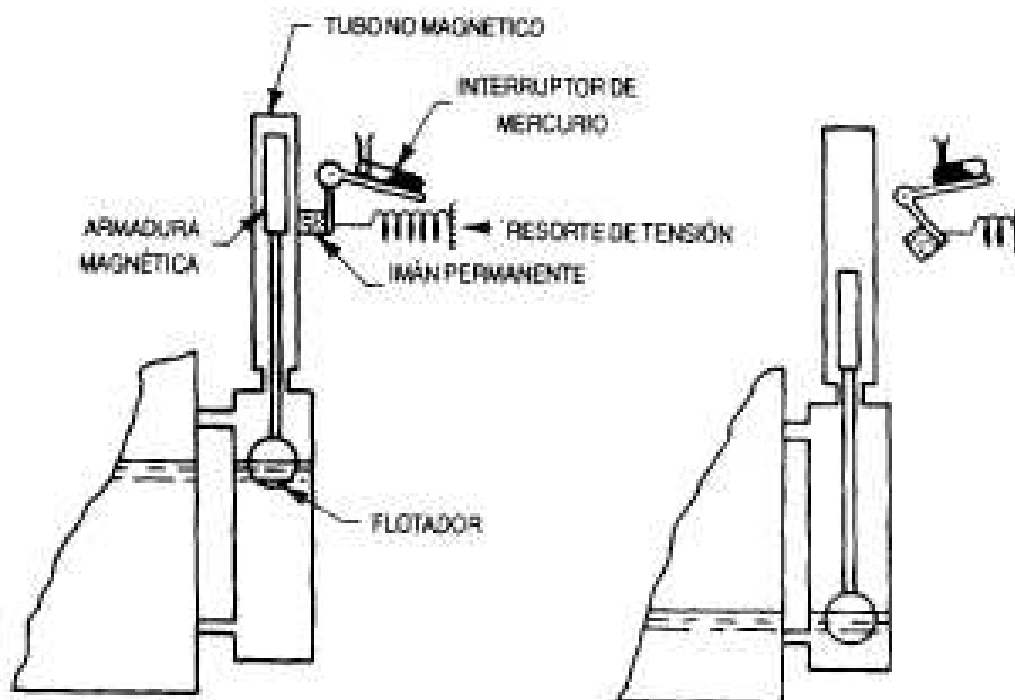


Figura 1.11-Sensor de tipo flotador

1.1.1.2.2. Ventajas

- Estos instrumentos tienen una precisión de 0.5%.
- Son adecuados en la detección de niveles en depósitos abiertos y cerrados.
- Son independientes del peso específico del fluido.

1.1.1.2.3. Desventajas

- El flotador es susceptible de engarrotamientos por eventuales depósitos de sólidos que el líquido pueda contener.

1.1.2. MICRO CONTROLADORES PIC'S

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los computadores PC, los microcontroladores son unidades autosuficientes y más económicas.

El funcionamiento de los microcontroladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los microcontroladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los microcontroladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores.

1.1.2.1. Características

Descripción de las características más representativas de los PIC:

1.1.2.1.1. Arquitectura

La arquitectura del procesador sigue el modelo Harvard. En esta arquitectura, la CPU se conecta de forma independiente y con buses distintos con la memoria de instrucciones y con la de datos.

La arquitectura Harvard permite a la CPU acceder simultáneamente a las dos memorias. Además, propicia numerosas ventajas al funcionamiento del sistema como se irán describiendo.

1.1.2.1.2. Segmentación

Se aplica la técnica de segmentación (“pipe-line”) en la ejecución de las instrucciones.

La segmentación permite al procesador realizar al mismo tiempo la ejecución de una instrucción y la búsqueda del código de la siguiente. De esta forma se puede ejecutar cada instrucción en un ciclo (un ciclo de instrucción equivale a cuatro ciclos de reloj).

Las instrucciones de salto ocupan dos ciclos al no conocer la dirección de la siguiente instrucción hasta que no se haya completado la de bifurcación.

1.1.2.1.3. Formato de las instrucciones

El formato de todas las instrucciones es de la misma longitud

Todas las instrucciones de los microcontroladores de la gama baja tienen una longitud de 12 bits. Las de la gama media tienen 14 bits y más las de la gama alta.

Esta característica es muy ventajosa en la optimización de la memoria de instrucciones y facilita enormemente la construcción de ensambladores y compiladores.

1.1.2.1.4. Juego de instrucciones

Procesador RISC (Computador de Juego de Instrucciones Reducido).

Los modelos de la gama baja disponen de un repertorio de 33 instrucciones, 35 los de la gama media y casi 60 los de la alta.

1.1.2.1.5. Todas las instrucciones son ortogonales

Cualquier instrucción puede manejar cualquier elemento de la arquitectura como fuente o como destino.

1.1.2.1.6. Arquitectura basada en un “banco de registros”

Esto significa que todos los objetos del sistema (puertas de E/S, temporizadores, posiciones de memoria, etc.) están implementados físicamente como registros.

1.1.2.1.7. Diversidad de modelos con prestaciones y recursos diferentes

La gran variedad de modelos de microcontroladores PIC permite que el usuario pueda seleccionar el más conveniente para su proyecto. Herramientas de soporte potentes y económicas

La empresa Microchip y otras que utilizan los PIC ponen a disposición de los usuarios numerosas herramientas para desarrollar hardware y software. Son muy abundantes los programadores, los simuladores software, los emuladores en tiempo real, Ensambladores, Compiladores C, Intérpretes y Compiladores BASIC, etc.

La arquitectura Harvard y la técnica de segmentación son los principales recursos en los que se apoya el elevado rendimiento que caracteriza estos dispositivos programables, mejorando dos características esenciales:

- a. Velocidad de ejecución.
- b. Eficiencia en la compactación del código.

1.1.2.2. Ventajas

- Sencillez de manejo: Tienen un juego de instrucciones reducido; 35 en la gama media.
- Buena información, fácil de conseguir y económica.
- Precio: Su coste es comparativamente inferior al de sus competidores.
- Poseen una elevada velocidad de funcionamiento. Buen promedio de parámetros: velocidad, consumo, tamaño, alimentación, código compacto, etc.
- Herramientas de desarrollo fáciles y baratas. Muchas herramientas software se pueden recoger libremente a través de Internet desde Microchip
- Existe una gran variedad de herramientas hardware que permiten grabar, depurar, borrar y comprobar el comportamiento de los PIC.
- Diseño rápido.
- La gran variedad de modelos de PIC permite elegir el que mejor responde a los requerimientos de la aplicación.
- Una de las razones del éxito de los PIC se basa en su utilización. Cuando se aprende a manejar uno de ellos, conociendo su arquitectura y su repertorio de instrucciones, es muy fácil emplear otro modelo.

1.1.3. RESISTENCIAS DE CALENTAMIENTO NIQUELINAS

1.1.3.1. Generalidades

Las resistencias de calentamiento niquelinas no son más que resistencias eléctricas usadas como fuentes de generación de calor para aumentar la temperatura de la sustancia, cuerpo o espacio deseado basándose netamente en el efecto Joule indicado a continuación.

1.1.3.2. Efecto joule

Este efecto indica que todo elemento posee resistencia eléctrica y este a su vez emitirá un grado de calor el cual dependerá de la característica del material así como de la intensidad de corriente circulante a través de él.

Dicho efecto esta corroborado por la siguiente ecuación:

$$Q = R \cdot I^2 \cdot t \cdot 0.24 \quad (4)$$

Donde:

Q: es el calor emitido por el circuito medido en calorías.

R: es la resistencia eléctrica del circuito medido en ohmios

I: la intensidad de corriente que fluye a través del circuito medida en amperios

t: es el tiempo medido

0.24: es el número de calorías por cada julio de energía

Un sistema que se basa en la generación de calor mediante Niquelinas o resistencias se fundamenta en el principio de que para que un material pueda conducir la corriente eléctrica deben existir en su interior cargas móviles capaces de conducir la electricidad. En los metales las cargas móviles son los electrones. El movimiento de estas cargas es al azar y en todas direcciones, generándose múltiples choques con los iones, pero no hay flujo de carga en ninguna dirección salvo que se aplique un campo eléctrico.

En los catálogos nos muestran las diferentes características que pueden tener las niquelinas, también es importante la capacidad calorífica que estas nos van a proveer para el sistema así también la longitud del dispositivo. Estos datos también los tenemos tabulados como se puede observar en las siguientes tablas:

Tabla 1.2: Características técnicas calefactor con tapón de acoplamiento en latón, forma “u” con doble vuelta

Modelo	L en mm	Rosca tapón pulgadas Gas	Wattios	W/cm ²	Material tubo
OV001	140	1-1/4"	600	7,1	Inox
OV003	170	1-1/4"	800	7	Inox
OV003C	170	1-1/4"	800	7	Cu
OV105	235	1-1/4"	400	2,2	Inox
OV005	235	1-1/4"	1200	6,7	Inox
OV005C	235	1-1/4"	1200	6,7	Cu
OV107	345	1-1/4"	900	3,1	Inox
OV007	345	1-1/4"	1800	6,3	Inox
OV007C	345	1-1/4"	1800	6,3	Cu
OV009	445	1-1/4"	2400	6,2	Inox
OV009C	445	1-1/4"	2400	6,2	Cu
OV111	505	1-1/4"	1000	2,2	Inox
OV211	505	1-1/4"	1500	3,4	Inox
OV011	505	1-1/4"	3000	6,7	Inox
OV011C	505	1-1/4"	3000	6,7	Cu



Tabla 1.3: Características técnicas calefactor con tapón de acoplamiento en latón, forma “u” con triple vuelta

Modelo	L en mm	Rosca tapón pulgadas Gas	Wattios	W/cm ²	Material tubo
T001	150	1-1/4"	750	5	Inox
T003	200	1-1/4"	1000	4,4	Inox
T005	250	1-1/4"	1500	5,7	Inox
T007	350	1-1/4"	2000	4,5	Inox
T108	250	2"	2000	4,9	Inox
T009	450	1-1/4"	2500	4,2	Inox
T011	550	1-1/4"	3000	4	Inox



1.1.3.3. Cálculo de la cantidad de calor que se requiere para cambiar de temperatura a una sustancia

Cuando se considera realizar el calentamiento eléctrico de un fluido o cuerpo se debe partir de la base de que 1 KWh =1000 Wh, puede suministrarnos una cantidad de calorías igual a 860000 cal. = 860Kcal

Así mismo para realizar el cálculo del calor necesario para un determinado cuerpo usamos la siguiente ecuación:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (5)$$

Donde

Q: calor a calcular

c: calor específico de cada fluido

ΔT : es la variación de temperatura

A continuación tenemos la tabla de calores específicos para diferentes tipos de sustancias

Tabla 1.4: Calor específico para diferentes sustancias a 25 °C

SUSTANCIA	cal/g °C	J/kg K
Aire	0,24	1.010
Aluminio	0,22	900
Alcohol etílico	0,59	2.450
Oro	0,03	130
Granito	0,19	800
Hierro	0,11	450
Aceite de oliva	0,47	2.000
Plata	0,06	240
Acero inoxidable	0,12	510
Agua (líquida)	1,00	4.180
Madera	0,42	1.760

Respecto al agua se sabe que un gramo de agua necesita una caloría para elevar su temperatura un grado centígrado.

1.1.4. ELECTROVÁLVULAS

1.1.4.1. Introducción

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.

1.1.4.2. Partes principales

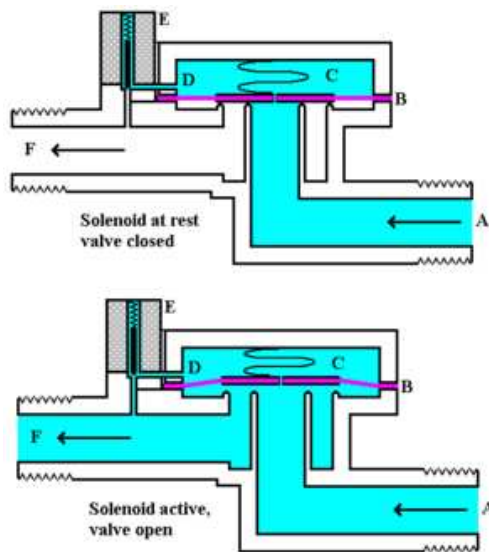


Figura 1.12- Constitución interna y partes de la electroválvula

A-Entrada

B-Diafragma

C-Cámara de presión

D-Conducto de vaciado de presión

E-Solenoides

F- Salida.

1.1.4.3. Funcionamiento

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

El gráfico adjunto muestra el funcionamiento de este tipo de válvula. En la parte superior vemos la válvula cerrada. El agua bajo presión entra por **A**. **B** es un diafragma elástico y tiene encima un muelle que le empuja hacia abajo con fuerza débil. La función de este muelle no interesa por ahora y se ignorará ya que la válvula no depende de él para mantenerse cerrada. El diafragma tiene un diminuto orificio en el centro que permite el paso de un pequeño flujo de agua. Esto hace que el agua llene la cavidad **C** y que la presión sea igual en ambos

lados del diafragma. Mientras que la presión es igual a ambos lados, se ve que actúa en más superficie por el lado de arriba que por el de abajo por lo que presiona hacia abajo sellando la entrada. Cuanto mayor sea la presión de entrada, mayor será la fuerza con que cierra la válvula.

Ahora se estudia el conducto **D**. Hasta ahora estaba bloqueado por el núcleo del solenoide **E** al que un muelle empuja hacia abajo. Si se activa el solenoide, el núcleo sube y permite pasar el agua desde la cavidad **C** hacia la salida con lo cual disminuye la presión en C y el diafragma se levanta permitiendo el paso directo de agua desde la entrada **A** a la salida **F** de la válvula. Esta es la situación representada en la parte inferior de la figura 1.12.

Si se vuelve a desactivar el solenoide se vuelve a bloquear el conducto **D** y el muelle situado sobre el diafragma necesita muy poca fuerza para que vuelva a bajar ya que la fuerza principal la hace el propio fluido en la cavidad **C**.

De esta explicación se deduce que este tipo de válvula depende para su funcionamiento de que haya mayor presión a la entrada que a la salida y que si se invierte esta situación entonces la válvula abre sin que el solenoide pueda controlarla.

1.1.4.4. Clases de electroválvulas

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas bistables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser:

Cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser:

Abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.

1.1.4.5. Aplicaciones

Este tipo de válvulas se utilizan muy comúnmente en lavadoras, lavaplatos, riegos y otros usos similares.

Un caso especialmente interesante del uso de estas válvulas es en los calentadores de agua de depósito. En los calentadores de agua de demanda, el agua se calienta según va pasando por el calentador en el momento del consumo y es la propia presión del agua la que abre la válvula del gas pero en los calentadores de depósito esto no es posible ya que el agua se calienta mientras está almacenada en un depósito y no hay circulación. Para evitar la necesidad de suministrar energía eléctrica la válvula del gas es una válvula de este tipo con la válvula piloto controlada por un diminuto solenoide al que suministra energía un termopar bimetálico que saca energía del calor del agua.

Las electroválvulas también se usan mucho en la industria para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

CAPÍTULO 2

2.1. ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS INMERSOS EN EL PROYECTO

2.1.1. LAVADORAS

2.1.1.1. Introducción

La lavadora automática es el aparato doméstico más presente en los hogares, junto al frigorífico y el televisor. En general todas las lavadoras, independientemente de su modelo y marca, tienen un funcionamiento similar.

Estos aparatos electrodomésticos muy usados en la actualidad, cuya función es el lavado de la ropa, empleando para este efecto agua con detergente, y agitando esta mezcla constantemente. En muchos casos puede considerársele como un electrodoméstico complejo, ya que existen en el mercado algunos modelos que realizan operaciones de lavado, enjuagado y escurrido de la ropa.

Una lavadora semi-industrial moderna automática tiene una capacidad de lavado de hasta 17 kilogramos de ropa por carga, pero en las lavanderías públicas existen modelos más grandes cuyas capacidades de carga de ropa son mayores.



Figura 2.1- Lavadora semi-industrial automática

2.1.1.2. Análisis anatómico

La lavadora está formada por un tambor en el cual se introduce la ropa y gira mediante una conexión a un motor, en ocasiones directamente y otras mediante una correa y poleas. Tiene ciertos conductos por donde el agua corre pasando por diversos cambios de temperatura, mezcla de detergentes, etc.

El conjunto de motor, tambor y eje se encuentra dentro de una carcasa que es lo que podemos ver desde el exterior. Esta carcasa dispone de un acceso para la ropa que puede estar situado frontalmente o en la parte superior, el primer caso es más normal debido a que es más fácil realizar el acoplamiento entre el tambor y el motor en esta posición.

2.1.1.3. Partes constitutivas

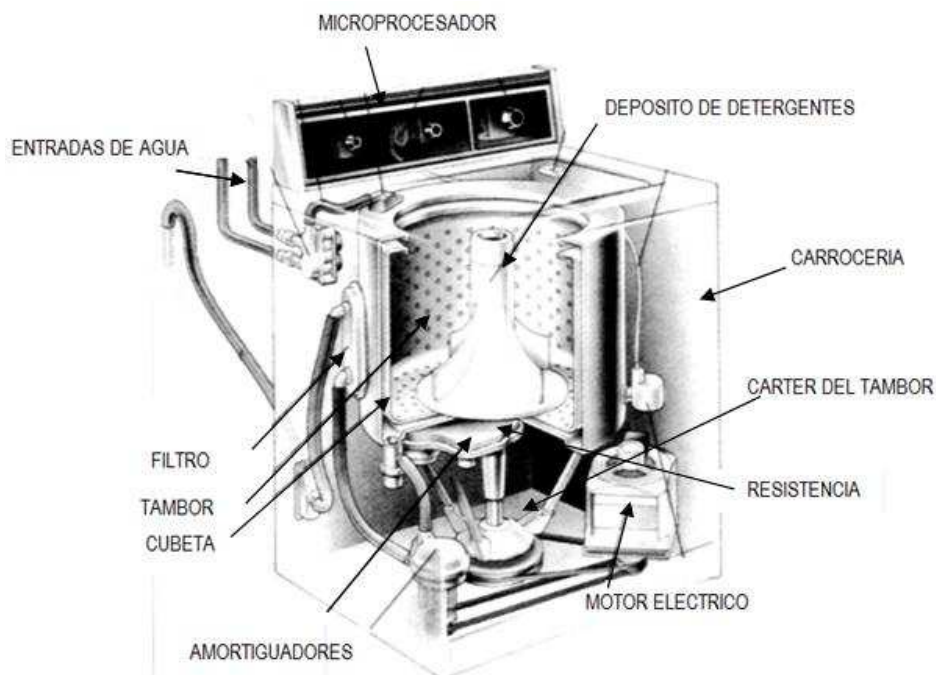


Figura 2.2-Partes constitutivas de la lavadora

2.1.1.3.1. Motor eléctrico

Puede estar situada en la parte inferior de la caja, o bien en centrado en la parte trasera.

El motor recibe energía eléctrica por una entrada de corriente gobernada por un conmutador que proviene de un enchufe y es regido por el microprocesador.

FUNCION: transmite movimiento al tambor para que éste gire.

2.1.1.3.2. *Microprocesador*

Contiene toda la información programada para controlar el funcionamiento de las distintas operaciones de lavado. Generalmente está situado en la parte superior del lateral derecho de la carrocería. De él sale una línea de mando que se une por debajo con la línea de electricidad hasta el conmutador y hasta el motor decidiendo así la velocidad de éste.

FUNCION: controla el funcionamiento de las distintas opciones de lavado.

2.1.1.3.3. *Tambor*

Es aquí donde se introduce la ropa. Es un cilindro de metal con numerosos agujeros para que fluya el agua, muy pequeña para evitar que la ropa se salga por ellos. Es totalmente hueco. En realidad no es cilíndrico ya que de base a base tiene triángulos rebajados en sus puntas para que la ropa gire mejor con el tambor.

En las lavadoras de carga frontal, le falta una de sus bases al cilindro ya que es colocada la puerta. En la descarga superior, el cilindro tiene una apertura que se puede abrir y cerrar con ayuda de unas pequeñas bisagras.

El tambor está unido con poleas que atraviesan una cubeta y que conectan con el motor mediante una correa o directamente.

FUNCION: hace posible la mezcla entre la ropa, el agua y el detergente.

2.1.1.3.4. *Cubeta*

Es un cilindro que rodea al tambor y está perforado igual que este, según el tipo de carga de la lavadora. Lógicamente es de mayor tamaño que el tambor.

FUNCION: protege y sostiene al tambor, hace posibles los cambios de agua y de temperatura.

2.1.1.3.5. *Carter del tambor*

Es una pieza con forma de escuadra que sujeta el eje del tambor la cubeta a los laterales de la caja. En su base se encuentran los amortiguadores.

FUNCION: sujeta la cubeta y amortigua las vibraciones del tambor.

2.1.1.3.6. *Amortiguadores*

Son unos muelles que soportan el peso de la cubeta y el tambor. Permiten reducir el sonido y el movimiento o balanceo de la lavadora.

FUNCION: sujetan el peso del tambor y amortiguan las vibraciones del mismo.

2.1.1.3.7. *Resistencia (opcional)*

Esta dispuesto en el espacio que hay entre la cubeta y el tambor, en ocasiones en un depósito condensador.

FUNCION: se encarga de calentar el agua tanto como se lo indique el microprocesador, esto se da solo en las lavadoras que poseen dicha resistencia.

2.1.1.3.8. *Entradas de agua*

Son tuberías de agua caliente y fría que conducen hasta un depósito donde se encuentra la resistencia gobernada por el microprocesador que pone el agua a la temperatura deseada.

FUNCION: transportan el agua limpia al interior y la evacua cuando esta usada.

2.1.1.3.9. Filtro

Se encuentra situado en el tubo de desagüe y se encarga de retener objetos que puedan obstruir los conductos. Suele ser extraíble.

FUNCION: evita que el conducto del desagüe se obstruya.

2.1.1.3.10. Depósitos de detergentes

Suele encontrarse en la parte superior izquierda de la lavadora. Tiene varios compartimentos para los diferentes detergentes, suavizantes, etc.

2.1.1.3.11. Correa (opcional)

Se encarga de conectar el tambor con el motor cuando no lo hacen directamente.

FUNCION: transmite el movimiento del motor a la polea que gira solidariamente al tambor.

2.1.1.3.12. Carrocería

Es la parte exterior, normalmente cuadrada. Tiene unas medidas aproximadas de:

Ancho: 600mm

Altura: 850mm

Profundidad: 525mm

La tapa superior normalmente es desmontable, quitándola se reduce la altura unos 20mm.

FUNCION: proteger las piezas del interior y evitar que se ensucien. También tiene una finalidad estética.

2.1.1.4. Principio de funcionamiento

El principio de funcionamiento de cualquier lavadora es el giro que se provoca sobre un recipiente, normalmente cilíndrico, dentro del cual se mezcla agua, detergente y ropa sucia. Este movimiento provocará a la vez la mezcla del detergente con la suciedad y el movimiento relativo entre el agua y la ropa, con lo que se desarrolla el proceso de limpieza.

El movimiento es provocado por un motor eléctrico que está unido mediante un eje al tambor. En las lavadoras automáticas hay un programador que permite que la lavadora realice distintos procesos de lavado según se seleccione, con distintas velocidades de giro, tiempos que permanece girando o temperatura deseada.

En los modelos más corrientes de lavadora automática el programador es un dispositivo electromagnético de forma cilíndrica que tiene una serie de posiciones señaladas. Cuando seleccionamos un programa, el mando comienza a girar dependiendo de las señales que recibe de una serie de sensores, como pueden ser los de control de temperatura o nivel de agua.

Conforme se produce este giro una serie de contactos se van produciendo entre el programador, el motor de la lavadora y las válvulas de entrada y salida del agua, a partir de estos contactos y las señales que mandan los sensores anteriormente citados se desarrollan los programas de lavado. En los últimos modelos, estos dispositivos electromagnéticos se sustituyen por un microprocesador que controla todo el proceso y por sensores electrónicos más seguros y fiables que los electromecánicos.

2.1.1.5. Ciclos de funcionamiento de la lavadora

Se definen cuatro operaciones en el funcionamiento de una lavadora de ropa:

- Ciclo de llenado
- Ciclo de lavado
- Ciclo de drenaje
- Ciclo de Enjuague

2.1.1.5.1. *Ciclo de llenado*

Los principales elementos que forman parte del ciclo de llenado son las mangueras de entrada, las mangueras de llenar, la mezcladora de entrada, de agua, las electroválvulas.

Un elemento importante en la lavadora es el sifón que ayuda a que no haya un sobrellenado, este dispositivo entra en juego, por ejemplo cuando no funciona el sensor de nivel, o cuando sube el nivel del agua por acción del centrifugado, ofreciendo al agua un camino de desfogue, no permitiendo así que el agua salga a través de la tapa, su ubicación es en el borde superior del tanque de lavado.

Para que la máquina arranque, se selecciona primero un programa de ciclos, el tiempo de lavado y la temperatura del agua. Luego presionando el botón del medidor de tiempo se echa a andar el motor de éste y completa un circuito a través del interruptor selector de temperatura del agua y la válvula mezcladora de entrada de agua. El interruptor de temperatura regula la cantidad de agua fría y caliente que pasa a través de la válvula de mezcla de entrada de agua. Una vez que la válvula mezcladora está abierta, el agua fluye en la tina procedente de las válvulas de agua fría y caliente que están fijadas al sistema de plomería de la casa. Desde aquí, el agua llena el tambor y la cubeta perforada que contiene la ropa sucia y el detergente.

Según el nivel del agua sube, sube la fuerza en la bóveda de presión de aire montada en el lado del tambor.

Un tubo conectado a la bóveda de presión de aire, lleva el aire a presión al interruptor de nivel de agua en la consola. Cuando la presión de aire llega a un punto que corresponde al ajuste del nivel de agua en el control, el interruptor, cierra el flujo de agua a través de la válvula de mezcla de entrada de agua.

2.1.1.5.2. *Ciclo de lavado*

Inmediatamente, el medidor de tiempo da la señal al motor de la lavadora. El motor está conectado al agitador y al cesto a través de una serie de engranajes, muelles, levas y ejes que integran la transmisión.

Aunque el diseño de la transmisión varía y ha evolucionado a través de los años, la función de este conjunto es la misma: el convertir el movimiento rotatorio del eje en un movimiento de atrás hacia delante del agitador y, en el momento apropiado, parar la agitación y acoplar la cesta para el ciclo de girar.

En la fase de lavado, las aletas del agitador hacen que el agua y el detergente pasen a través de la ropa para remover la suciedad. Según la suciedad se va soltando de la ropa, va quedando suspendida en el agua.

Al mismo tiempo que comienza la agitación, se activa la bomba de agua.

La bomba hace circular el agua por la parte de abajo y de arriba de la tina, y guía el agua a través del filtro donde se adhieren las hilachas y otras partículas.

2.1.1.5.3. *Ciclo de drenaje*

Cuando se termina el ciclo de lavado, el motor se detiene momentáneamente, y entonces comienza a la inversa. En este punto, el agitador se desacopla y la bomba mueve el agua en dirección contraria, limpiando el filtro y enviando el agua sucia a la manguera de drenaje.

Una vez que la bomba ha removido la mayoría del agua, el medidor de tiempo avanza al ciclo de girar. La transmisión ahora conecta al motor a ambos, al agitador y a la cesta, pero desconecta los engranajes de control de agitación. Según la cesta de agitación aumenta su velocidad, las fuerzas centrífugas mueven el agua hacia fuera de la ropa y a través de las perforaciones de la cesta a la tina donde es bombeada hacia el drenaje. Como una medida de seguridad, las lavadoras tienen un interruptor dentro de la tapa que desconecta el motor si la

tapa es abierta durante el ciclo de girar. En este punto, la bomba de agua funciona como una bomba de recirculación permitiendo que el agua salga del tanque y vuelva a entrar en él.

2.1.1.5.4. Ciclo de enjuague

Cuando se termina el ciclo de girar, el medidor de tiempo avanza al ciclo de enjuague. Durante esta fase, la tina se llena nuevamente con agua al nivel y temperatura predeterminados. El medidor de tiempo comienza entonces otro ciclo de agitación corto para remover cualquier suciedad y detergente que se queden impregnados en la ropa.

Después de la agitación, el medidor de tiempo drena la tina o tanque, da señales al motor y a la transmisión para comenzar un ciclo de girar de alta velocidad que remueve la mayoría del agua de la ropa.

Durante el ciclo final de girar, el medidor de tiempo abre y cierra interruptores que controlan la válvula mezcladora de entrada de agua.

Esto envía golpes de agua al cesto para hacer lo que se llama enjuague de rociado. El enjuague de rociado ayuda a remover cualquier suciedad y detergente que quede en la ropa. Cuando el ciclo final termina, el medidor de tiempo detiene el motor y se apaga a sí mismo.

2.1.1.6. Importancia y ventajas del lavado en caliente

El motor de lavado-centrifugado tiene doble devanado, uno para cada una de estas dos operaciones. Durante el lavado son inferiores las revoluciones por minuto (rpm). La velocidad de rotación y el consumo se multiplican en el ciclo de enjuague. Un condensador se encarga de invertir cuando es necesario el sentido de giro del motor. A mayor número de revoluciones más seca saldrá la ropa del tambor. Las velocidades de centrifugado pueden oscilar entre 400 y 1.600 rpm. Además del selector de programas hay otro de temperatura. Así, lo normal es que

la temperatura no esté acoplada al programa sino que pueda elegirse de manera independiente.

Es elemental elegir la temperatura adecuada. Si se selecciona una temperatura demasiado elevada, las prendas pueden estropearse; si por el contrario se elige una demasiado baja, la ropa no quedará limpia.

Es por esto que radica la importancia de poseer agua temperada para realizar el lavado, ya que esto permitirá obtener una mayor calidad de lavado además de un ahorro significativo en tiempo de lavado.

La capacidad se mide según los kilos de ropa que la lavadora puede lavar. Existen en el mercado modelos con capacidades que oscilan entre 5, 6 y los 7 kilos.

Estos aparatos son cada vez más sofisticados, inteligentes y silenciosos. Incluyen algunas otras funciones como, por ejemplo, la regulación de velocidad del centrifugado, el ahorro de agua y energía en casos de poca carga, un temporizador que permite programar el lavado con varias horas de antelación, etc., pero en esencia todos los modelos son muy similares.

Algunas de estas máquinas son capaces de ordenar automáticamente los parámetros de lavado simplemente con meter la ropa en el tambor.

2.1.1.7. Normas de conservación de las lavadoras

2.1.1.7.1. Limpieza antical

En los sitios en los cuales el agua contenga mucha cal, es bueno usar junto con el detergente unos productos específicos para evitar que ésta se vaya quedando acumulada en la resistencia y en el tambor.

2.1.1.7.2. Limpieza del filtro

Limpiar el filtro periódicamente para evitar atascamientos

De ser necesario realizar un chequeo periódico con un técnico especializado

2.1.1.7.3. Lavado sin ropa

Es bueno para limpiar la lavadora por dentro, se debe hacer con cierta frecuencia, una o dos veces al año.

2.1.1.7.4. Secar el interior

Después de cada lavado se recomienda dejar la puerta abierta para que con el aire se seque el interior.

2.1.1.7.5. Limpieza del depósito de los detergentes

Se aconseja lavarla con agua caliente.

Para mejor conservación usar detergente en líquido.

2.1.1.8. Normas de manejo

- Introducir el detergente en el depósito correspondiente.
- Se aconseja utilizar jabones no espumadores y en caso de que el agua sea muy dura un poco de suavizante.
- Abrir la puerta
- Clasificación de la ropa: los diferentes tipos de tejidos o colores deberán ser lavados por separado con un programa específico.
- Elegir el programa
- Introducir la ropa dentro del tambor.
- Cerrar la puerta.
- Pulsar el botón de apagado/encendido.

- Al acabar el lavado volver a pulsar el botón anterior.

2.1.1.9. Márgenes de trabajo

2.1.1.9.1. Colocación

Después de haber situado la máquina en el lugar correspondiente se debe nivelar atornillando más o menos los pies. Si la nivelación no es correcta la máquina no será estable y será más ruidosa con probabilidad de que sufra desperfectos.

2.1.1.9.2. Lugar

No debe colocarse en lugares excesivamente húmedos. La humedad produce corrosión en la chapa y puede picar las conducciones. Puede ser peligroso para el sistema eléctrico.

2.1.1.9.3. Instalación eléctrica

El enchufe al que se acople debe tener toma de tierra. se debe dejar una distancia prudencial y legal entre la toma y el desagüe. La corriente de electricidad no debe superar las máximas estipuladas.

2.1.1.9.4. Altura del desagüe

Debe de estar dentro de unas medidas para evitar que la bomba pierda efectividad, deben estar entre los 70–110cm.

2.1.2. CALENTADORES DE AGUA

2.1.2.1. Introducción

Se trata de un dispositivo termodinámico que utiliza energía para elevar la temperatura del agua. Entre los usos domésticos y comerciales del agua caliente están la limpieza, las duchas, para cocinar o la calefacción. A nivel industrial los usos son muy variados tanto para el agua caliente como para el vapor de agua.

Entre los combustibles utilizados se encuentran el gas natural, gas propano (GLP), querosén y el carbón, aunque también se usan la electricidad, la energía

solar, bombas de calor (compresor) de refrigeradores o de acondicionadores de aire, calor reciclado de aguas residuales (no aguas negras) y hasta energía geotérmica. En el caso de las aguas calentadas con energías alternativas o recicladas, éstas usualmente se combinan con energías tradicionales.

2.1.2.2. Tipos

Los tipos de calentadores de agua más conocidos son:

- calentador de punto
- calentador de paso
- caldera
- calentador de acumulación

El tipo de calentador y el tipo de combustible a seleccionar depende de muchos factores como la temperatura del agua que se desea alcanzar, disponibilidad local del combustible, costo de mantenimiento, costo del combustible, espacio físico utilizable, caudal instantáneo requerido, clima local, y costo del calentador.

2.1.2.2.1. Calentadores de punto

Estos calentadores son unidades muy pequeñas instaladas a poca distancia del lugar donde se requiere el agua caliente. Son alimentados con electricidad y se activan automáticamente por flujo o manualmente con un interruptor. Su uso se reduce a unas pocas aplicaciones comerciales o domésticas.

Tienen un reducido consumo eléctrico van desde 1500 W a 5000 W. Solo tienen un uso práctico en países de clima templado, dada su baja capacidad de calentamiento.

Podemos encontrar ejemplos de su uso instalados directamente a lavamanos o duchas (regaderas) de punto, comunes en viviendas económicas en países de clima templado.

2.1.2.2.2. *Calentadores de paso*

También llamados calentadores instantáneos o calentadores de flujo son también de reducido tamaño en los modelos eléctricos y algo más grandes en los modelos de gas natural o GLP. Son unidades que están apagadas, sin consumir energía, un sensor de flujo se activa cuando detectan circulación de agua e inician su procedimiento de calentamiento. Los modelos eléctricos van desde los 8.000 W (1,91 kcalorías/s) hasta los 22.000 W (5,26 kcalorías/s). Los modelos de gas pueden alcanzar las 8 kcal/s como es el caso de un calentador de 18 L/min. Los modelos eléctricos están equipados con resistencias calentadoras de inmersión y los de gas encienden una llama que calienta un intercambiador de calor por donde circula el agua.

Los modelos más avanzados están equipados con controles electrónicos de temperatura y caudalímetros. De esta manera el usuario puede seleccionar la temperatura que desea en grados. El controlador electrónico mide el flujo de agua que está circulando, la temperatura de entrada, y gradúa la potencia que aplicarán las resistencias de calentamiento en el caso de los modelos eléctricos o el tamaño de la llama en los modelos a gas.



Figura 2.3- Calentador de paso eléctrico.

Los modelos eléctricos pueden aplicar el 99% de la energía consumida al agua, mientras que los modelos a gas alcanzan entre un 80% y un 90% de eficiencia. En el caso de los calentadores a gas la energía no utilizada se libera en forma de aire caliente.

Los modelos eléctricos pueden instalarse en lugares cerrados pues no requieren ventilación, en cambio los de gas deben instalarse en lugares ventilados o, si se instalan en lugares cerrados, deben dirigir los gases que expelen a través de un ducto de ventilación al exterior.

Los calentadores eléctricos tienen ventajas de ahorro de espacio, ahorro de energía y agua caliente ilimitada pero sólo son prácticos en países de clima templado o caliente dada su baja capacidad de calentamiento a grandes flujos de agua, o si la temperatura inicial del agua es muy baja.

Para seleccionar la potencia de un calentador de paso se debe conocer la cantidad de agua que se necesita calentar y a qué temperatura se desea elevar.

2.1.2.2.3. *Calderas*

Las calderas son sin duda los sistemas más eficientes para calentar y proveer agua caliente, manteniendo una temperatura constante sin importar el uso. Un sistema de caldera bien equilibrado puede proveer agua caliente para calefacción y para uso directo simultáneamente. Las calderas proveen vapor para usos comerciales e industriales de manera segura y eficiente.

Existen varios tipos de calderas pero en su concepto básico son envases de metal (cobre, acero inoxidable o hierro colado) por donde circula el agua. Este envase es atravesado por barras calientes. El combustible para calentar estas barras puede ser gas, combustible fósil, madera, fisión nuclear o incluso resistencias calentadoras si es eléctrico. El agua circula, en algunos casos por medio de una bomba de agua a través de tuberías que recorren los lugares donde se requiera el agua caliente o vapor. El agua no utilizada regresa a la caldera para reiniciar el

ciclo. Un sistema de nivel mide el faltante de agua y la agrega en caso de ser necesario.

Para las viviendas solo se justifica el uso de calderas en países de climas con cuatro estaciones muy marcadas, donde el invierno requiera calefacción por varios meses al año. En cambio para determinados usos comerciales, por ejemplo en hostelería, son casi indispensables.



Figura 2.4- Caldera de gas.

2.1.2.2.4. *Calentadores de acumulación*

Estos calentadores son los más económicos de explotación; poseen un tanque donde acumulan el agua y la calientan hasta alcanzar una temperatura seleccionada en su termostato. La capacidad de su depósito es muy variable y va desde los 15 litros hasta modelos de 1000 L. Utilizan como energía gas natural, gas propano (GLP), electricidad, carbón, luz solar, madera o kerosén. Para la selección del tamaño se debe considerar la cantidad de agua caliente que se pueda requerir en determinado momento, la temperatura de entrada del agua y el espacio utilizable.

Estos calentadores tienen la ventaja de suministrar agua caliente a temperatura constante por tantos litros como casi la totalidad de depósito. Además admite que

se abran varios grifos a la vez sin que se vea afectada la temperatura del agua que surte lo que no ocurre en los calentadores instantáneos. Su desventaja está en el tamaño de su depósito si está mal elegido, pues si se agotase el agua caliente acumulada puede pasar un rato largo antes de que se recupere la temperatura, lo cual depende también de la energía utilizada.

Al momento de escoger un modelo de acumulador se debe tener en cuenta el tipo y calidad de aislamiento térmico que posee. Si se selecciona un modelo económico puede pagarse ese ahorro después en la cuenta de electricidad o gas, ya que un aislamiento deficiente permite que se escape el calor del agua al ambiente, obligando al calentador a gastar más energía para volver a recuperar la temperatura.



Figura 2.5- Calentador de tanque eléctrico.

2.1.2.3. Costos

2.1.2.3.1. Combustibles

A la larga, el mayor costo asociado al calentamiento de agua es el combustible, más que el costo del equipo y su instalación. El calentador de agua y su instalación lo pagamos una sola vez, mientras que con el combustible lo hacemos todos los meses.

Siendo el gas natural el más económico, es la opción lógica en la mayoría de los países. Pero el gas natural no está siempre disponible, sobre todo en lugares apartados. La segunda opción es el gas propano o GLP. Está de parte de nosotros hacer trabajos de investigación para saber que combustibles hay disponibles en la zona y cuales ofrecen mejores opciones de ahorro.

2.1.2.4. Aislamientos

Los aislamientos térmicos de buena calidad son costosos, pero se pagan con el ahorro de energía. Hay dos cosas en las que debemos cuidar el aislamiento: el calentador y las tuberías de agua caliente. Si se trata de un calentador de tanque o caldera el aislamiento evita que se pierda calor con el ambiente. A mayor pérdida de calor mayor será el consumo de combustible. De igual manera las tuberías de agua caliente pierden calor con el ambiente, siendo las tuberías de cobre las que desperdician mayor cantidad de calorías. En el caso de las calderas el aislamiento de las tuberías es obligatorio.

En referencia a los calentadores de paso, aunque estos no requieren aislamiento térmico, el aislar las tuberías si mejora el ahorro de energía.

En el caso de los calentadores de paso otra opción muy empleada es evitar un solo calentador grande para cubrir todos los usos y en cambio colocar varios calentadores de paso cerca de los puntos de uso. Así se elimina el desperdicio de energía en largos tramos de tubería haciendo más eficiente el consumo de agua caliente.

2.1.2.5. Mantenimiento

El mantenimiento interno de un calentador está asociado a la calidad de agua que estemos calentando. Aguas con altos contenidos de sales de calcio o magnesio (aguas duras) tienden a obstruir las tuberías de agua caliente con mayor regularidad que las de agua fría. El mantenimiento preventivo está asociado a descalcificadores o suavizadores de agua.

Los calentadores de tanque o calderas adicionalmente requieren el vaciado y limpieza de los tanques para extraer los sedimentos acumulados en su interior. La frecuencia de esta limpieza depende de la cantidad de sólidos que contenga el agua que calentamos.

Los calentadores de tanque hechos de hierro galvanizado tienden a oxidarse y corroerse. Para evitar esto y alargar la vida de los tanques algunos equipos tienen un ánodo de sacrificio de magnesio o aluminio. El estado de este ánodo debe revisarse como parte del mantenimiento anual.

Para el caso de los calentadores de gas, la limpieza y revisión del intercambiador de calor se recomienda una vez al año. Las impurezas del gas natural (aceite o petróleo) pueden obstruir el radiador.

La revisión de los sistemas de seguridad por personal especializado debe estar incluida dentro del mantenimiento que se haga el equipo.

2.1.2.6. Seguridad

Aunque calentar agua lo vemos como un proceso normal y nada peligroso, en realidad sí lo es. El agua al pasar los 100 °C se convierte en vapor, al pasar del estado líquido al gaseoso se expande y requiere más espacio aumentando la presión del envase donde esté contenida.



Figura 2.6- Válvula de alivio de presión.

Termostato de seguridad con reinicio manual. Si se calienta agua dentro de un envase herméticamente cerrado, cuando el agua supere los 100 °C, éste explotará.

Aunque bajo condiciones normales es muy difícil que un calentador de agua explote, es un hecho que ha pasado antes. Para evitar esto, los calentadores tienen un sistema de control de temperatura y otro de seguridad.

El sistema de control consiste en un termostato que apaga y enciende el calentador a determinadas temperaturas del agua. Los sistemas más avanzados tienen un sistema de control electrónico, en lugar del termostato, que regula la potencia aplicada al agua.

El sistema de seguridad consiste en una válvula de alivio de presión y un segundo termostato en algunos casos.

La válvula de alivio libera la presión permitiendo que el agua o el vapor salgan del tanque si la presión interna aumenta de manera peligrosa.

En los calentadores con un segundo termostato de seguridad dicho termostato está graduado para que se dispare a una temperatura superior al termostato de control. De esta manera si el termostato de control falla entonces se disparará el termostato de seguridad para evitar que la temperatura se eleve por encima de los 100 °C. Una vez que se dispara el termostato de seguridad el calentador no volverá a funcionar hasta que se le reinicie de manera manual, de esta manera nos veremos obligados a cambiar o reparar el termostato de control.

CAPÍTULO 3

3.1. CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE MECANICA

3.1.1. CALENTADOR DE AGUA

3.1.1.1. Generalidades

Para la realización del proyecto se optó por realizar el calentador de acumulación esto debido a un profundo análisis realizado, y tomando en cuenta las necesidades específicas del proyecto como por ejemplo.

- Volumen de agua a calentar
- Facilidad de construcción
- Cantidad de energía demandada
- Aislamiento térmico
- Eficiencia
- Temperatura máxima de calentamiento
- Tiempo de calentamiento
- Ahorro de energía
- Facilidad de control

3.1.1.2. Dimensionamiento de los tanques de agua fría y caliente

Este punto se realizó tomando encuentra el punto más crítico del proyecto es decir el que cada una de las lavadoras requiera la cantidad completa de agua.

Teniendo claro que esta situación difícilmente se llevara a cabo ya que como se vio en el capítulo 2 todas las lavadoras poseen sensor de calor el cual permite el ingreso adecuado del agua a una temperatura moderada y alternada entre la fría y la caliente.

Sin embargo siguiente puntos específicos de calidad y eficiencia se dimensionó dicho tanque tomando en cuenta los siguientes parámetros.

Cantidad requerida de agua por lavadora=CL

Numero de lavadoras=#L

Cantidad máxima del tanque de almacenamiento=Cmax

Porcentaje de seguridad=%S

$$C_{\text{máx}} = CL \cdot \#L + \%S$$

$$C_{\text{máx}} = 65 \cdot 3 + \%S$$

$$C_{\text{máx}} = 195 + \%S$$

$$\%S = \frac{195 \cdot 5}{100} = 9.75$$

$$C_{\text{máx}} = 195 + 9.75$$

$$C_{\text{máx}} = 204.75 \text{ LITROS}$$

Basándose en el parámetro encontrado el tanque a usar será de 205 litros de capacidad para el reservorio de agua caliente.

En vista de lo antes expuesto tomando en cuenta el punto crítico el reservorio de agua fría será de 450 litros es decir el doble del tanque de agua caliente ms el porcentaje de seguridad.



Figura 3.1- Tanque metálico.

Tabla 3.1: Especificaciones técnicas Del tanque metálico

Capacidad	De	H
Litros	mm	mm
210	880	560

NOTA: debido a las especificaciones la capacidad comercial más cercana para el reservorio de agua caliente es de 210 litros, 5 litros más que lo dimensionado.

**Figura 3.2- Tanque Plastigama.****Tabla 3.2: Especificaciones técnicas del tanque metálico**

Capacidad	Total	Until	A	B	H
Litros			mm	mm	mm
500	568	546	550	870	1082

Capacidad total: lleno hasta rebosar.

Capacidad until: lleno hasta donde el flotador lo permita.

NOTA: debido a las especificaciones la capacidad comercial más cercana para el reservorio de agua fría es de 500 litros, 50 litros más que lo dimensionado.

3.1.1.3. Diseño grafico del calentador de agua

Para la construcción del calentador de agua se tomó en cuenta puntos específicos como.

- Estructura
- Recubrimiento (no térmico)
- Sellado hermético

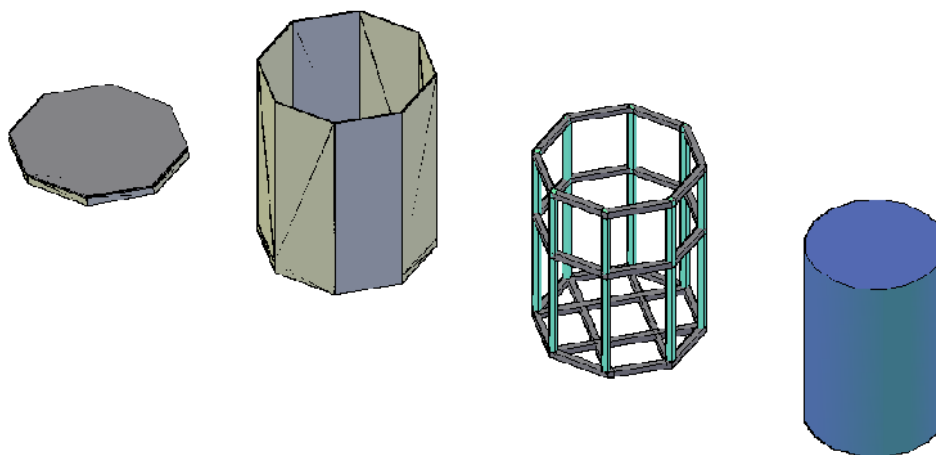


Figura 3.3- Diseño 3Ddel calentador de agua.

3.1.1.3.1. Estructura

Debido a la forma escogida más aproximada a un círculo se escogerá un material que pueda ser moldeado a la forma deseada además que sea resistente para los propósitos este punto se hará referencia a profundidad en el siguiente ítem.

El diseño tomado es el de un octágono, esto debido a que con esta forma se aprovecha al máximo el espacio además de ser un modelo factible de realizar con los conocimientos de mecanizado y de soldadura eléctrica.

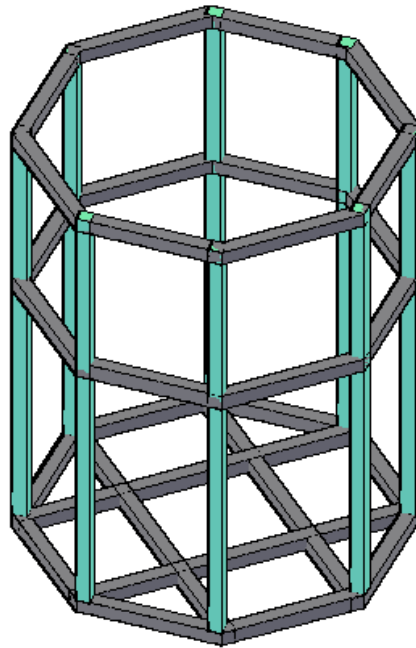


Figura 3.4- Diseño 3D de la estructura.

3.1.1.3.2. Recubrimiento (no térmico)

Al referirse al recubrimiento no térmico no es más que la carcasa del calentador puesto que para dicho recubrimiento térmico se optará por otros materiales descritos a profundidad más adelante.

Es por esto que el recubrimiento se lo hará con tol galvanizado el cual deberá poseer la forma de la estructura y será de una sola pieza para evitar pérdidas innecesarias de calor.

Sus características serán descritas más adelante.

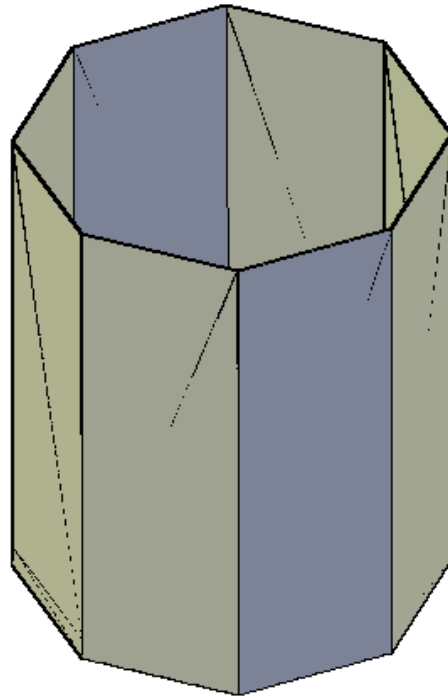


Figura 3.5- Diseño 3D del recubrimiento no térmico.

3.1.1.3.3. Sellado hermético

Para un adecuado aislamiento térmico se deberá sellar ambos extremos del calentador (parte superior y parte inferior) herméticamente de tal manera que no ocurran pérdidas innecesarias de calor.

Por lo que se optó usar el mismo material de la carcasa es decir tol galvanizado en forma de tapas.

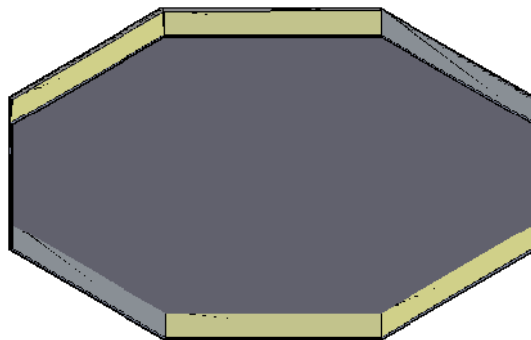


Figura 3.6- Diseño 3D de las tapas para el sellado hermético.

3.1.1.4. Especificaciones técnicas de materiales e instrumentos inmersos la construcción del calentador.

3.1.1.4.1. Materiales

3.1.1.4.1.1. Tanque de agua

Basándose netamente en precios factibilidad y ventajas se procedió a usar un tanque galvanizado 55 galones de capacidad el cual se le dio un adecuado tratamiento para alargar la vida útil del mismo, puesto que uno de los enemigos fundamentales de este tipo de materiales es la oxidación.



Figura 3.7- Foto del tanque metálico usado en el proyecto.

3.1.1.4.1.2. Estructura

El material designado para la construcción de la estructura se eligió en base a facilidad de trabajo así como de resistencia, puesto que basados en el diseño se requiere un material moldeable pero firme a la vez.

Es por esto que la forma más indicada para la realización de la estructura designada es el tubo cuadrado 2x2 es decir de 2cm por lado.



Figura 3.8- Tubo cuadrado.

Todo el material será soldado reforzadamente con electrodos E6011 y los cortes hechos de acuerdo al diseño los cuales además deberán estar establecidos de acuerdo a normas tanto de corte como de soldadura.



Figura 3.9- Estructura soldada.

3.1.1.4.1.3. Recubrimiento (no térmico)

El material usado para el recubrimiento no térmico seleccionado es el tol galvanizado de 1/8 de pulgada, dicho material fue elegido por su característica similar a la del aluminio. Este material brinda gran facilidad tanto para ser moldeado así como para perforación y posterior sujeción a la estructura.

Tanto para la parte posterior así como para la parte superior se optó por usar tapas del mismo material por las características anteriormente descritas.



Figura 3.10- Tol doblado para el recubrimiento.



Figura 3.11- tapas del calentador.

3.1.1.4.1.4. Aislamiento térmico

Debido a las características de una unión densa de los materiales con una baja conducción y atrapando una gran cantidad de aire, la lana de vidrio es un excelente aislante térmico. A mayor grosor, mayor será la resistencia térmica.

Es por esto que se considera además de su accesible costo el proteger térmicamente a nuestro calentador ya que al existir una aislación térmica

adecuada se logrará ahorrar de manera significativa la energía eléctrica consumida.



Figura 3.12- Rollo de lana de vidrio

3.1.1.4.2. Instrumentos

3.1.1.4.2.1. Resistencias de calentamiento (niquelinas)

Para la elección de la niquelina a utilizarse se procedió a calcular la cantidad de calor que se requiere para cambiar de temperatura a una sustancia.

- Conversión de litros a mililitros para el volumen de agua a calentar:

Volumen de agua maximo a calentar: 200 litros

De acuerdo al sistema metrico internacional se tiene las siguientes equivalencias :

1 litro (l) = 2,205 libras (lb)

1 libra (lb) = 0,4536 kilogramo (kg)

1 kilogramo (kg) = 1000 gramos (g)

Transformaciones

$$\frac{200 \text{ litros}}{1 \text{ litro}} \times 2,205 \text{ libras} = 441 \text{ libras}$$

$$\frac{441 \text{ libras}}{1 \text{ libra}} \times 0,4536 \text{ kilogramos} = 200,0376 \text{ kilogramos}$$

$$\frac{200,0376 \text{ kilogramos}}{1 \text{ kilogramos}} \times 1000 \text{ gramos} = 200037,6 \text{ gramos}$$

$$\text{Gramos a calentar} = 200037,6$$

Calculo del calor necesario

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$$

Donde:

m; es la masa en gramos = 200037,6

c; es el calor especifico en calorías gramos centígrados = 1,00

ΔT; es la variación de temperatura, para este caso se tiene como valor aproximado de temperatura ambiente 20 grados centígrados y como temperatura final se tomo 40 grados de temperatura debido a que dicha temperatura es suficiente para un lavado en caliente eficiente.

$$Q = 200037,6 \text{ g} \times 1,00 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} \times 40 - 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 3600676,8 \text{ calorías}$$

$$\frac{3600676,8 \text{ calorías}}{1 \text{ caloria}} \times 0,001 \text{ kilocalorías} = 3600,67$$

Sabiendo que $\Rightarrow 1\text{Kwh} = 860\text{Kcal}$

$$\text{Valor total de energia requerida} = \frac{1\text{Kwh} \times 3600,67\text{Kcal}}{860\text{Kcal}}$$

$$\text{Valor total de energia total requerida} = 4,19\text{Kwh}$$

Tomando en cuenta valores comerciales y contando con una instalación domestica de 110v es preciso aclarar que para poder realizar el calentamiento de esa ese volumen de agua se necesitaría 3 niquelinas de 1500w (potencia

comercial) lo cual debido a su costo se considera un tanto elevado por lo que se decidió en base a un exhaustivo análisis. Contar solo con 2 niquelinas de 1500 w cada una lo cual aunque sacrifica un poco el tiempo de calentamiento a largo plazo establece un ahorro significativo en la planilla de luz.

Cabe recalcar que el análisis para la utilización de las 2 niquelinas es realizado en base al tiempo de uso del agua caliente, así como del tiempo en el cual el calentador de agua pierde calor y tomando en cuenta que esto no implica pérdida de eficiencia.

Esto queda mejor especificado a continuación.

- Con la capacidad del tanque al máximo:

Tiempo de calentamiento	Tiempo de pérdida de calor	Tiempo de uso
(°C/hora)	(°C/hora)	(horas por semana)
7	1	32

- Con el llenado progresivo del tanque:

Tiempo de calentamiento	Tiempo de pérdida de calor	Tiempo de uso
(°C/hora)	(°C/hora)	(horas por semana)
15	1	32



Figura 3.13- Niquelina comercial usada en el proyecto.

Características

- Voltaje 110V
- Potencia 1500W

3.1.1.4.3. *Sensor de temperatura*

El sensor usado para el proyecto será la RTD, debido a la precisión así como durabilidad esto visto a profundidad en la *CAPITULO 1.1.1.1*. Sin embargo cabe mencionar para una adecuada utilización de la RTD lo que primero se deberá realizar es la curva característica de dicha RDT especificada en el *CAPITULO 1.1.1.1.4.16* .Esto dependerá si son nuevas o usadas como se detalla a continuación.

Con RTD Nuevas: al adquirir una RTD nueva se deberá verificar que los parámetros fundamentales vengan en las respectivas tablas y catálogos del instrumento de medición.

Con RTD usadas: es un tanto complicado con RTD debido a que para esto se deberá realizar el siguiente procedimiento para verificar los parámetros principales de dicho sensor



Figura 3.14- RTD usada en el proyecto.

El procedimiento a seguir será el siguiente:

Instrumentos a usar

- Milímetro (alta precisión)
- Sensor de temperatura patrón
- Visualizador de temperatura
- Sustancia a medir
- Variador de voltaje

Procedimiento

- Luego de tener todos los instrumentos conectados se procederá a realizar la primera medición a temperatura inicial (ambiente).
- Realizar el calentamiento gradual del agua, se tomara en un segundo punto.
- Repetir dicho procedimiento en varios puntos gradualmente elevados tantas veces como sea necesario para mayo exactitud.
- Terminar con un punto elevado de temperatura y repetir todo el procedimiento por segunda vez para confirmación de datos.
- Luego de tomar los datos proceder a tabularlos y obtener la curva característica de la RDT de resistencia en función de la temperatura.

Tabla 3.3: Datos tabulados de la RTD

OHMIOS	RESISTENCIA
Ω	$^{\circ}\text{C}$
109,9	20
110,8	22
111,3	24,8
111,7	25,9
112,2	28
112,5	28,5
113,2	30
114,2	33
114,8	35
115,7	37,2
116,4	39
117,2	41,5
117,8	42,8
118,6	45
119,5	46,5
120	48
121,2	51
122	54

123	56
124	58,7
125	60
126	64,4
127,2	67,2
128,2	69,6
128,7	71,6
129,8	74,7
130,3	76,2
131,2	78,7
132,2	80,5
133	83,5
133,5	84,5
134,3	86,4
135,3	88,3
135,6	89,8
136,2	90,5

Curva característica obtenida en base a los datos calculados de la RTD

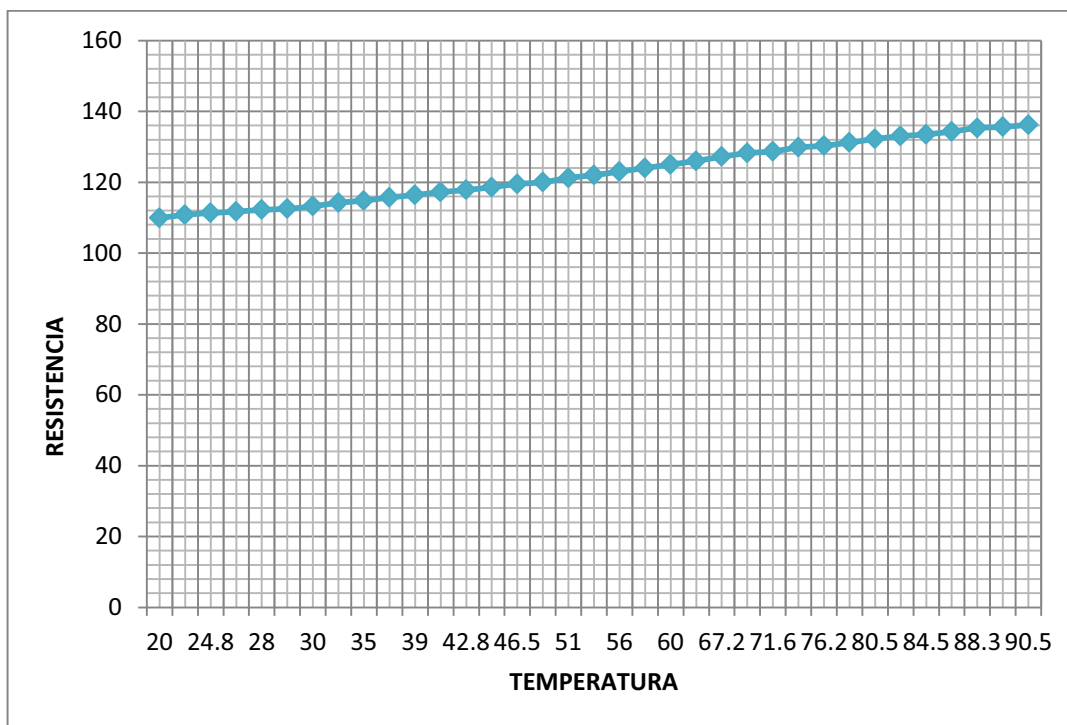


Figura 3.15- Curva característica de la RTD usada en el proyecto.

Obtenida una vez la curva característica se procederá a verificar el tramo de la curva seleccionada para nuestros propósitos. Para este caso será de 20 a 51grados centígrados.

Tabla 3.4: Tabla de datos seleccionados para el proyecto

OHMIOS	RESISTENCIA
Ω	$^{\circ}\text{C}$
109,9	20
110,8	22
111,3	24,8
111,7	25,9
112,2	28
112,5	28,5
113,2	30
114,2	33
114,8	35
115,7	37,2
116,4	39
117,2	41,5
117,8	42,8
118,6	45
119,5	46,5
120	48
121,2	51

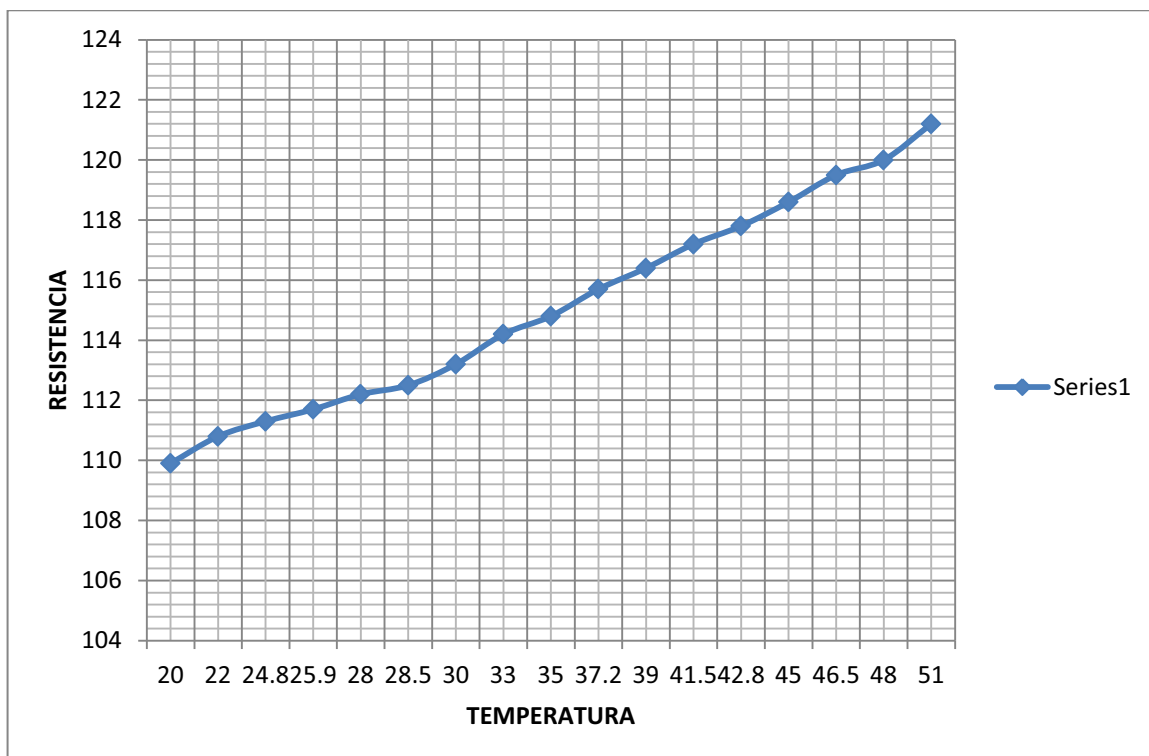


Figura 3.16- Curva característica de la RTD en el tramo seleccionado para el proyecto.

3.1.1.4.4. *Switch de nivel*

El switch de nivel elegido para esta aplicación está basado en lo explicado en el *CAPITULO 1.1.1.2* con la particularidad de que este tipo de switch posee 2 flotadores los cuales indicaran 2 niveles diferentes.

El funcionamiento se encuentra mejor descrito en la siguiente figura:

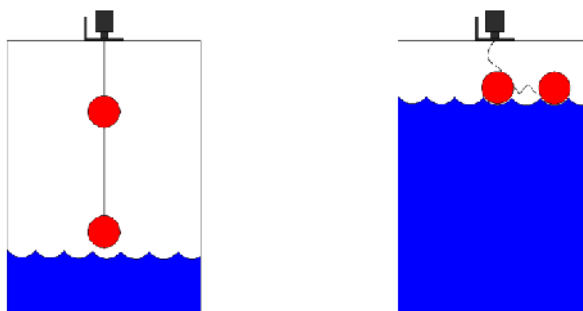


Figura 3.17- Funcionamiento del switch de nivel.

Cuando el agua se encuentra en el nivel más bajo el peso de ambos flotadores activa el switch accionando las electroválvulas.

Cuando el agua se encuentra en el nivel más alto el peso de ambos flotadores es levantado desactivando el switch y desactivando las electroválvulas.



Figura 3.18- Activación del switch



Figura 3.19- Desactivación del switch

Características

- Voltaje 125V/250V AC
- Voltaje 125V/250V DC
- Corriente 6A/3A

3.1.1.4.5. *Electroválvulas*

Las electroválvulas para proyectos industriales suelen ser muy costosas, debido al tipo de material de que son fabricada así como por la aplicación a la que van a ser utilizadas. Sin embargo con el antecedente de que la aplicación a realizarse no es de característica especial alguna se optará por utilizar una electroválvula

solenoides muy similares a las utilizadas por las lavadoras semindustriales la cual a diferencia de las anteriormente explicadas son relativamente accesibles en costos y muy aplicables para los fines requeridos .

La electroválvula seleccionada es la denominada electroválvula 2/1, es decir dos entradas y una salida. Comúnmente utilizada en lavadoras para permitir el paso de flujo de agua caliente-fría y mezclarlas en una sola salida.



Figura 3.20- Electroválvula 2/1 usada en el proyecto.

Características

- Entradas 2 con filtros
- Salidas 1
- Voltaje por bobina 110 V
- Frecuencia 60Hz
- Potencia 10W

3.1.1.5. Proceso de construcción

3.1.1.5.1. Tratamiento al tanque

Para esto y en base a experiencias propias se sabe que al estar expuesto tanto al sol como al agua todo material metálico tiende a corroerse, lo cual es un problema al usar estos tipos de tanques debido a que al existir un contacto sin protección entre el ambiente y el tanque rápidamente acabará con la base y sistemáticamente ira acabando con el resto del conjunto.

Sin embargo se comprobó que con un adecuado tratamiento es posible alargar la vida útil de este de forma significativa.

Este tratamiento está basado en el proceso de pintado de los automóviles los cuales usan un tipo especial de pintura así como antioxidantes y fondos especiales los cuales básicamente alargan tanto la vida de la pintura así como de la estructura. Tomando esta referencia se optó por llevar cabo dicho tratamiento a nuestro tanque con la ventaja de que a diferencia de los automóviles nuestro tanque no será expuesto a la intemperie dándonos así la ventaja y mayor durabilidad.

3.1.1.5.1.1. Procedimiento

El procedimiento inicia lavando dicho tanque de todas y cada una de las impurezas existentes y aplicando una capa de antioxidante transparente el cual permitirá proceder al siguiente paso.



Figura 3.21- Aplicación del antioxidante al tanque.

A continuación se procederá a cubrir íntegramente al tanque con una capa de fondo blanco o gris el cual permitirá fusionarse con la pintura especial y gracias al antioxidante con el metal y paredes del tanque.



Figura 3.22- Aplicación del fondo al tanque.

Finalmente se procede a cubrir íntegramente con la pintura especial la cual se la escogió debido a sus características para el trabajo con agua caliente dicha pintura es el denominado sintético el cual por sus propiedades permite evitar una oxidación de hasta 5 años (a la intemperie).



Figura 3.23- Aplicación de la pintura al tanque.

3.1.1.5.2. Construcción de la salida de agua al interior del tanque

Para la realización de este procedimiento se contó con la ayuda de un profesional en soldaduras especiales ya que debido a las características de almacenamiento de agua se debía prever cero fugas o filtraciones de agua, por eso que se empleó el método de soldadura TIG. La cual debido a sus características de poseer aleaciones ligeras de aluminio y magnesio resulta ser el método más eficaz para nuestros propósitos.



Figura 3.24- Salida de agua del tanque soldada.

3.1.1.5.3. Colocación del instrumento sensor y de las resistencias de calentamiento en el tanque de almacenamiento

Para la colocación tanto del sensor como de las resistencias de calentamiento se debió realizar tomando en cuenta las máximas seguridades para evitar filtraciones de agua.

Puesto que dicho tanque es circular ofrece pocas opciones de para estabilizar los instrumentos a diferencia de lo que corresponde a superficies planas lo que para realizar una adecuada instalación de estos instrumentos se requiere empaques que sean altamente seguros y no permitan filtrar agua.

Sin embargo esto no es suficiente ya que se requiere un tipo de aditamento especial que se adecue a nuestras especificaciones.

Este aditamento es el llamado **PERMATEX**, el cual impide filtraciones de agua por sus características especiales anti filtrantes.



Figura 3.25- Colocación de los instrumentos en el tanque.

3.1.1.5.4. Construcción de la estructura

3.1.1.5.4.1. Corte de las piezas de la estructura

Basándose en el diseño realizado con medidas reales se procedió al corte del material teniendo en cuenta que cada corte realizado debía estar perfectamente rayado para evitar desviaciones o malos cortes y usando materiales adecuados para estos trazos como: escuadras, reglas flexómetros.etc.



Figura 3.26- Material cortado de la estructura

3.1.1.5.4.2. Punteado de la estructura

Debido a factores propios de la construcción, al realizar una estructura metálica el paso fundamental consiste en cuadrar todos los marcos de acuerdo al modelo.

Esto permitirá corregir una desviación no adecuada de los marcos con gran facilidad, lo que no pasaría al soldar reforzadamente pieza por pieza.

Es por esto que primer paso al realizar una estructura es el soldado por puntos, ya que cada pieza es soldada con uno o máximo 2 puntos hasta verificar que toda la estructura esté adecuadamente concebida es decir sin dimensiones fuera de rango.



Figura 3.27- Soldado por puntos

3.1.1.5.4.3. Soldado reforzado de la estructura

De acuerdo a lo anteriormente explicado y una vez verificado que todas las medidas estén en rangos y tolerancias adecuadas se procede al soldado reforzado de toda la estructura.



Figura 3.28- Soldado reforzado

Debido a que este es un procedimiento largo y cansado se deberá contar con toda la indumentaria adecuada de protección personal es decir:

- Casco
- Gafas
- Zapos punta de acero

- Mangas de soldar
- Mandil para soldar
- Guantes de soldar

De no poseer alguno de estos aditamentos el soldador estará expuesto quemaduras tanto por chispas de soldar así como por el humo producto de la soldadura.

3.1.1.5.5. *Recubrimiento*

Para la realización de este procedimiento se tomó en cuenta el recubrimiento comprende tanto la parte externa así como la parte interna correspondiente al aislamiento térmico.

Por lo tanto previamente se supone se debió moldear y cortar el tol a la medida exacta ya que para la realización del recubrimiento deberá ir tanto la capa de lana de vidrio así como el recubrimiento de tol juntos paso a paso.

Todo esto será firmemente remachado y aplicado una capa de silicón, el cual no permita filtraciones de calor desde dentro del tanque.



Figura 3.29- Recubrimiento del calentador de agua

Debido a que la lana de vidrio es un material sumamente peligroso, tanto para los ojos así como para el contacto directo con él.

Se deberá contar con elementos de protección como:

- Gafas
- Guantes de nitrilo
- Mascarilla de protección nasal

Además del uso de mangas largas para evitar el contacto directo con el material.

3.1.1.5.6. Instalación de switch de nivel, electroválvulas y entradas de agua

Como penúltimo paso previo a la finalización del procedimiento en la construcción del calentador se deberá posesionar todos los instrumentos finales.

3.1.1.5.6.1. Instalación del switch de nivel

Debido a la facilidad que proporciona el switch al poseer una base plana dicha base será fácilmente montable en la parte superior del tanque, dando así la facilidad de montar y desmontar dicho switch.

3.1.1.5.6.2. Instalación de la electroválvula y de la entrada de agua

Debido a las características de la electroválvula usada para el proyecto se deberá adaptar las 2 entradas a una sola para el mejor aprovechamiento de flujo esto se consiguió con aditamentos de tubería simples y comunes como se los puede ver en la figura 3.30.



Figura 3.30- Entrada de agua al calentador.

3.1.1.5.6.3. Acabados

Los acabados como pintura, sellado y terminado estético conllevan el penúltimo punto en la construcción del calentador ya que no solo es necesario un trabajo eficaz sino también un trabajo estéticamente presentable, lo cual fue meticulosamente realizado en las siguientes etapas.

3.1.1.5.6.3.1. Sellado de posibles filtraciones de calor

Esto está relacionado con todos y cada uno de los agujeros o hendiduras que puedan ocasionar filtraciones de calor, lo cual se lo realizó con una revisión profunda de todo el conjunto, luego de lo cual y una vez identificados las hendiduras se procedió a rellenarlos con silicón el cual por sus propiedades impide filtraciones de agua y calor para nuestro caso.

3.1.1.5.6.3.2. Pintado de todo el conjunto

Basados en el tratamiento que se le dio al interior del tanque todo el conjunto exterior fue tratado de la misma manera, con la única diferencia que el color de acabado final fue azul debido a estética del proyecto y en concordancia con el reservorio de agua fría.

Cabe anotar que para la realización del pintado final del calentador todos los aditamentos que no sean propios de tanque serán removidos (caso de el switch de nivel, entrada de agua y electroválvula), así mismo los elementos que no puedan ser removidos (caso de RTD, niquelinas) serán cubiertos con cinta másquin y papel. Esto para evitar manchas o filtraciones de pintura que puedan perjudicar el desempeño adecuado de los contactos y demás.



Figura 3.31- Pintado del calentador de agua.



Figura 3.32- Calentador de agua pintado

3.1.2. RESERVORIO DE AGUA

3.1.2.1. Generalidades

De acuerdo a las necesidades estéticas y funcionales de todo el sistema se elaboró una serie de bosquejos en los cuales se evaluaban los pros y los contras

de la construcción del sistema, desde la base del tanque hasta el recorrido que tomarían las tuberías instaladas.

3.1.2.2. Diseño grafico del tanque elevado y de la tubería.

Para la construcción de la reserva de agua fría se tomó en cuenta los siguientes elementos específicos como.

- Base del Tanque
- Tubería de agua fría
- Tubería de agua caliente



Figura 3.33- Reservorio

3.1.2.2.1. Base del tanque

El tanque se eleva 1,29m sobre la superficie de la terraza por lo cual fue necesario sugerir al propietario del domicilio elevar y reforzar las paredes destinadas a soportar la estructura y el tanque de agua.

El diseño final de la base del tanque se indica de acuerdo a la siguiente figura:

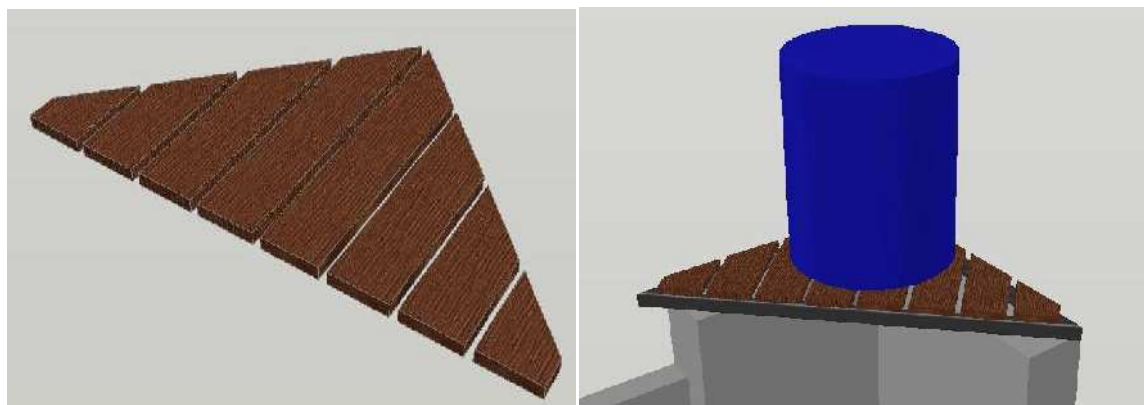


Figura 3.34- Base del Tanque

Donde se puede observar, que se redujo al máximo los materiales empleados con el fin de aprovechar algunos de estos materiales proporcionados por parte del propietario del domicilio que contaba con las correas de acero como material sobrante de estructuras anteriores.

Adquirir los tablonces que se colocarían sobre la estructura metálica fue necesario pues se necesita contar con una madera que soporte bastante bien la intemperie, de manera que se optimizó la madera de acuerdo como se muestra en la figura 3.35.

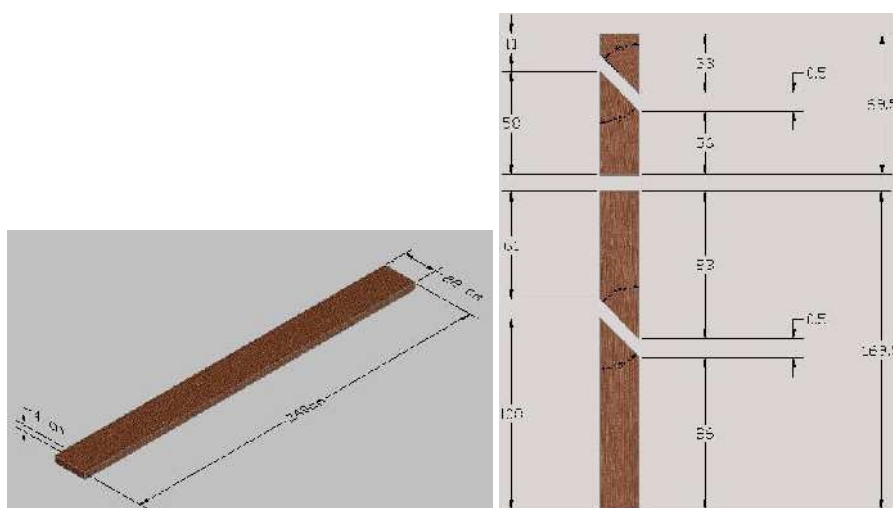


Figura 3.35- Optimización de la madera.

Se puede observar que la estructura no está totalmente cubierta de madera y que la madera empleada es la suficiente para proveer al tanque el soporte recomendado por el fabricante para que no sufra deformaciones futuras.

3.1.2.2.2. *Tubería de agua fría*

Para la elaboración de la tubería que conduce el agua fría desde el tanque al conjunto de lavadoras, se empleó tubo de PVC de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, material adecuado para soportar el flujo de agua a temperatura ambiente. Con la finalidad de aumentar el flujo de agua a través de una sección de tubería más grande.

Por otro lado, el suministro de agua desde la red del domicilio hacia el tanque se realizó con tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ " pues lo que se necesita en este caso es aumentar la presión de agua de manera que alcance sin problemas la altura del tanque elevado.

El recorrido se lo realizó considerando el reducir al máximo posible las curvaturas en la tubería, de esta manera se optó por emplear codos de 45° cuando era posible reemplazar a codos de 90° , con esto se reduciría al máximo las pérdidas por fricción en los accesorios.

El control del fluido de agua a través de las tuberías se realizaría con válvulas tipo bola pues son las válvulas que estando abiertas representan un mínimo de pérdidas por fricción en el fluido y para la aplicación es lo más demandante.

3.1.2.2.3. *Tubería de agua caliente*

La tubería de agua caliente fue elaborada con tubos de polipropileno de $\frac{3}{4}$ " puesto que es la más adecuada para manejar temperaturas elevadas sin sufrir daños estructurales. Es de fácil roscado y ofrecen una unión bastante confiable para instalaciones domésticas. Al igual que en el caso de la tubería de agua fría se consideró reducir al máximo las curvaturas de manera que el agua fluya con mayor facilidad y que no se presenten pérdidas de presión.

3.1.2.3. Especificaciones técnicas de materiales e instrumentos inmersos la construcción del reservorio

3.1.2.3.1. Materiales

3.1.2.3.1.1. Tanque de agua

Anteriormente descrito en el dimensionamiento del tanque, se emplea un tanque de la gama económica de Plastigama, las ventajas que tiene este tanque es que está construido con plástico virgen y es apto para almacenar agua potable y que cuenta con varias superficies planas para acoplar accesorios o instrumentos. Además el mecanizado es simple y su soporte estructural es bastante firme.



Figura 3.36- Fotografía del tanque.

3.1.2.3.1.2. Estructura

Como se mencionó anteriormente las correas de acero fueron proporcionadas por el propietario y entre su mejor característica se encuentra su alta resistencia a la tracción pues es de difícil deformación gracias a su forma geométrica.

Es por esto que el material más indicado para la realización de la estructura designada es una correa acerada de 2 milímetros de espesor de 5x10 centímetros.



Figura 3.37- Perfil tipo C

Todo el material será soldado reforzadamente con electrodos E6011 y los cortes hechos de acuerdo al diseño los cuales además deberán estar establecidos de acuerdo a normas tanto de corte como de soldadura.

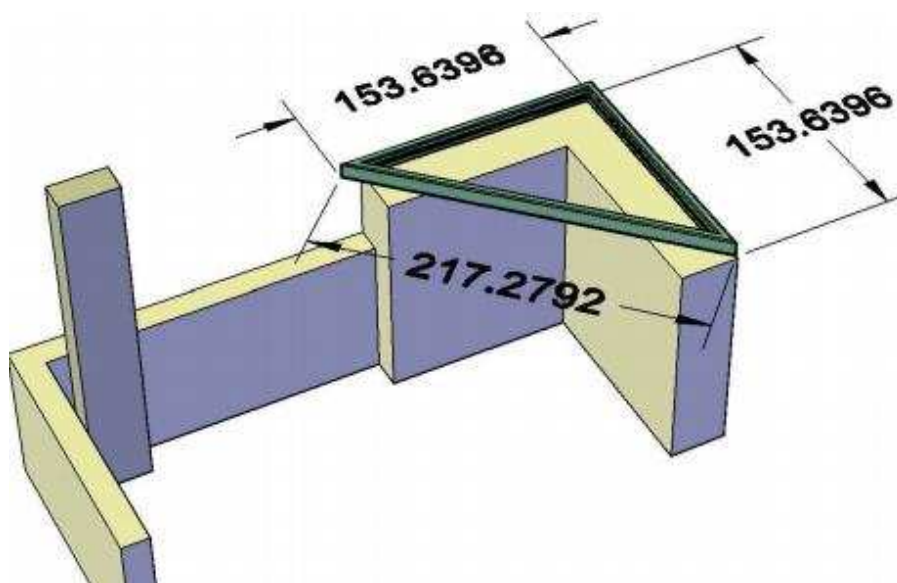


Figura 3.38- Diseño de estructura

3.1.2.3.1.3. Tablones

El tablón seleccionado es el denominado Colorado, pues tiene un alto grado de resistencia al quiebre y por sus dimensiones favorece el soporte de grandes cargas. Las dimensiones comerciales que se manejan habitualmente son: 240x22x4 cm de largo, ancho y espesor respectivamente. Los cortes fueron realizados en una carpintería de acuerdo a las medidas proporcionadas en el

diseño gráfico de los tablones, puesto que no se contó con herramientas especializadas para este tipo de cortes.



Figura 3.39- Tablón de madera Colorado.

3.1.2.3.1.4. Tubería

Las ventajas de realizar instalaciones sanitarias con tubería de PVC son:

Resistencia a la Presión Hidrostática que permite resistir presiones hidrostáticas hasta 100 psi.

Excelente resistencia química que no produce corrosión química ni galvánica, evitando la formación de depósitos o incrustaciones en las paredes interiores, como sucede en el tubo galvanizado, conservando inalterable su sección hidráulica.

Fácil instalación gracias a la unión roscada que se sella las con cinta teflón y el ajuste se efectúa mediante presión manual. Es liviana y de fácil roscado.

3.1.2.3.2. Válvulas

De acuerdo al fabricante las válvulas de bola varían en presentación. Sin embargo, lo que se buscó es proporcionar al sistema válvulas del mismo material para evitar incompatibilidades entre materiales por tanto se consiguió válvulas de PVC.

Entre las ventajas más relevantes se encuentran la facilidad del paso completo del caudal reduciendo la pérdida de carga hidráulica, mejor acople con el tubo de PVC y permite identificar rápidamente si el flujo está circulando, por la posición de su barra de maniobra. Además, tienen menor costo que las válvulas metálicas de bola y con mayor vida útil.

3.1.2.4. Proceso de construcción

3.1.2.4.1. Tratamiento

A diferencia de la construcción del tanque de agua caliente, el tanque de agua fría y la tubería en general no representaba un mayor tratamiento sino solamente cuidar que el material no se estropeará, por tanto se facilitó el ensamblaje e instalación del reservorio.

3.1.2.4.1.1. Procedimiento

La perforación de los agujeros donde se colocarían los acoples fue tarea delicada pues el material de construcción del tanque es bastante delgado y suave. Por tanto se realizaron estas perforaciones usando cuidadosamente un taladro y una broca delgada hasta alcanzar el diámetro necesario para el acople.

Se tuvo siempre en mente la idea de que el sistema sería sometido regularmente a limpieza y a un periódico mantenimiento, razón por la cual todo el sistema se concibió como un sistema desarmable en su totalidad.



Figura 3.40- Accesorios del tanque.



Figura 3.41- Fijación de acoples



Figura 3.42- Seccionamiento mediante universales.

3.1.2.4.2. Roscado de tuberías

Para el efecto se contó con una tarraja de dimensiones adecuadas para cada tubería, cabe recalcar que la tarraja cumple con la norma BSPT, recomendada por el fabricante de los tubos de PVC y Polipropileno.

CAPÍTULO 4

4.1. CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE ELECTRÓNICA

4.1.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el procedimiento empleado para proporcionar un control automático al sistema construido, integrando todos los sensores y actuadores en una placa electrónica, cuyo elemento principal es el microcontrolador PIC16F877A fabricado por *Microchips Technology Inc*, el mencionado microcontrolador se encarga de coordinar las instrucciones de control.

Este PIC proporciona la facilidad de poder grabar una y otra vez el programa de control, a través de un programador USB. De esta manera es fácil realizar ajustes de programación de acuerdo a los requerimientos de control.

El control del sistema estará dividido en dos partes claramente marcadas por el tipo de sensores presentes, básicamente estos sensores están vinculados a sus respectivos actuadores. Es decir, los interruptores de nivel tipo flotador gobernarán las electroválvulas y el sensor de temperatura gobernará a los elementos calentadores de agua, en este caso niquelinas.

La temperatura del tanque de agua caliente será sensada por la RTD y monitoreada por el PIC. Además, esta temperatura será visualizada en un LCD alfanumérico de dos filas, cada fila puede contener 16 caracteres.

La temperatura es controlada por el PIC y se puede ingresar los valores de control de temperatura mediante un switch que habilita el modo seteo y la combinación de tres pulsadores, uno que incrementa el valor de temperatura de seteo, otro que reduce dicho valor de temperatura y un pulsador de reset que se encarga de poner 35° C como temperatura por defecto.

4.1.2. GENERALIDADES

La placa electrónica comprende varios elementos que cumplen una función específica, para facilitar su comprensión se describe a continuación un diagrama de bloques que representa los principales circuitos contenidos en la placa:

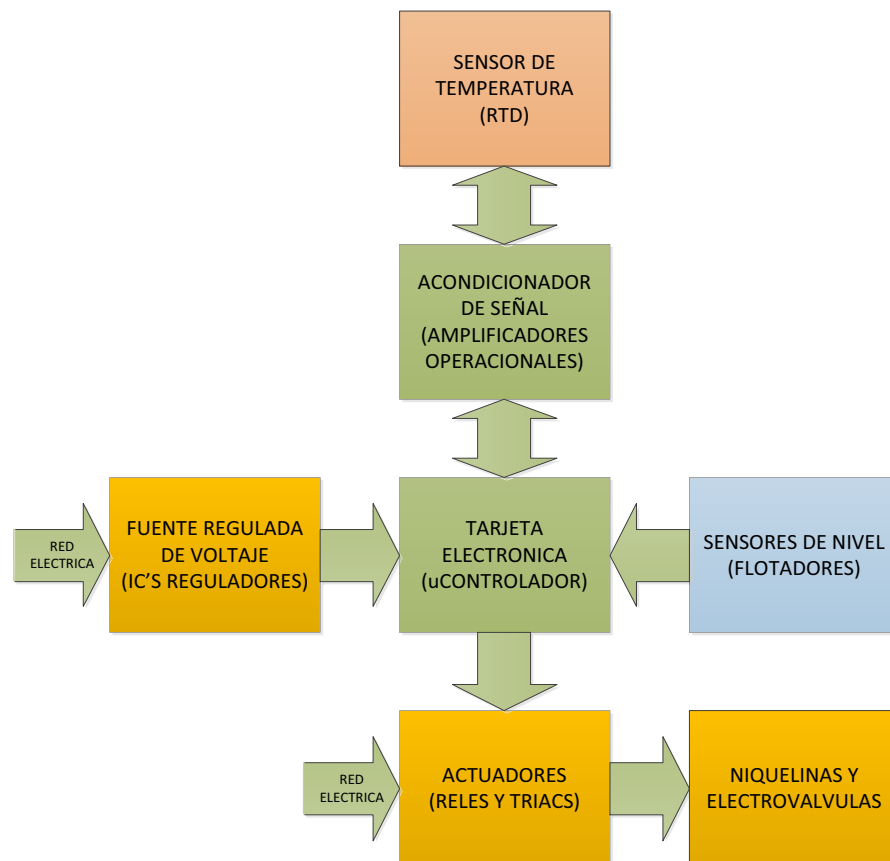


Figura 4.1- Diagrama de bloques.

La **red eléctrica** (110 VAC – 60Hz) alimenta todos los elementos contenidos en el sistema razón por la cual, de manera general, el sistema trabaja con la tensión nominal de la red eléctrica del domicilio.

La tarjeta electrónica es alimentada con corriente continua a niveles de 12 VDC y 5 VDC obtenidos desde la **fuentes regulada** de voltaje, la reducción de voltaje es obtenido gracias a una fuente obtenida de una impresora en desuso. Los principales elementos en este bloque son los circuitos integrados reguladores de voltaje positivo.

La **tarjeta electrónica** tiene como principal protagonista el PIC16F877A que realiza todos los procedimientos de control a través de su programación, aquí es donde se centraliza todos los elementos sensores para comandar a los actuadores.

El circuito **acondicionador de señal** se encarga de proporcionar una corriente controlada al sensor de temperatura y también elevar las señales eléctricas provenientes del mismo. Este bloque sirve de interfaz para acoplar el elemento **sensor de temperatura** empleado a través de amplificadores operacionales de instrumentación.

Los **sensores de nivel** permiten a la placa electrónica saber cuándo los niveles de agua se encuentran bajos y altos de manera que pueda comandar los actuadores.

Los **actuadores** se encargan de recibir las señales de bajo voltaje desde la tarjeta electrónica y los traduce en caminos abiertos o cerrados para el paso de la energía eléctrica de la red. Este bloque es importante porque es aquí donde se puede observar el adecuado comportamiento del sistema de control.

Las **niquelinas y electroválvulas** son los elementos que nos proporcionan calor y agua en los tanques respectivamente.

4.1.3. ESPECIFICACIONES DE DISPOSITIVOS INMERSOS EN LA CONSTRUCCIÓN DEL CONTROLADOR

4.1.3.1. Pic

En este proyecto se utilizó el PIC 16F877A. Este microcontroladores es fabricado por MicroChip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877A posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico.

4.1.3.2. Características

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).
- Set de instrucciones reducidas (tipo RISC), pero con las instrucciones necesarias para facilitar su manejo.

En siguiente tabla de pueden observar las características más relevantes del dispositivo:

Tabla 4.1: Características del Pic 16F877A.

Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2

Nota .todos datos complementarios acerca del PIC 16F877A se encuentra en el data shet ubicado en el ANEXO A

4.1.4. LÓGICA DE CONTROL

El control del sistema fue concebido de acuerdo a la siguiente lógica de control:

Cuando el tanque de agua fría se encuentre vacío se activara la electroválvula proveyendo de agua al tanque, cuando se llena el tanque se desactiva la electroválvula. Los niveles de agua serán registrados por el switch de nivel del tanque cuyos estados son: abierto cuando el tanque está lleno y cerrado cuando el tanque está vacío.

Cuando el interruptor de agua caliente sea activado entrarán en escena las niquelinas y la electroválvula del tanque calentador de agua de acuerdo a las siguientes condiciones:

Si la temperatura del agua está por debajo de dos grados de la temperatura de seteo, las niquelinas y la electroválvula se activarán, dando paso a que en el tanque exista calor y agua para que se caliente.

El nivel de agua se registra con el switch de nivel que tiene el mismo comportamiento y configuración del switch de agua fría, mientras tanto las niquelinas se desactivarán cuando la temperatura del agua haya sobrepasado los dos grados de la temperatura de seteo.

Esta lógica se puede resumir en la siguiente tabla de verdad:

Tabla 4.2: Lógica de control.

Entradas			Salidas		
Ctr. Temp	Level 1	Level 2	Calentador	Electroválvula 1	Electroválvula 2
0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	0
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1

4.1.5. CONSTRUCCIÓN

Una vez definida la lógica de control, los elementos que serán contenidos en la placa y su respectiva interconexión para dar a la placa la funcionalidad descrita en la introducción de este capítulo se continúa con procedimientos físicos sobre la placa.

4.1.5.1. Circuito de control descrito en bloques

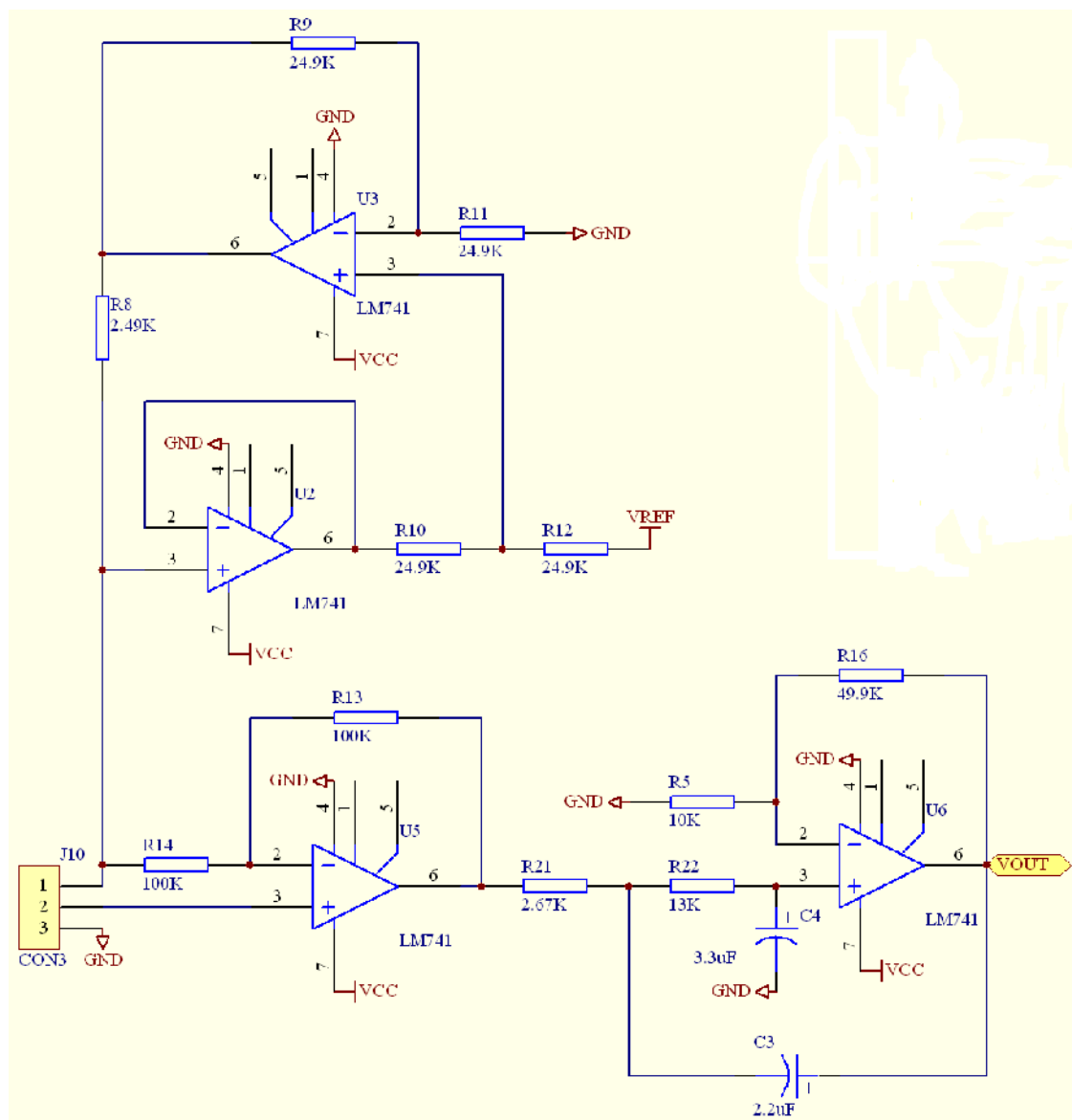


Figura 4.2- Acondicionador de señal

Este bloque corresponde a la configuración de los amplificadores operacionales que se encargan de proveer a la RTD una corriente controlada, para luego transformarla en valores de voltaje (ley de Ohm), amplificar el voltaje e introducirlo al PIC a través de su entrada analógica configurada como un convertidor analógico digital. Esta conversión proporciona al PIC valores digitales que son enviados a un comparador, este comparador contiene los valores de seteo de temperatura y depende de este la activación de los puertos digitales asociados a esta comparación.

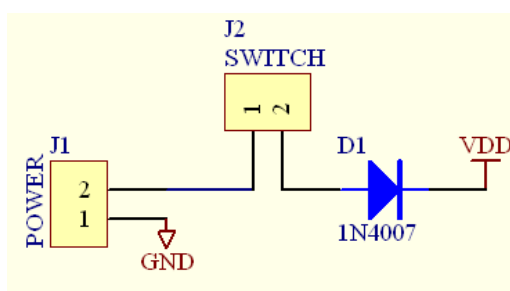


Figura 4.3- Bloque de alimentación

Bloque que corresponde solamente a borneras a las cuales se conectan la fuente de impresora y un switch controlador de encendido y apagado. Además, cuenta con un diodo para proteger el circuito de una polaridad equivocada.

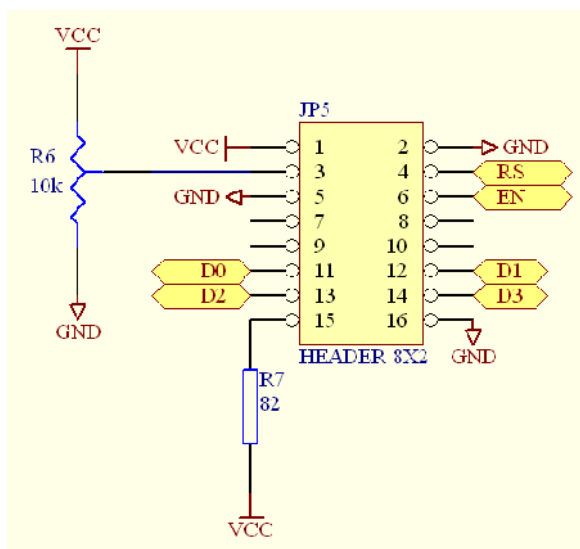


Figura 4.4- Bloque del LCD

Bloque correspondiente al conector del LCD que es donde se mostrarán los valores de temperatura actual y temperatura de seteo. Su color de fondo es azul y se puede controlar su contraste gracias al potenciómetro asociado.

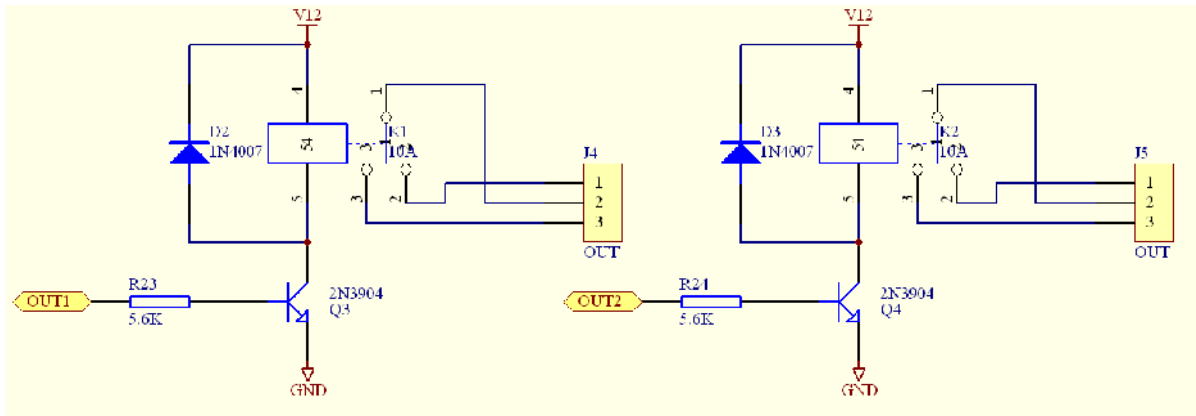


Figura 4.5- Bloque de los relés

Dichos relés son los encargados de controlar las electroválvulas, su bobina interna trabaja a 12 VDC y sus contactores soportan hasta 220 VAC, su activación y desactivación corresponden a la lógica de control descrita anteriormente.

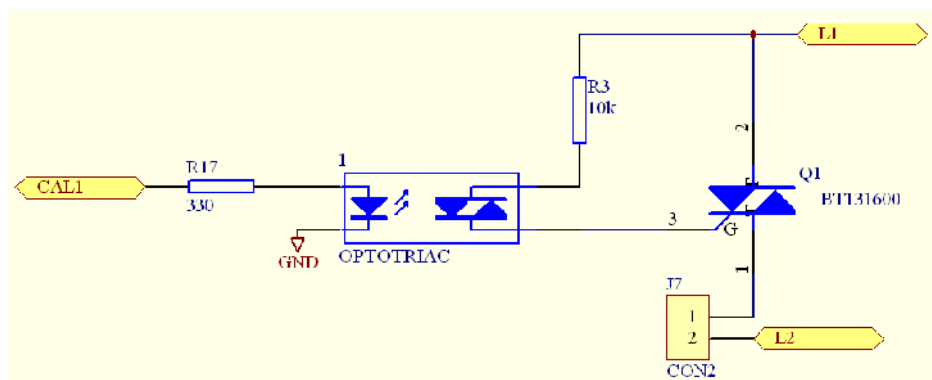


Figura 4.6- Bloque 1 del TRIAC

Este bloque describe el circuito de potencia de una de las niquelinas, se puede observar que la parte de potencia está aislada de la placa electrónica por medio de un opto acoplador, esto es una consideración de seguridad para evitar daños directos en la electrónica de la placa por niveles elevados de voltaje.

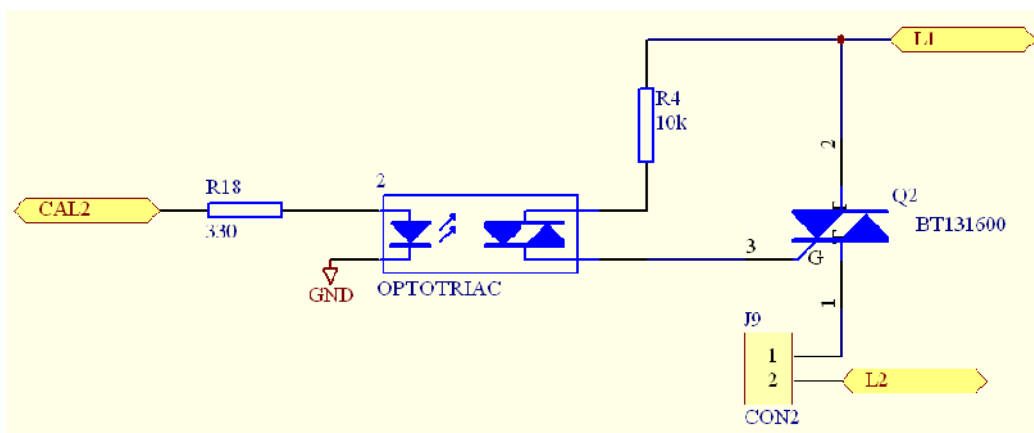


Figura 4.7- Bloque 2 del TRIAC

Al igual que el bloque anterior se describe el circuito de la segunda niquelina.

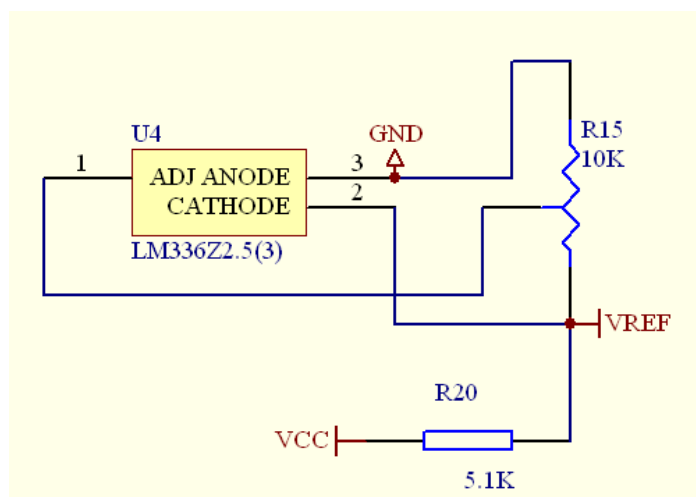


Figura 4.8- Bloque de voltaje de precisión

Este bloque proporciona un voltaje de precisión controlado, necesario para proveer una referencia al voltaje obtenido de la RTD, esto facilita la supresión de ruidos o lecturas erradas que se pueden presentar en las señales bastante débiles provenientes de la RTD.

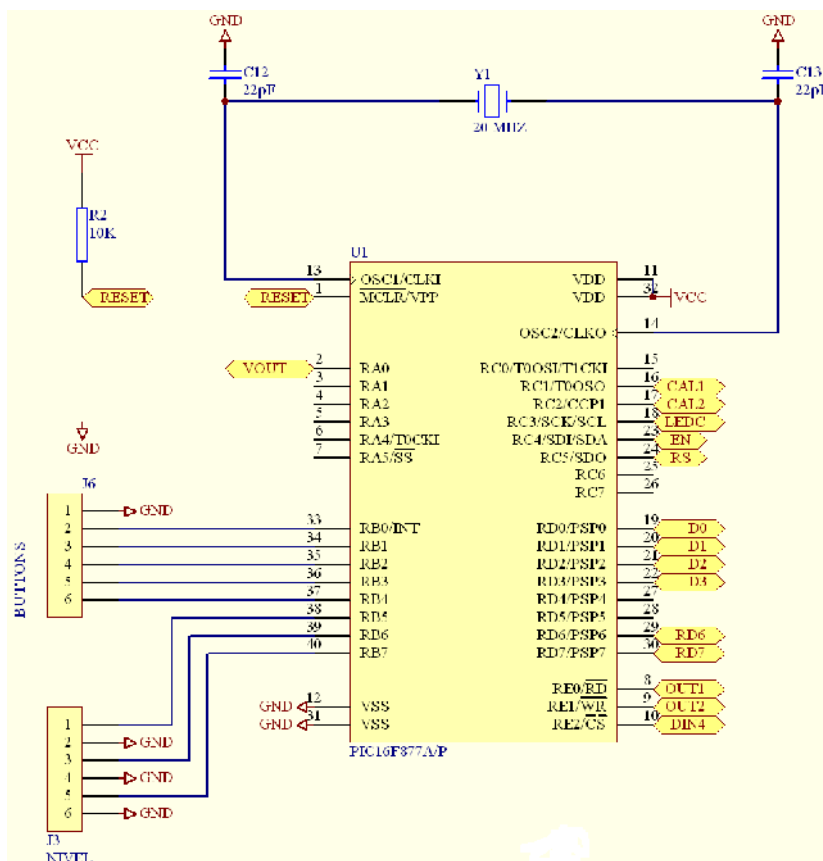


Figura 4.9- PIC 16F877A

Este bloque describe las conexiones del PIC y pone de manifiesto los pines empleados para realizar el control, nótese que muchos de los puertos no se encuentran conectados, esto significa que se puede incrementar el número de entradas para sensores y salidas para actuadores de manera que podría ampliarse fácilmente los alcances de la placa electrónica.

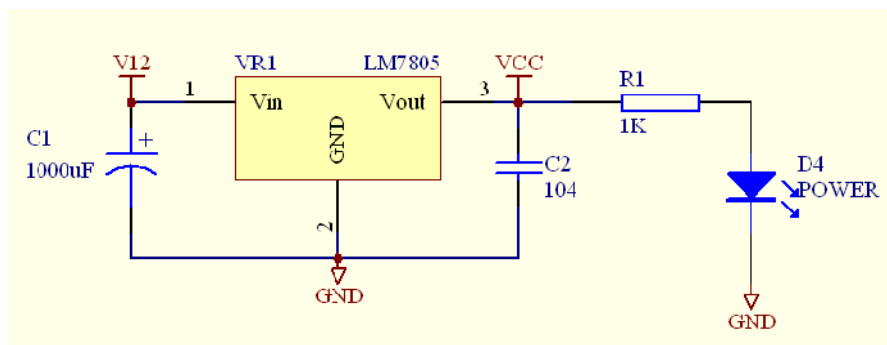


Figura 4.10- Regulador a 5 V

Proporciona voltajes necesarios para la electrónica del circuito, principalmente para la polarización de los amplificadores operacionales y del PIC.

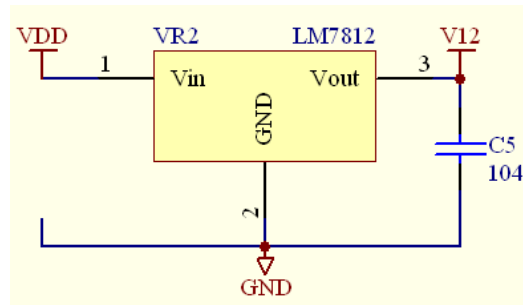


Figura 4.11- Regulador a 12 V

Proporciona el voltaje necesario para los relés.

4.1.5.2. Enrutado del circuito controlador

Con los diagramas esquemáticos anteriores tenemos claro los elementos que se emplean por consiguiente es necesario buscar una distribución adecuada para los elementos ocupando los espacios libres y reduciendo el tamaño es bastante costoso, pero no imposible.

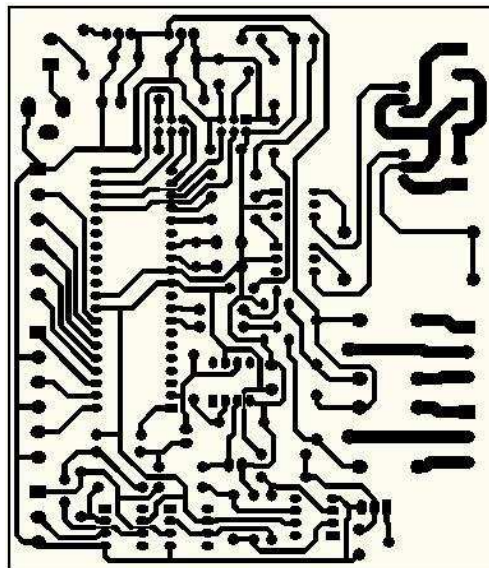


Figura 4.12- Enrutado del circuito controlador.

Una vez definido el Enrutado se procede a quemar la baquelita con ayuda de ácido férrico

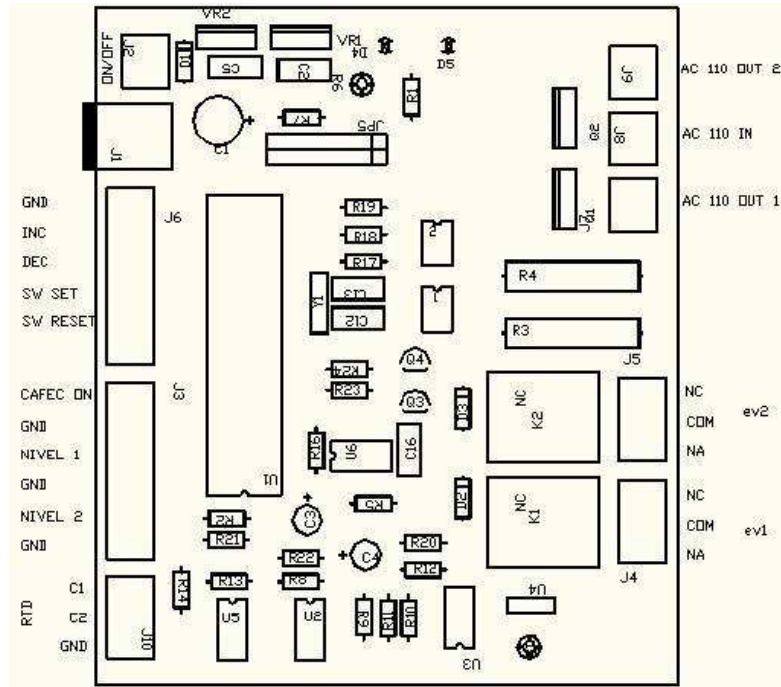


Figura 4.13- Distribución de dispositivos en la tarjeta.



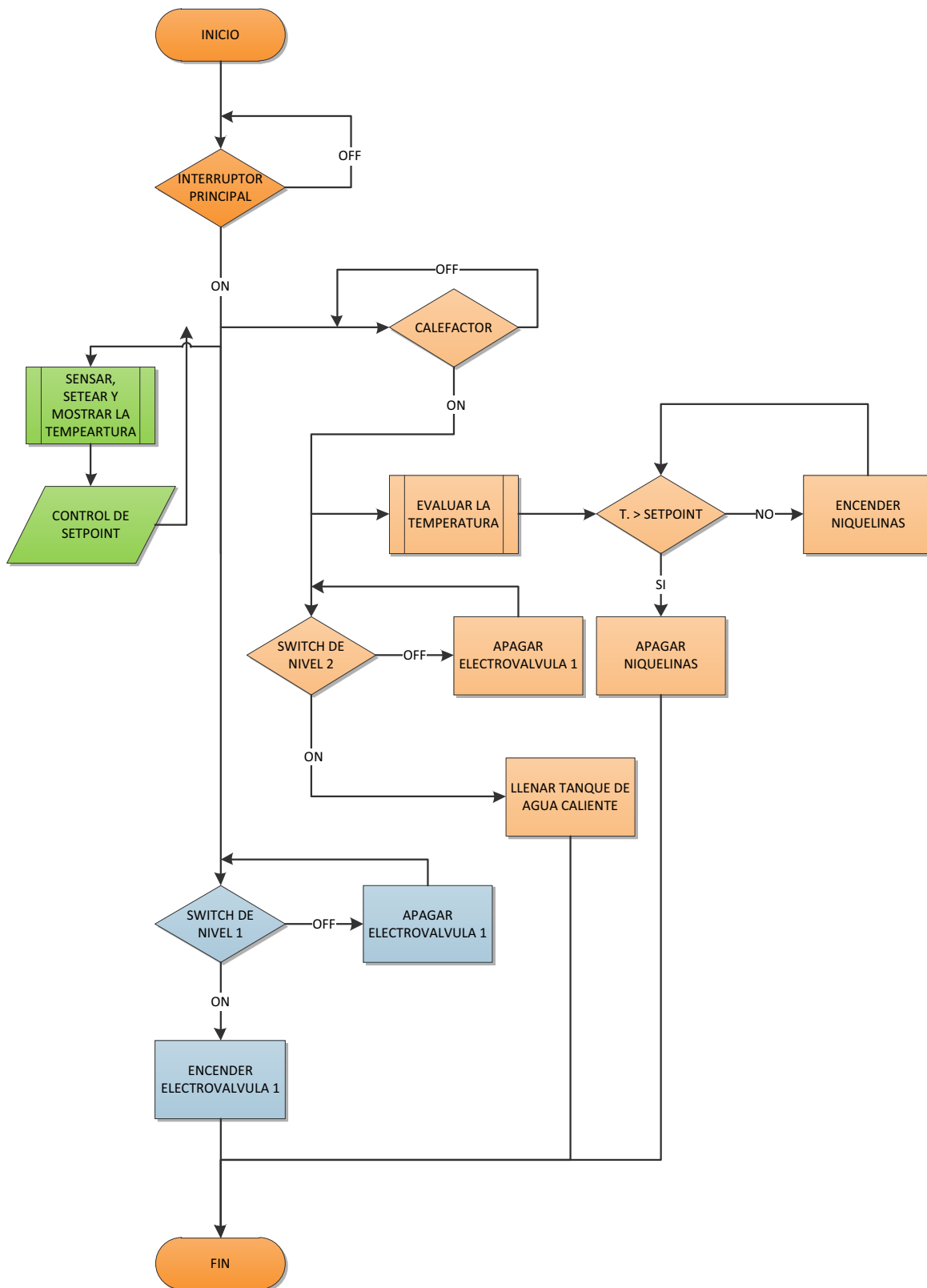
Figura 4.14- Circuito de control soldado.

4.1.5.3. Programación del circuito controlador

El programa ya fue otro mundo, fue cambiar el chip y olvidarse de la placa como algo físico y pensar en ella como "un aparato que hace algo". Bueno, con ayuda de los manuales y de técnicos especializados empezamos a entender lo que había que hacer, al separar las entradas de las salidas en el PIC, así nuestra placa empezaba a tomar forma. Luego solo era cuestión de ir optimizando el código para conseguir los objetivos del circuito planteado.

La programación se realizó en lenguaje Basic y el código fuente se encuentra especificado en el *ANEXO E*.

4.1.5.4. Diagrama de flujo



El diagrama de flujo muestra el comportamiento del sistema en general el cual esta comandado por el interruptor principal, cuando este interruptor se enciende (ON) da a lugar tres ramificaciones que son los tres procesos principales.

Uno, es el de obtener los valores de temperatura y mostrarlos en el LCD, permitiendo ingresar valores de temperatura entre los cuales se maneja el calentador de agua

El segundo, es un procedimiento directo sobre la electroválvula del tanque de agua fría que se lo puede interpretar como un elemento aparte puesto que solamente tenemos la necesidad de saber si está o no lleno.

Finalmente el proceso más complejo es el de activar y desactivar los actuadores del tanque calentador, este depende del interruptor selector de temperatura el cual permite controlar la electroválvula del tanque calentador y las niquelinas acordes a las condiciones descritas en la lógica de control.

CAPÍTULO 5

5.1. CONSTRUCCIÓN DE LA PARTE ELÉCTRICA

5.1.1. INSTALACIÓN DE POTENCIA

5.1.1.1. Generalidades

La parte referente a la instalación de potencia es uno de los principales y fundamentales del proyecto puesto que es la alimentación que provee la energía suficiente a todo el circuito, por lo que se tomó todas las consideraciones técnicas del caso para que dicha instalación sea la más segura, eficiente y técnicamente bien realizada.

5.1.1.2. Especificaciones de los materiales inmersos en la instalación

5.1.1.2.1. Cableado

Como técnicos corresponde hacer un adecuado dimensionamiento del conductor, ya que de esto dependerá un funcionamiento óptimo de la instalación.

5.1.1.2.1.1. Dimensionamiento del conductor

Datos

Niquelinas	Electroválvulas	Fuente
110V	110V	110V
1.5KW	10W	100 mA

Porcentaje de seguridad y elevación de carga= 5%

Siendo

$$P = V \cdot I$$

Para las niquelinas

$$1500 = 110 \cdot I$$

$$I = \frac{1500}{110}$$

$$I = 13.63 \text{ A}$$

Total de corriente para las niquelinas

$$13.63 \times 2 = 27.2 \text{ A}$$

Para las electroválvulas

$$I = \frac{20}{110}$$

$$I = 0.181 \text{ A}$$

Total de corriente para las electroválvulas

$$0.181 \times 2 = 0.362 \text{ A}$$

Total de corriente requerida por los dispositivos

$$0.363 + 27.27 + 0.1 + (\text{porcentaje de seguridad y elevación de carga}) = 27.73 \text{ A}$$

Porcentaje de seguridad y elevación de carga

$$\% = 1.3865 \text{ A}$$

Total de corriente requerida por la instalación

$$27.73 + 1.3865 = \mathbf{29.11 \text{ A}}$$

De acuerdo a la Tabla 11 de calibres de conductores:

Tabla 5.1: Calibres de conductores según la corriente y temperatura.

INTENSIDAD DE CORRIENTE ADMISIBLE PARA CONDUCTORES DE COBRE (SECCIONES AWG)								
AISLADOS TEMPERATURA DE SERVICIO: 60° 75° 90°C								
SECCION	SECCION	GRUPO A			GRUPO B			DESNUDO
		TEMPERATURA DE SERVICIO			TEMPERATURA DE SERVICIO			
Nominal (mm) ²	AWG	60°C	75°C	90°C	60°C	75°C	90°C	
0.32	22	3	3					
0.51	20	5	5					
0.82	18	7.5	7.5					
1.31	16	10	10					
2.08	14	15	15	25	20	20	30	
3.21	12	20	20	30	25	25	40	
5.26	10	30	30	40	40	40	55	
8.25	8	40	40	50	50	50	70	90
13.30	6	55	65	70	80	95	100	130
21.15	4	70	85	90	105	125	135	150
26.67	3	80	100	105	120	145	155	200
33.62	2	95	115	120	140	170	180	230
42.41	1	110	130	140	165	195	210	270
53.49	1/0	125	150	155	195	230	245	310
67.42	2/0	145	175	185	225	265	285	360
85.01	3/0	165	200	210	260	310	330	420
107.2	4/0	195	230	235	300	360	385	490
127	250 MCM	215	255	270	340	405	425	540
152.0	300 MCM	240	285	300	375	445	480	610
177.3	350 MCM	260	310	325	420	505	530	670
202.7	400 MCM	280	355	360	455	545	575	730
253.4	500 MCM	320	380	405	515	620	660	840
304	600 MCM	355	420	455	475	690	740	
354.7	700 MCM	385	460	485	630	735		
380	750 MCM	400	475	500	655	785	845	
405.4	800 MCM	410	490		680	815		
456	900 MCM	435	520		730	870		
506.7	1000 MCM	455	545	585	780	925	1000	
633.4	1250 MCM	495	590		890	1065		
760.1	1500 MCM	520	625		980	1175		
886.7	1750 MCM	545	650		1070	1280		
1013	2000 MCM	560	665		1155	1385		

Grupo A: Hasta 3 conductores en tubo o en cable o directamente enterrados.
Grupo B: Conductor simple al aire libre.

Debido a que los conductores van cubiertos por tubo seleccionamos el Grupo B a 60 grados de temperatura, lo que nos da como resultado un conductor calibre 10 AWG de 5.26 mm² de sección.

5.1.1.2.2. Protección no eléctrica

Como se manifestó anteriormente es necesaria una protección para los conductores de la instalación de potencia por lo que se optó en utilizar manguera anillada PVC de ¼ de diámetro.



Figura 5.1- Protección contra la intemperie.

5.1.1.2.3. Protección eléctrica

Debido a que a nivel nacional se está expuesto a sobresaltos de electricidad es requisito de una buena instalación usar protecciones que garanticen la durabilidad de la instalación así como la de todos los dispositivos inmersos en el proyecto.

Es por esto que se optó por una protección con breakers la cual protegerá toda instalación, además de la protección propia de la instalación domiciliaria.

Protección definida en la siguiente figura.



Figura 5.2- Protección eléctrica, Breaker QO115 S.D. Interruptor de 1 polo, 30 Amperios 120 Voltios.

5.1.1.3. Procedimiento de construcción

5.1.1.3.1. Conexión eléctrica

La conexión eléctrica que se encargará de energizar todo el sistema de control automático y de potencia, es tomada de la conexión residencial del tercer piso del domicilio.

Se lleva a cabo la conexión con alambre de cobre sólido AWG 10 que es el adecuado para poder proveer un camino óptimo para la demanda de corriente de las niuelinas dimensionado anteriormente.

La conexión principal así como la de los elementos que se integran a la caja de control se protegen con manguera anillada de PVC de ½" color gris.

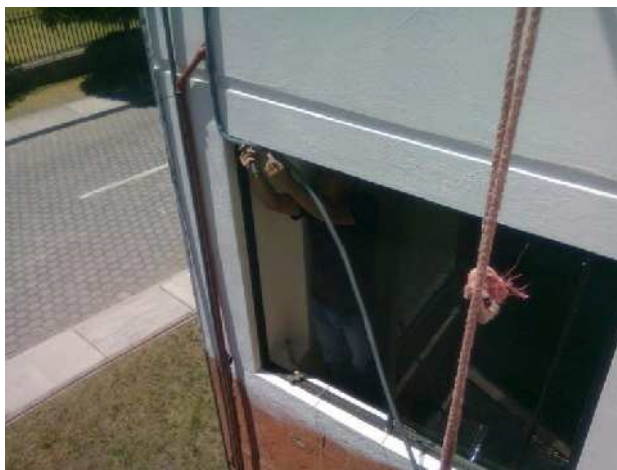


Figura 5.3- Instalación de la manguera protectora del conductor.

La toma de energía, proviene del cajetín para la conexión de una ducha en la regadera del baño más próximo a la ubicación del proyecto, esto economiza bastante los costos que se incurren por concepto de material eléctrico. Además, es posible cuidar de mejor manera la estética del tercer piso.



Figura 5.4- Toma del cajetín ubicado en el tercer piso.

La disposición de los elementos dentro de la caja de control se la realizó de tal manera que sea muy accesible la instalación de los puentes y de las conexiones al controlador.

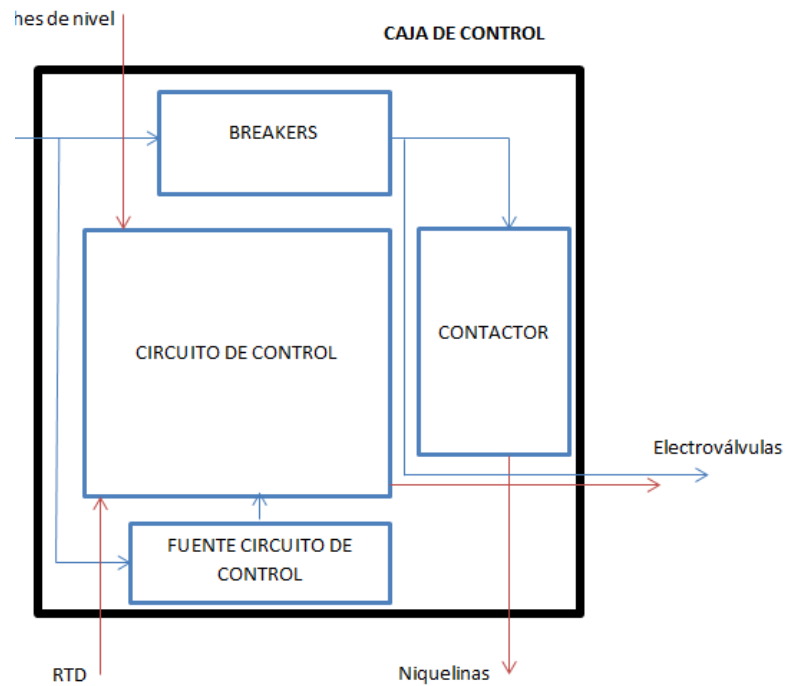


Figura 5.5- Diseño de la distribución de los elementos en el cajetín.



Figura 5.6- Elementos distribuidos de acuerdo al diseño en el cajetín.



Figura 5.7- Caja controladora del sistema.



Figura 5.8- Proyecto finalizado

CAPÍTULO 6

6.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.1. CONCLUSIONES

✓ Finalizado el proyecto, puede verificarse que el grado de utilidad propia del sistema implementado es bastante elevado, puesto que en eventuales racionamientos de agua el diseño del sistema es óptimo, permitiendo realizar dos ciclos completos de lavado sin necesidad de una alimentación de agua.

✓ Es importante indicar que la piedra angular del proyecto es el tanque de almacenamiento de agua fría, puesto que las lavadoras, de acuerdo a su programación de lavado, realizan todos los enjuagues solamente con agua fría, siendo importante el calentador de agua únicamente durante la primera carga de agua de acuerdo a la temperatura seleccionada.

✓ De acuerdo a la distribución de las lavadoras proporcionada por el propietario del domicilio, el sistema, en un inicio diseñado para proveer agua a un conjunto de tres lavadoras, se encuentra proveyendo del líquido solamente a dos de las tres lavadoras ya que la tercera, y eventual cuarta, lavadora se encuentran ubicadas en la terraza del domicilio con el único objetivo de centrifugar la ropa que se lava a mano en las piedras de lavar construidas en la terraza.

✓ El calentador de agua posee especificaciones que lo hacen económico en cuanto a su demanda de energía para calentar la cantidad de agua requerida por el sistema (55 galones), ya que solo consume la energía equivalente a las duchas eléctricas domésticas esto es 3 kw/h. además, su construcción es de fácil ejecución así como de menor costo, razón por la cual este tipo de calentador fue elegido. Además, el fuerte del calentador de agua es su capacidad de aislar térmicamente el líquido lo cual favorece la concentración de calor y que la energía eléctrica convertida en calor no se disipe fácilmente.

✓ Se concluye que el proyecto ha cubierto todas las expectativas fijadas al principio ya que se logró cumplir el objetivo de alimentar las tres lavadoras desde los tanques de agua caliente y fría, construyendo el calentador de agua caliente además de disminuir la demanda de agua de la línea con el reservorio fría y

también controlar todo el sistema desde un circuito controlador comandado por un PIC.

✓ Durante la realización de las pruebas finales del proyecto notamos que la temperatura mostrada, a través del LCD, no correspondía con la temperatura física del agua. Una clara señal fue la presencia de vapor de agua cuando el LCD mostraba 40° C.

Por tanto, era inminente realizar una calibración de temperatura mediante la modificación de la programación dentro del PIC. Para el efecto, empleamos una termocupla tipo K y un multímetro capaz de medir temperatura, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuando el LCD muestra 20 °C la temperatura medida es 30°

Cuando el LCD muestra 30 °C la temperatura medida es 45°

Lo anterior se resume en la siguiente figura:

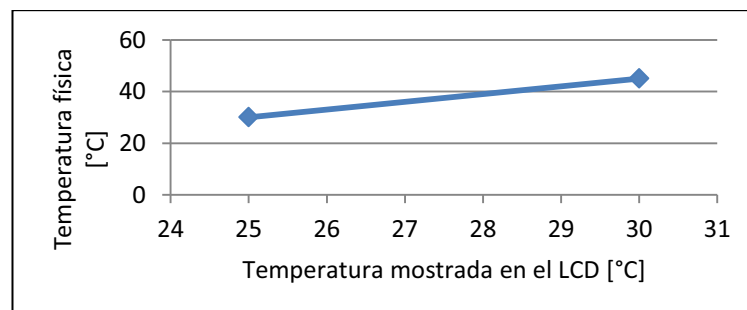


Figura 6.1- Relación de temperatura para calibrar el sistema.

Del gráfico anterior obtenemos la relación existente entre la temperatura mostrada en el LCD y la temperatura física del agua. Por medio de la ecuación de la recta podemos encontrar la corrección deseada para poder mostrar en el LCD la temperatura física:

$$Temp. física = 3 Temp. mostrada en LCD - 45 \quad (6.1)$$

Aplicamos dicha corrección en el archivo .BAS de la programación del PIC como se puede apreciar en la siguiente captura de pantalla para finalmente tener una temperatura física a través del LCD:

```

213      Rtd=datatemp ' almacena valor de tempeeratura
214      RTDA=(3*Rtd)-45 'corrije la temperatura
215      Rtd=RTDA

```

Figura 6.2- Calibración de temperatura mediante programación del PIC

6.1.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Es imprescindible contar con un protector impermeable para proteger el equipo calentador de agua, ya que el diseño no fue concebido para ser hermético debido a la complejidad de la estructura y los materiales empleados en su construcción. Frente a una lluvia el principal elemento que se comprometería sería la lana de vidrio contenida en la periferia del tanque de agua caliente, si esto llegara a ocurrir se recomienda suspender el uso del calentador de agua hasta que la lana de vidrio se seque, de lo contrario el aislamiento térmico no tendría lugar convirtiéndose en una pérdida de energía en forma de calor.
- ✓ Se recomienda al usuario tener especial cuidado en la limpieza de los tanques de almacenamiento, ya que cualquier partícula sólida puede obstaculizar las electroválvulas empleadas en todo el sistema e incluso las electroválvulas propias de las lavadoras.
- ✓ Se recomienda la periódica revisión del estado tanto de la instalación, así como de todo lo concerniente al proyecto por técnicos capacitados puesto que solo dichos técnicos estarán capacitados para solucionar cualquier inconveniente.
- ✓ Como recomendación al pensum de estudio es importante solicitar que se realicen prácticas de laboratorio donde el tema central sea la elaboración de placas de circuitos impresos con el fin de desarrollar habilidades en el estudiante y así evitar que a la hora de realizar una tarjeta electrónica se presenten tantas dificultades como las que se atravesó en la realización de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

Libros

ABRAHAM MARCUS, Electricidad Para Técnicos Editorial Diana México Julio 1973.

ENRÍQUEZ HARPER, Protecciones De Instalaciones Eléctricas Industriales Y Comerciales Editorial LIMUSA Noriega Editores.

HERBERT TAUB, Circuitos Digitales Y Microprocesadores Editoriales Mc Graw Hill.

JOSÉ M. ANGULO UZAREGUI, Microcontroladores PIC (diseño práctico de aplicaciones) Tercera Edición.

CREATIVE PUBLISHING INTERNATIONAL, INC. , EN COLABORACION CON BLACK & DECKER CORPORATION, La Guía Completa Sobre Instalaciones Eléctricas Editor: Home Improvement Group 2009.

ANDRES BARRADO BAUTISTA - ANTONIO LAZARO BLANCO, Problemas De Electrónica De Potencia Editorial Pearson Prentice Hall 2007.

C. B. GRAY, Maquinas Eléctricas y Sistemas Accionadores Alfaomega 1993.

Páginas de internet

MICROCONTROLADORES PIC.

<http://www2.ing.puc.cl/~iee3912/files/pic.pdf>

http://web.ing.puc.cl/~mtorrest/downloads/pic/tutorial_pic.pdf

SENSORES TEMPERATURA.

http://www.spiraxsarco.com/ar/pdfs/TI/043_p320-48_01_pt100.pdf

<http://www.fisicarecreativa.com/guias/sensorestemp.pdf>

<http://www.ingecozs.com/pt100.pdf>

<http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080306-Sensores-parte II.temperatura.pdf>

SENSORES DE NIVEL.

<http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/080306-Sensores-parte IV.nivel.pdf>

CALENTADOR DE AGUA.

http://es.wikipedia.org/wiki/Calentador_de_agua

http://www.ecobee.com/wp-content/themes/ecobee/etc/IMR5-012011_SP_V21WEB.pdf

<http://www.salvadorescoda.com/tecnico/cc/manual-calentadores-STIEBEL.pdf>

<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/824/2/CAPITULO%202.pdf>

LAVADORAS.

<http://html.rincondelvago.com/lavadoras.html>

ELECTROVÁLVULAS.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

ANEXOS

ANEXO A- Datasheet de la RTD usada en el proyecto



spirax/sarco

TI-P320-48AR
05.07

Sensor de Temperatura Pt100

Descripción

El sensor de temperatura Pt100 está compuesto por una resistencia de alambre de platino, bobinado en un cuerpo de óxido de aluminio recubierta a su vez en una vaina de acero inoxidable y un cableado de conexiones.

Materiales

No.	Parte	Material
1.	Cableado	Aleación de aluminio pintada
2.	Vaina	Acero inoxidable AISI 316

Datos técnicos

Temperatura mínima	-100°C/+200°C
Sensor	Pt100 (Clase B)
Aislación eléctrica	IP65
Temperatura ambiente	-30°C/+80°C
Calibración	DIN 43760, IEC 751
Resistencia a 0°C	100 ohms

Dimensiones (aproximadas en milímetros)

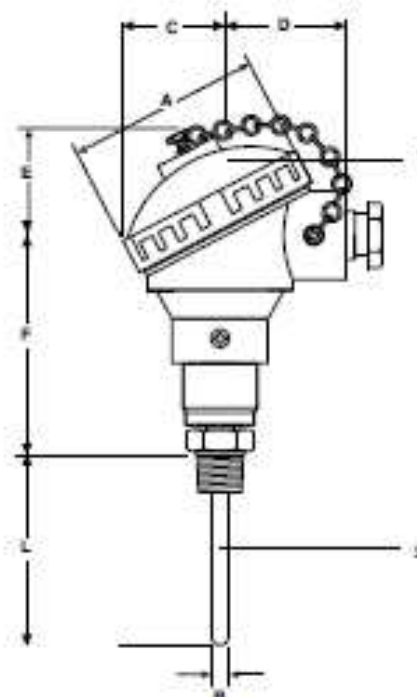
A	B	C	D	E	F	L
64	6,35	33	58	40	53	175

Medidas y conexiones

W BSP

Cómo especificar

Sensor de temperatura Pt100, con vaina de acero inoxidable AISI 316 de 6,35 mm de diámetro y 175 mm de longitud.



ANEXO B- Datasheet de los switches de nivel

Liquid level Controller of Water tower

Operational Instructions

SK-IV Type Liquid Level Controller of Water Tower Instructions

一 Purpose:

This product is applicable for automatic control of water level in water supply systems, such as self-prepared water pump, well, reservoir, water tower and cooling tower etc. in factories and houses (see chart of water supply system).

二 Features:

This controller adopts stable and reliable way of mechanical and electrical linkage to automatically control work of water pump, thus secures constancy of water storage in water supply tower, components of the product are made of high quality plastic and stainless steel etc, so the performance will not be influenced by peripheral weather changes and corrosion of well water, compared to previous electronic sensor type controllers, it has features of simple structure, low cost, good reliability, long service life, convenient mounting and repair and randomly adjustable water level etc. this water level automatic controller is a new generation of product which supercedes various electronic controllers and becomes an ideal choice for customers.

Our company will provide undisputable quality and excellent services for every customer of "Zhongma". customers could purchase our products through telephone or by mail, we will delivery products upon receiving funds, product could be repaired within one year due to quality problems, and in the second year they could be repaired by us, cost fee will be charged and repair fee is free, please recognize "Zhongma" Trademark accurately.

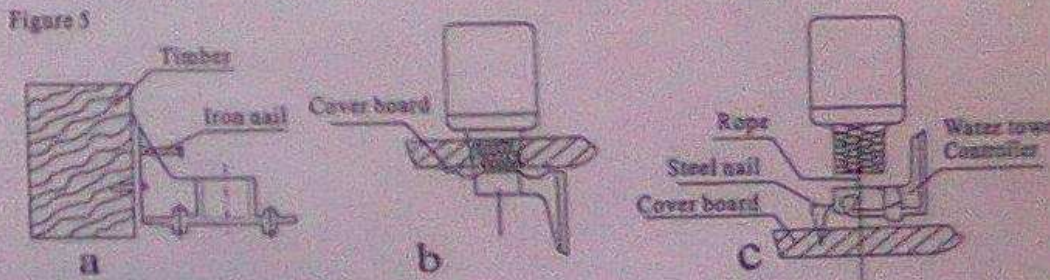
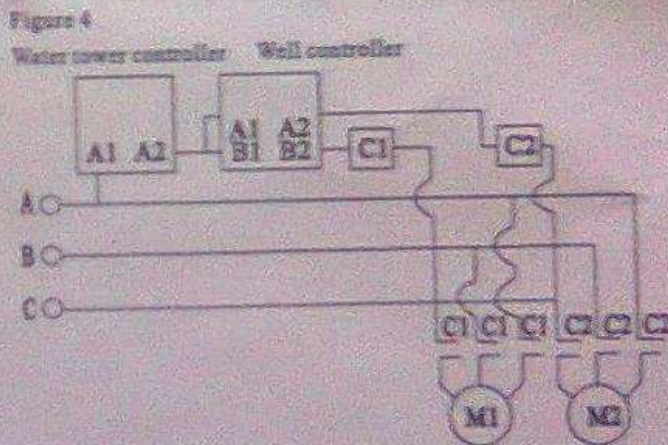
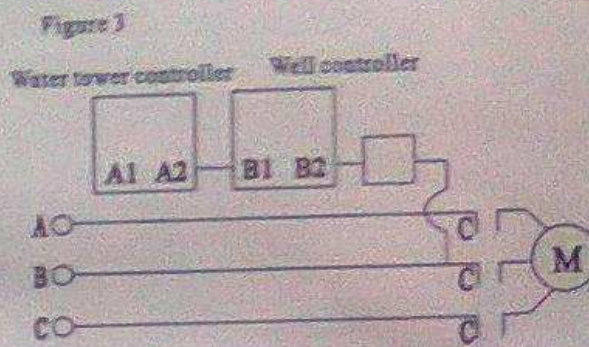
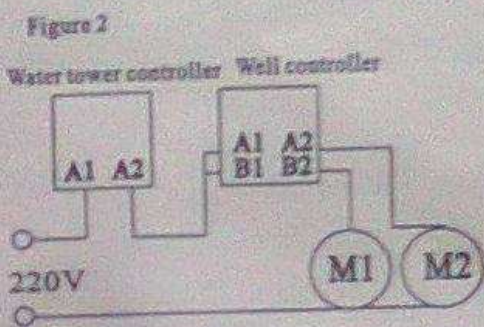
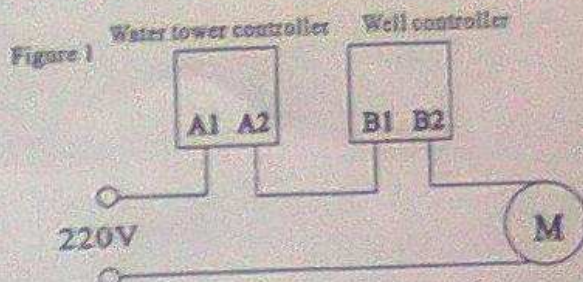
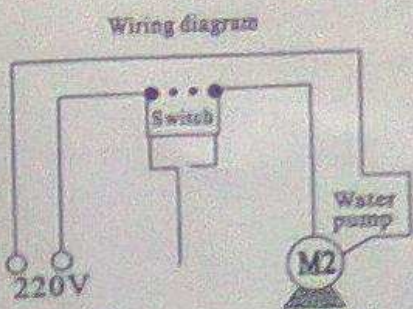
三 Working principle:

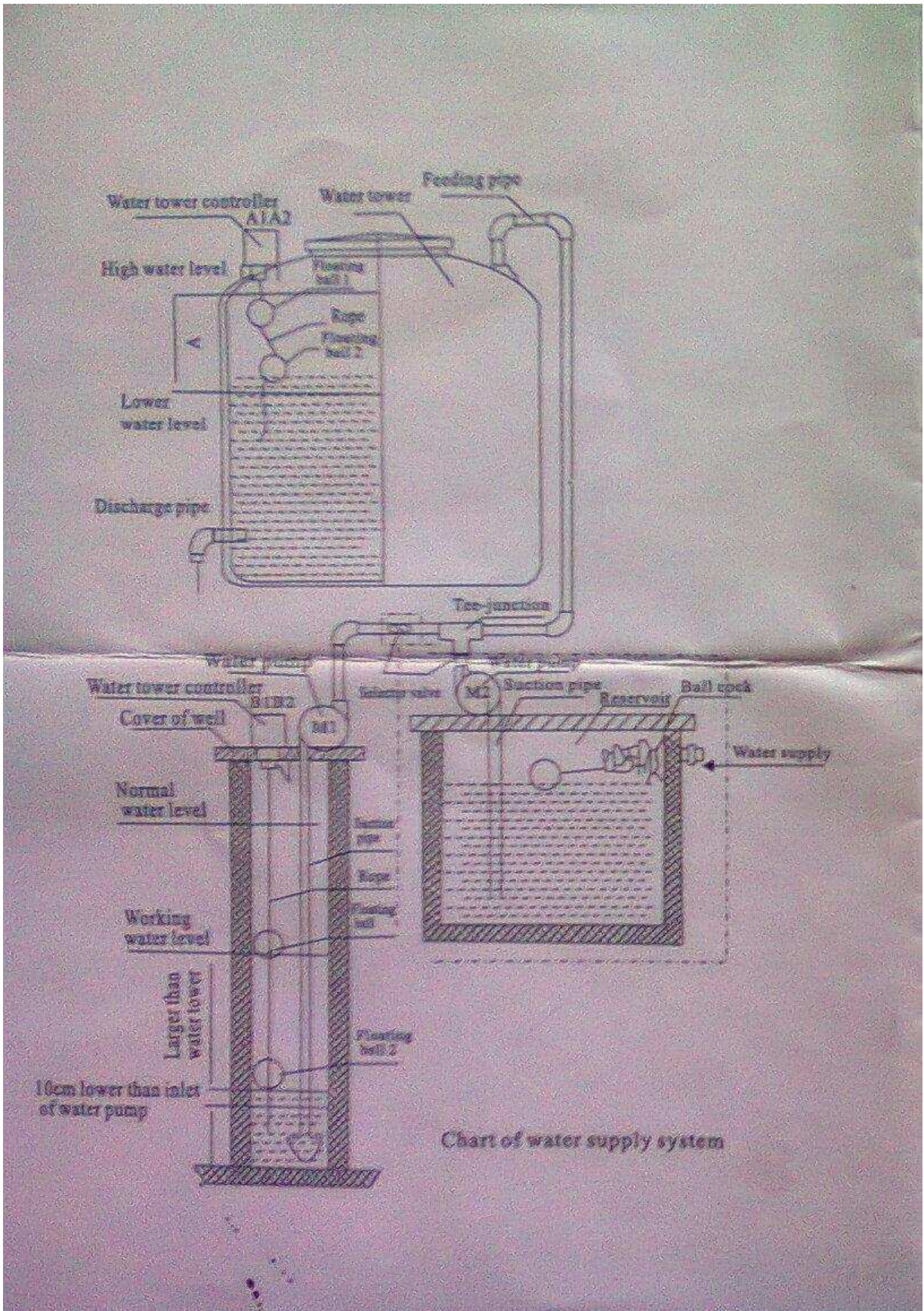
When water level in the tower drops to low level, due to sole weight of two floating balls in the tower, controllers A1 and A2 in water tower are closed, water pump M1 works, water level of tower increases, floating balls also increase, when water level reaches high level, two floating balls are weightless, A1 and A2 break, water pump M1 stops.

The above-mentioned movements are working states of well water on working water level, if there is no water in the well, sole weight of the two floating balls enables water tower controllers B1 and B2 to break, water pump M1 could not start, so motor is protected to be burnt due to heating generated by racing of water pump. When well reaches working water level, two floating balls in the well are weightless, well controllers B1 and B2 are closed then water pump M1 could work (as shown in Figure 1).

If water level in the well is insufficient for a long time, water pump M2 could be connected additionally (used in reservoir, shows as broken line in the chart of water supply system), if there is no water in the well, due to sole weight of two floating balls in the well, well controllers A1 and A2 are closed, water pump M2 works to guarantee water storage in water tower. (As shown in Figure 2).

Three-phase power supply is used in Figure 3 and Figure 4, working principle is the same as that mentioned above. Figure 5a, b, c are methods of fixing the controller.





ANEXO C- Datasheet del Pic usado en el proyecto



MICROCHIP

PIC16F87X **Data Sheet**

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH
Microcontrollers



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

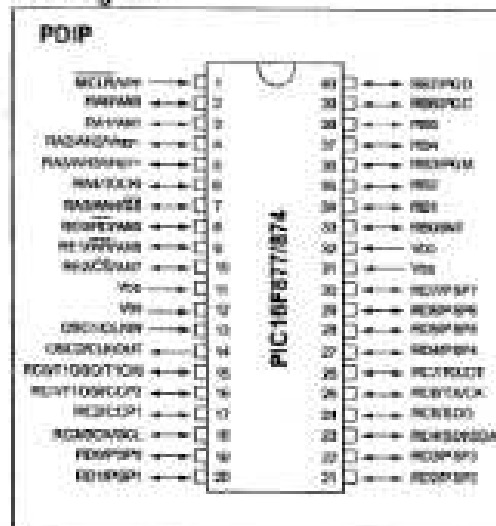
Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873
- PIC16F870
- PIC16F874
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- High performance RISC CPU
- Only 35 single word instructions to learn
- All single cycle instructions except for program branches which pro two cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
DC - 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of FLASH Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM)
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to the PIC16C73 B74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM
technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two
pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature
ranges
- Low-power consumption:
 - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
 - 20 µA typical @ 3V, 32 KHz
 - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram

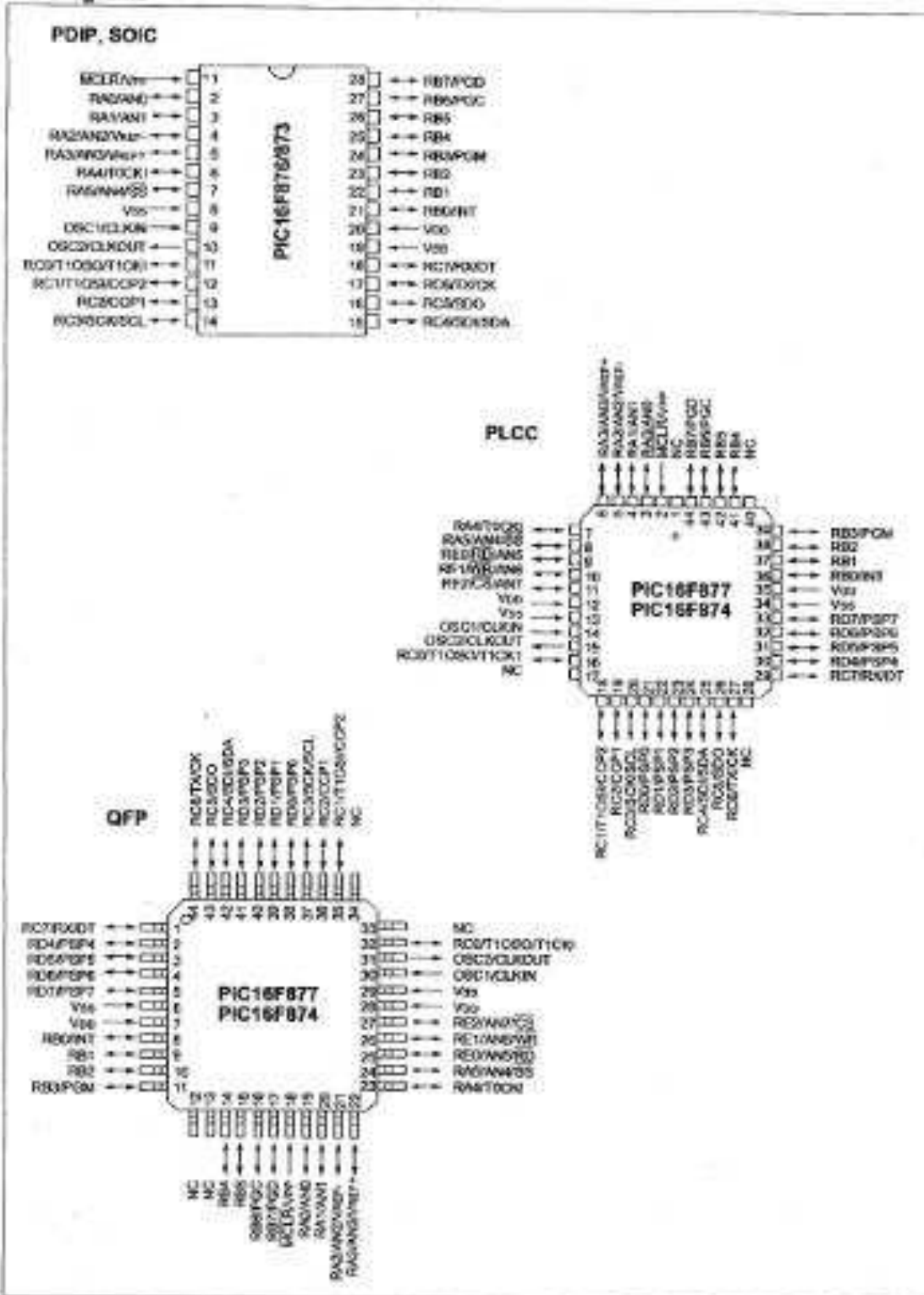


Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during SLEEP via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master
mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) 8-bits wide, with
internal RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

PIC16F87X

Pin Diagrams



PIC16F87X

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
Operating Frequency	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz	DC - 20 MHz
RESETS (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
FLASH Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
I/O Ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM Modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

ANEXO D- Datasheet del acondicionador de señal



AN682

Using Single Supply Operational Amplifiers in Embedded Systems

Author: *Bonnie Baker*
Microchip Technology Inc.

INTRODUCTION

Beyond the primitive transistor, the operational amplifier is the most basic building block for analog applications. Fundamental functions such as gain, load isolation, signal inversion, level shifting, adding and/or subtracting signals are easily implemented with this building block. More complex circuits can also be implemented, such as the instrumentation amplifier, a current to voltage converter, and filters, to name only a few. Regardless of the level of complexity of the operational amplifier circuit, knowing the fundamental operation and behavior of this building block will save a considerable amount of upfront design time.

Formal classes on this subject can be very comprehensive and useful. However, many times they fall short in terms of experience or common sense. For instance, a common mistake that is made when designing with operational amplifiers is to neglect to include the bypass capacitors in the circuit. Operational amplifier theory often overlooks this practical detail. If the bypass capacitor is missing, the amplifier circuit could oscillate at a frequency that "theoretically" doesn't make sense. If text book solutions are used, this is a difficult problem to solve.

This application note is divided into three sections. The first section will list fundamental amplifier applications with the design equations included. These amplifier circuits were selected with embedded system integration in mind.

The second section will use these fundamental circuits to build useful amplifier functions in embedded control applications.

The third section will identify the most common single supply operational amplifier (op amp) circuit design mistakes. This list of mistakes has been gathered over many years of trouble shooting circuits with numerous designers in the industry. The most common design pitfalls can easily be avoided if the check list from this short tutorial is used.

FUNDAMENTAL OPERATIONAL AMPLIFIER CIRCUITS

The op amp is the analog building block that is analogous to the digital gate. By using the op amp in the design, circuits can be configured to modify the signal in the same fundamental way that the inverter, AND, and OR gates do in digital circuits. In this section, fundamental building blocks such as the voltage follower, non-inverting gain and inverting gain circuits will be discussed. This will be followed by a rail splitter, difference amplifier, summing amplifier and current to voltage converter.

Voltage Follower Amplifier

Starting with the most basic op amp circuit, the buffer amplifier (shown in Figure 1) is used to drive heavy loads, solve impedance matching problems, or isolate high power circuits from sensitive, precise circuitry.

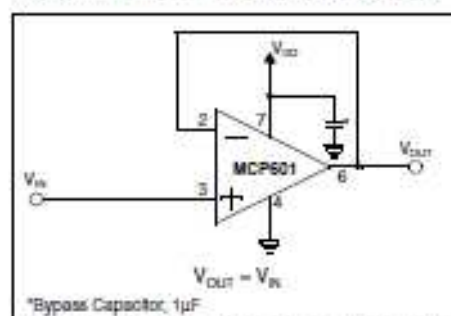


Figure 1: Buffer Amplifier, also called a voltage follower.

The buffer amplifier, shown in Figure 1, can be implemented with any single supply, unity gain stable amplifier. In this circuit as with all amplifier circuits, the op amp must be bypassed with a capacitor. For single supply amplifiers that operate in bandwidths from DC to megahertz, a 1µF capacitor is usually appropriate. Sometimes a smaller bypass capacitor is required for amplifiers that have bandwidths up to the 10s of megahertz. In these cases a 0.1µF capacitor would be appropriate. If the op amp does not have a bypass capacitor or the wrong value is selected, it may oscillate.

The analog gain of the circuit in Figure 1 is +1 V/V. Notice that this circuit has a positive overall gain but the feedback loop is tied from the output of the amplifier to

AN682

the inverting input. An all too common error is to assume that an op amp circuit that has a positive gain requires positive feedback. If positive feedback is used, the amplifier will most likely drive to either rail at the output.

This amplifier circuit will give good linear performance across the bandwidth of the amplifier. The only restrictions on the signal will occur as a result of a violation of the input common-mode and output swing limits. Those limitations will be discussed in the third section of this application note ("Amplifier Design Pitfalls").

If this circuit is used to drive heavy loads, the amplifier that is actually selected must be specified to provide the required output currents. Another application where this circuit may be used is to drive capacitive loads. Not every amplifier is capable of driving capacitive loads without becoming unstable. If an amplifier can drive capacitive loads, the product data sheet will highlight this feature. However, if an amplifier can't drive capacitive loads, the product data sheets will not explicitly say.

Another use for the buffer amplifier is to solve impedance matching problems. This would be applicable in a circuit where the analog signal source has a relatively high impedance as compared to the impedance of the following circuitry. If this occurs, there will be a voltage loss with the signal as a consequence of the voltage divider between the source's impedance and the following circuitry's impedance. The buffer amplifier is a perfect solution to the problem. The input impedance of the non-inverting input of an amplifier can be as high as $10^{12} \Omega$ for CMOS amplifiers. In addition, the output impedance of this amplifier configuration is usually less than 10Ω .

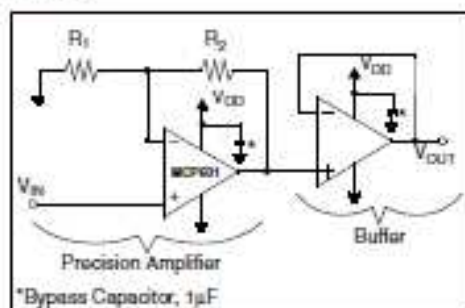


Figure 2: Load isolation is achieved using a buffer amplifier.

Yet another use of this configuration is to separate a heat source from sensitive precision circuitry, as shown in Figure 2. Imagine that the input circuitry to this buffer amplifier is amplifying a $100\mu V$ signal. This type of amplification is difficult to do with any level of accuracy in the best of situations. This precision measurement can easily be disrupted by changing the output current drive of the device that is doing the amplification work. An increase in current drive will cause self heating of the chip which will induce an offset change. An analog

buffer can be used to perform the function of driving heavy loads while the front end circuitry can be used to make precision measurements.

Gaining Analog Signals

The buffer solves a lot of analog signal problems, however, there are instances in circuits where a signal needs to be gained. Two fundamental types of amplifier circuits can be used. With the first type, the signal is not inverted as shown in Figure 3. This type of circuit is useful in single supply¹ amplifier applications where negative voltages are usually not possible.

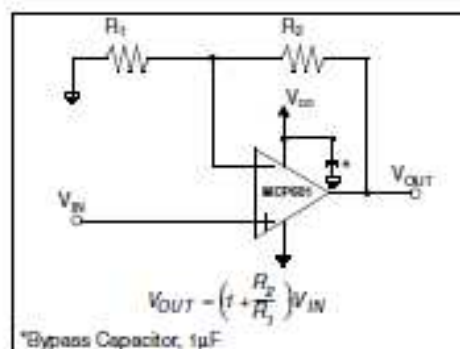


Figure 3: Operational amplifier configured in a non-inverting gain circuit.

The input signal to this circuit is presented to the high impedance, non-inverting input of the op amp. The gain that the amplifier circuit applies to the signal is equal to:

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_{IN}$$

Typical values for these resistors in single supply circuits are above $2k\Omega$ for R_2 . The resistor, R_1 , restrictions are dependent on the amount of gain desired versus the amount of amplifier noise and input offset voltage as specified in the product data sheet of the op amp.

Once again, this circuit has some restrictions in terms of the input and output range. The non-inverting input is restricted by the common-mode range of the amplifier. The output swing of the amplifier is also restricted as stated in the product data sheet of the individual amplifier. Most typically, the larger signal at the output of the amplifier causes more signal clipping errors than the smaller signal at the input. If undesirable clipping occurs at the output of the amplifier, the gain should be reduced.

1. For this discussion, single supply implies that the negative supply pin of the operational amplifier is tied to ground and the positive supply pin is tied to +5V. All discussion in this application note can be extrapolated to other supply voltages where the single supply exceeds 5V or dual supplies are used.

AN682

An inverting amplifier configuration is shown in Figure 4. With this circuit, the signal at the input resistor, R_1 , is gained and inverted to the output of the amplifier. The gain equation for this circuit is:

$$V_{OUT} = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right)V_N + \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_{BIAS}$$

The ranges for R_1 and R_2 are the same as in the non-inverting circuit shown in Figure 3.

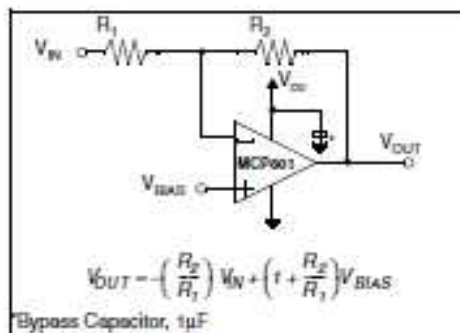


Figure 4: Operational amplifier configured in an inverting gain circuit. In single supply environments a V_{BIAS} is required to insure the output stays above ground.

In single supply applications, this circuit can easily be misused. For example, let R_2 equal 10kΩ, R_1 equal 1kΩ, V_{DD} equal 0V, and the voltage at the input resistor, R_1 , equal to 100mV. With this configuration, the output voltage would be -1V. This would violate the output swing range of the operational amplifier. In reality, the output of the amplifier would go as near to ground as possible.

The inclusion of a DC voltage at V_{BIAS} in this circuit solves this problem. In the previous example, a voltage of 225mV applied to V_{BIAS} would level shift the output signal up 2.475V. This would make the output signal equal to (2.475V - 1V) or 1.475V at the output of the amplifier. Typically, the average output voltage should be designed to be equal to $V_{DD}/2$.

Single Supply Circuits and Supply Splitters

As was shown in the inverting gain circuit (Figure 4), single supply circuits often need a level shift to keep the signal between negative (usually ground) and positive supply pins. This level shift can be designed with a single amplifier and a combination of resistors and capacitors as shown in Figure 5. Many times a simple buffer amplifier without compensation capacitors will accomplish this task. In other cases the level shift circuit will see dynamic or transient load changes, like the reference to an Analog-to-Digital (A/D) converter. In these applications, the level shift circuit must hold its voltage constant. If it does change, a conversion error might be observed.

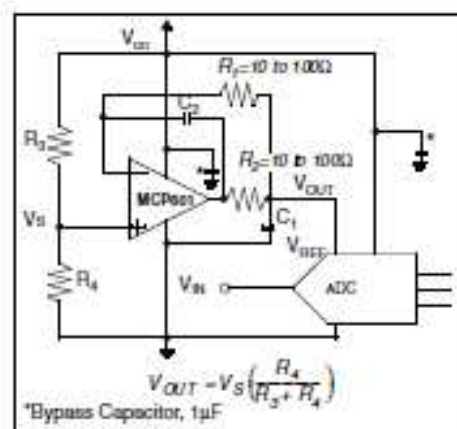


Figure 5: A supply splitter is constructed using one operational amplifier. The type of function is particularly useful in single supply circuits.

A solid level shift voltage can easily be implemented using a voltage divider (R_2 and R_4) or a reference voltage source buffered by the amplifier. The transfer function for this circuit is:

$$V_{OUT} = V_{DD} \left(\frac{R_4}{R_2 + R_4} \right)$$

The circuit in Figure 5 has an elaborate compensation scheme to allow for the heavy capacitive load, C_1 . The benefit of this big capacitor is that it presents a very low AC resistance to the reference pin of the A/D converter. In the AC domain, the capacitor serves as a charge reservoir that absorbs any momentary current surges which are characteristic of sampling A/D converter reference pins.

The Difference Amplifier

The difference amplifier combines the non-inverting amplifier and inverting amplifier circuits of Figure 3 and Figure 4 into a signal block that subtracts two signals. The implementation of this circuit is shown in Figure 6.

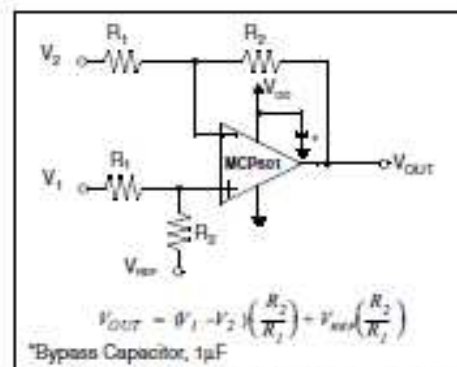


Figure 6: Operational amplifier configured in a difference amplifier circuit.

AN682

The transfer function for this amplifier circuit is:

$$V_{OUT} = V_1 - V_2 \left(\frac{R_2}{R_1} \right) + V_{ERR} \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

This circuit configuration will reliably take the difference of two signals as long as the signal source impedances are low. If the signal source impedances are high with respect to R_1 , there will be a signal loss due to the voltage divider action between the source and the input resistors to the difference amplifier. Additionally, errors can occur if the two signal source impedances are mismatched. With this circuit it is possible to have gains equal to or higher than one.

Summing Amplifier

Summing amplifiers are used when multiple signals need to be combined by addition or subtraction. Since the difference amplifier can only process two signals, it is a subset of the summing amplifier.

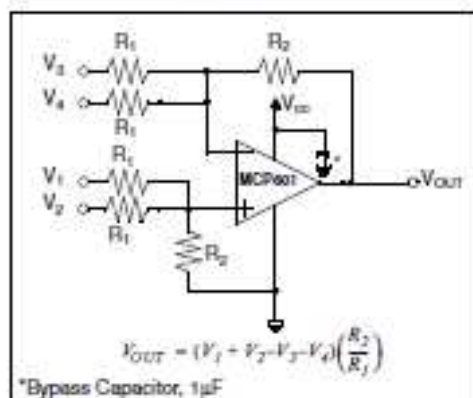


Figure 7: Operational amplifier configured in a summing amplifier circuit.

The transfer function of this circuit is:

$$V_{OUT} = (V_1 + V_2 + V_3 + V_4) \left(\frac{R_2}{R_1} \right)$$

Any number of inputs can be used on either the inverting or non-inverting input sides as long as there are an equal number of both with equivalent resistors.

Current to Voltage Conversion

An operational amplifier can be used to easily convert the signal from a sensor that produces an output current, such as a photodiode, into a voltage. This is implemented with a single resistor and an optional capacitor in the feedback loop of the amplifier as shown in Figure 8.

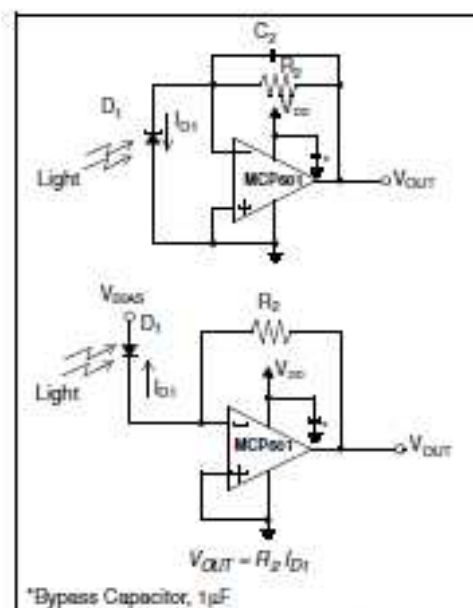


Figure 8: Current to voltage converter using an amplifier and one resistor. The top light scanning circuit is appropriate for precision applications. The bottom circuit is appropriate for high speed applications.

As light impinges on the photo diode, charge is generated, causing a current to flow in the reverse bias direction of the photodiode. If a CMOS op amp is used, the high input impedance of the op amp causes the current from the detector (I_{D1}) to go through the path of lower resistance, R_2 . Additionally, the op amp input bias current error is low because it is CMOS (typically <200 pA). The non-inverting input of the op amp is referenced to ground which keeps the entire circuit biased to ground. These two circuits will only work if the common mode range of the amplifier includes zero.

Two circuits are shown in Figure 8. The top circuit is designed to provide precision sensing from the photodiode. In this circuit the voltage across the detector is nearly zero and equal to the offset voltage of the amplifier. With this configuration, current that appears across the resistor, R_2 , is primarily a result of the light excitation on the photodiode.

The photosensing circuit on the bottom of Figure 8 is designed for higher speed sensing. This is done by reverse biasing the photodiode, which reduces the parasitic capacitance of the diode. There is more leakage through the diode which causes a higher DC error.

AN682

USING THE FUNDAMENTALS

Instrumentation Amplifier

Instrumentation amplifiers are found in a large variety of applications from medical instrumentation to process control. The instrumentation amplifier is similar to the difference amplifier in that it subtracts one analog signal from another, but it differs in terms of the quality of the input stage. A classic, three op amp instrumentation amplifier is illustrated in Figure 9.

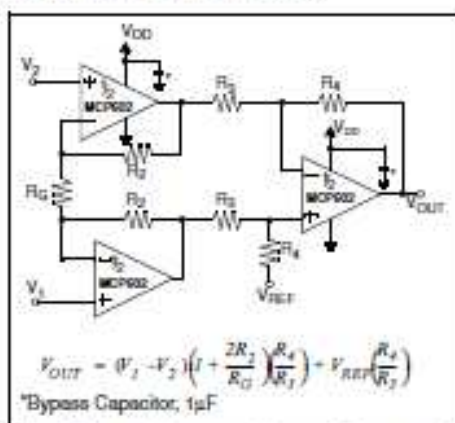


Figure 9: An instrumentation amplifier can be designed using three amplifiers. The input operational amplifiers provide signal gain. The output operational amplifier converts the signal from two inputs to a single ended output with a difference amplifier.

With this circuit the two input signals are presented to the high impedance non-inverting inputs of the amplifiers. This is a distinct advantage over the difference amplifier configuration when source impedances are high or mismatched. The first stage also gains the two incoming signals. This gain is simply adjusted with one resistor, R_1 .

Following the first stage of this circuit is a difference amplifier. The function of this portion of the circuit is to reject the common mode voltage of the two input signals as well as differentiate them. The source impedances of the signals into the input of the difference amplifier are low, equivalent and well controlled.

The reference voltage of the difference stage of this instrumentation amplifier is capable of spanning a wide range. Most typically this node is referenced to half of the supply voltage in a signal supply application. A supply splitter such as the circuit in Figure 5 can be used for this purpose. The transfer function of this circuit is:

$$V_{OUT} = (V_1 - V_2) \left(1 + \frac{2R_2}{R_1} \right) \left(\frac{R_4}{R_3} \right) + V_{REF} \left(\frac{R_4}{R_3} \right)$$

A second instrumentation amplifier is shown in Figure 10. In this circuit, the two amplifiers serve the functions of load isolation, and signal gain. The second amplifier also differentiates the two signals.

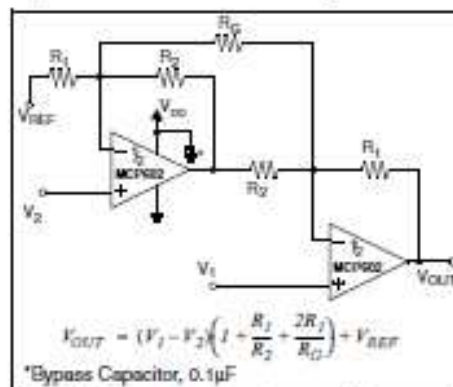


Figure 10: An instrumentation amplifier can be designed using two amplifiers. This configuration is best suited for high gains (gain > 3 V/V).

The circuit reference voltage is supplied to the first op amp in the signal chain. Typically, this voltage is half of the supply voltage in a single supply environment.

The transfer function of this circuit is:

$$V_{OUT} = (V_1 - V_2) \left(1 + \frac{R_2}{R_1} + \frac{2R_3}{R_4} \right) + V_{REF}$$

Floating Current Source

A floating current source can come in handy when driving a variable resistance, like an Resistive Temperature Device (RTD). This particular configuration produces an appropriate 1mA source for an RTD type sensor, however, it can be tuned to any current.

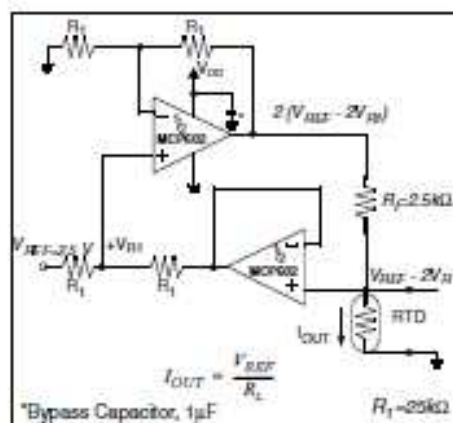


Figure 11: A floating current source can be constructed using two operational amplifiers and a precision voltage reference.

AN682

With this configuration, the voltage of V_{REF} is reduced via the first resistor, R_1 , by the voltage V_{R1} . The voltage applied to the non-inverting input of the top op amp is $V_{REF} - V_{R1}$. This voltage is gained to the amplifier's output by two to equal $2(V_{REF} - V_{R1})$. Meanwhile, the output for the bottom op amp is presented with the voltage $V_{REF} - 2V_{R1}$. Subtracting the voltage at the output of the top amplifier from the non-inverting input of the bottom amplifier gives $2(V_{REF} - V_{R1}) - (V_{REF} - 2V_{R1})$ which equals V_{REF} .

The transfer function of the circuit is:

$$I_{OUT} = \frac{V_{REF}}{R_L}$$

Filters

Bandpass and low pass filters are very useful in eliminating unwanted signals prior to the input of an A/D converter. The low pass filter shown in Figure 12 has two poles that can be configured for a Butterworth filter response. Butterworth filters have a flat magnitude response in the pass-band with good all-around performance.

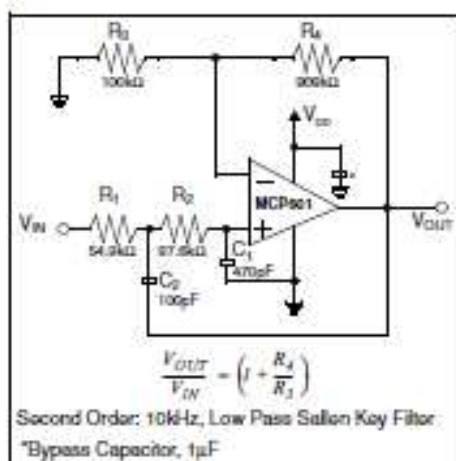


Figure 12: Low pass, 2-pole, active filters are easily designed with one operational amplifier. The resistors and capacitors can be adjusted to implement other filter types, such as Bessel and Chebyshev.

On the down side, there is some overshoot and ringing with a step response through this filter. This may or may not be an issue, depending on the application circuit requirements. The gain of this filter is adjustable with R_3 and R_4 .

Notice the similarities in this gain equation and the non-inverting amplifier shown in Figure 3.

This type of filter is also referred to as an anti-aliasing filter, which is used to eliminate circuit noise in the frequency band above half of nyquist of the sampling system. In this manner, these high frequency noises, that would typically alias back into the signal path, are removed.

The DC gain of the circuit in Figure 12 is:

$$\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right)$$

The bandpass filter shown in Figure 13 is configured with a zero and two poles to accommodate speech applications. The single zero high pass filter portion of this circuit is constructed with C_1 and R_1 in parallel with R_2 . Notice that R_1 and R_2 also creates a supply splitter voltage at the non-inverting inputs of both of the amplifiers. This insures that both operational amplifiers operate in their linear region. The second amplifier, U_2 , in conjunction with the components R_3 , R_4 , C_3 , and C_4 set a two pole corner frequency. This filter eliminates high frequency noise that may be aliased back into the signal path.

The signal gain of this circuit is:

$$V_{OUT} = V_{IN} \left(\frac{R_3}{R_4}\right) \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right)$$

For more details about low pass filters refer to AN689 "Anti-aliasing Analog Filters for Data Acquisitions Systems".

AN682

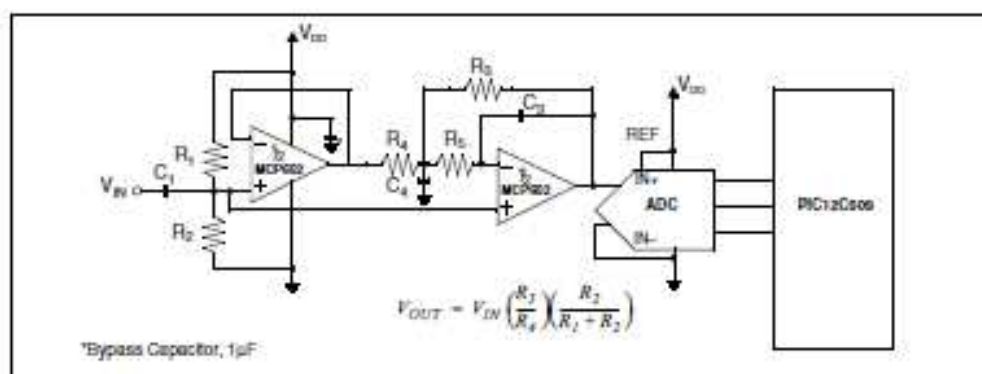


Figure 13: Band pass filters can be implemented with one operational amplifier designed to perform the high pass function and a second amplifier to perform the low pass function.

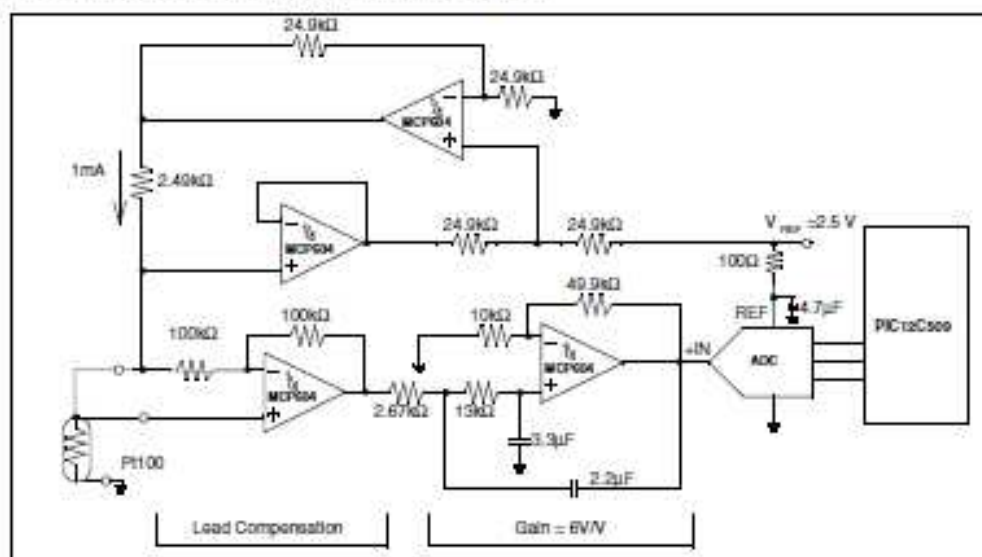


Figure 14: Complete single supply temperature measurement circuit.

Putting it Together

The circuit shown in Figure 14 utilizes four operational amplifiers along with a 12-bit A/D converter to implement a complete single supply temperature measurement circuit. The temperature sensor is an RTD which requires current excitation. The current excitation is supplied by the circuit described in Figure 11. The gain and anti-aliasing filter is implemented with the circuit shown in Figure 13.

The voltage signal from the RTD is sensed by an amplifier that is used in a combination of a non-inverting configuration and inverting configuration.

The output of this amplifier is then sent to an amplifier that is configured as a two pole, low pass filter in a gain of +6V/V. A gain of six was chosen in order to comply with the input range of A/D converter. Assuming the sampling frequency of the A/D converter is 75kHz, which is also known as the Nyquist frequency, the cut-off frequency of the anti-aliasing filter (U4) is set to 10kHz. This allows plenty of bandwidth for the filter to attenuate the signal prior to 1/2 of Nyquist. The A/D converter is a 12-bit Successive Approximation Register (SAR) converter that is interfaced to the PIC12C509 microcontroller.

AN682

AMPLIFIER DESIGN PITFALLS

Theoretically, the circuits within this application note work. Beyond the theory, however, there are few tips that will help get the circuit right the first time. This section, "Amplifier Design Pitfalls", lists common problems associated with using an op amp with a power supply and an input signal on a PC Board. It is divided into four categories: General Suggestions, Input Stage Problems, Bandwidth Issues, and Single Supply Pitfalls. Hopefully, the most common problems with op amp implementation have been addressed within this application note, however, if you have any other inputs from experience, please e-mail your suggestions to bonnie.baker@microchip.com.

In General

1. Be careful of the supply pins. Don't make them too high per the amplifier specification sheet and don't make them too low. High supplies will damage the part. In contrast, low supplies won't bias the internal transistors and the amplifier won't work or it may not operate properly.
2. Make sure the negative supply (usually ground) is in fact tied to a low impedance potential. Additionally, make sure the positive supply is the voltage you expect when it is referenced to the negative supply pin of the op amp. Placing a volt meter across the negative and positive supply pins will verify that you have the right relationship between the pins.
3. Ground can't be trusted, especially in digital circuits. Plan your grounding schema carefully. If the circuit has a lot of digital circuitry, consider separate ground and power planes. It is very difficult, if not impossible, to remove digital switching noise from an analog signal.
4. Decouple the amplifier power supplies with by-pass capacitors as close to the amplifier as possible. For CMOS amplifiers, a 0.1 μ F capacitor is usually recommended. Also decouple the power supply with a 10 μ F capacitor.
5. Use short lead lengths to the inputs of the amplifier. If you have a tendency to use the white perf boards for prototyping, be aware that they can cause noise and oscillation. There is a good chance that these problems won't be a problem with the PCB implementation of the circuit.
6. Amplifiers are static sensitive! If they are damaged, they may fail immediately or exhibit a soft error (like offset voltage or input bias current changes) that will get worse over time.

Input Stage Problems

1. Know what input range is required from your amplifier. If either inputs of the amplifier go beyond the specified input range, the output will typically be driven to one of the power supply rails.

2. If you have a high gain circuit, be aware of the offset voltage of the amplifier. That offset is gained with the rest of your signal and it might dominate the results at the output of the amplifier.
3. Don't use rail-to-rail input stage amplifiers unless it is necessary. By the way, they are only needed when a buffer amplifier circuit is used or possibly an instrumentation amplifier configuration. Any circuit with gain will drive the output of the amplifier into the rail before the input has a problem.

Do You Have the Bandwidth?

1. Account for the bandwidth of the amplifier when sending signals through the circuit. You may have designed an amplifier for a gain of 10 and find that the AC output signal is much lower than expected. If this is the case, you may have to look for an amplifier with a wider bandwidth.
2. Instability problems can usually be solved by adding a capacitor in parallel with the feedback resistor around the amplifier. This does not mean typically and not always. If an amplifier circuit is unstable, a quick stability analysis will show the problem and probably the solution.

Single Supply Rail-to-Rail

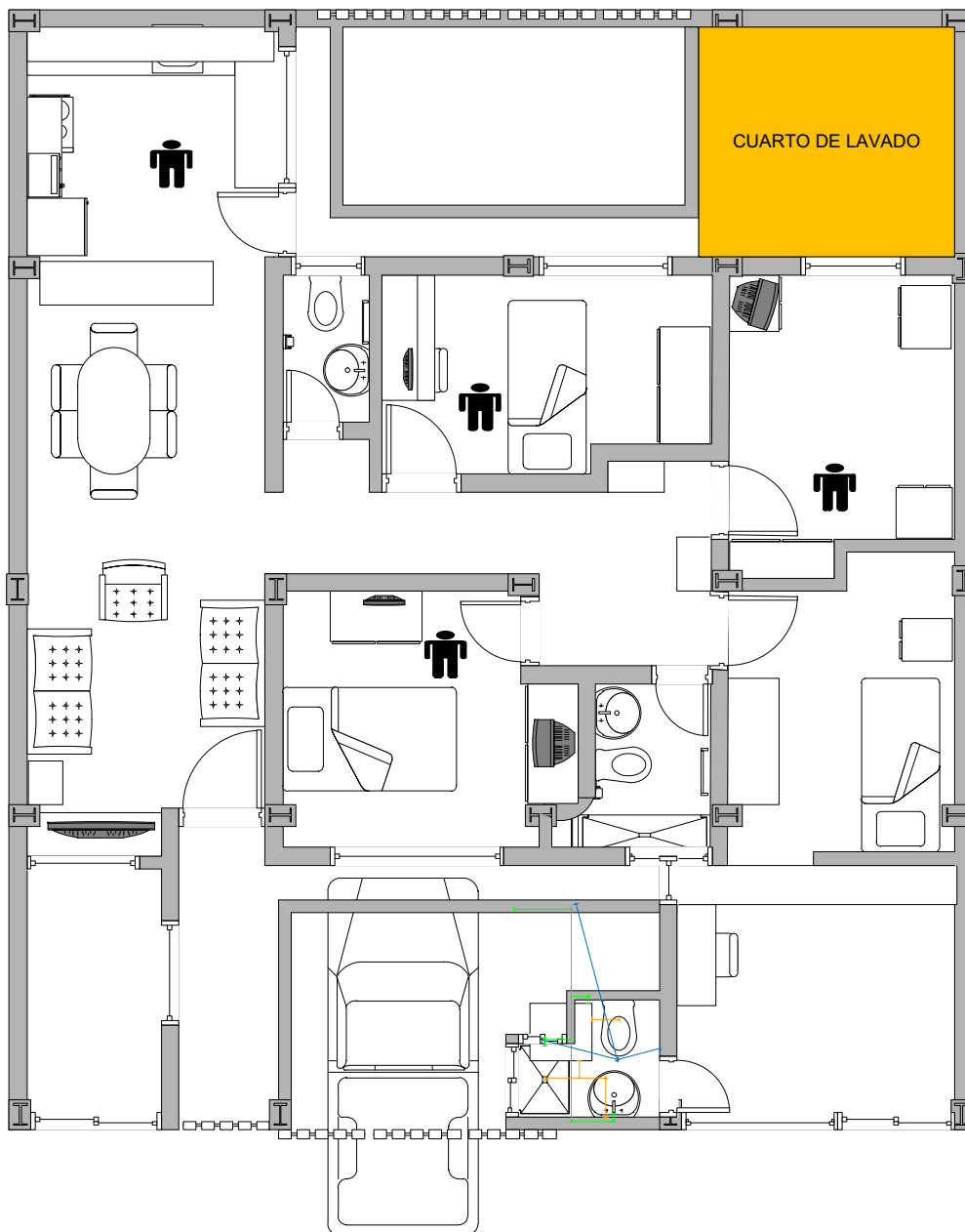
1. Operational Amplifier output drivers are capable of driving a limited amount of current to the load.
2. Capacitive loading an amplifier is risky business. Make sure the amplifier is specified to handle any loads that you may have.
3. It is very rare that a single supply amplifier will truly swing rail-to-rail. In reality, the output of most of these amplifiers can only come within 50 to 200mV from each rail. Check the product data sheets of your amplifier.

REFERENCES

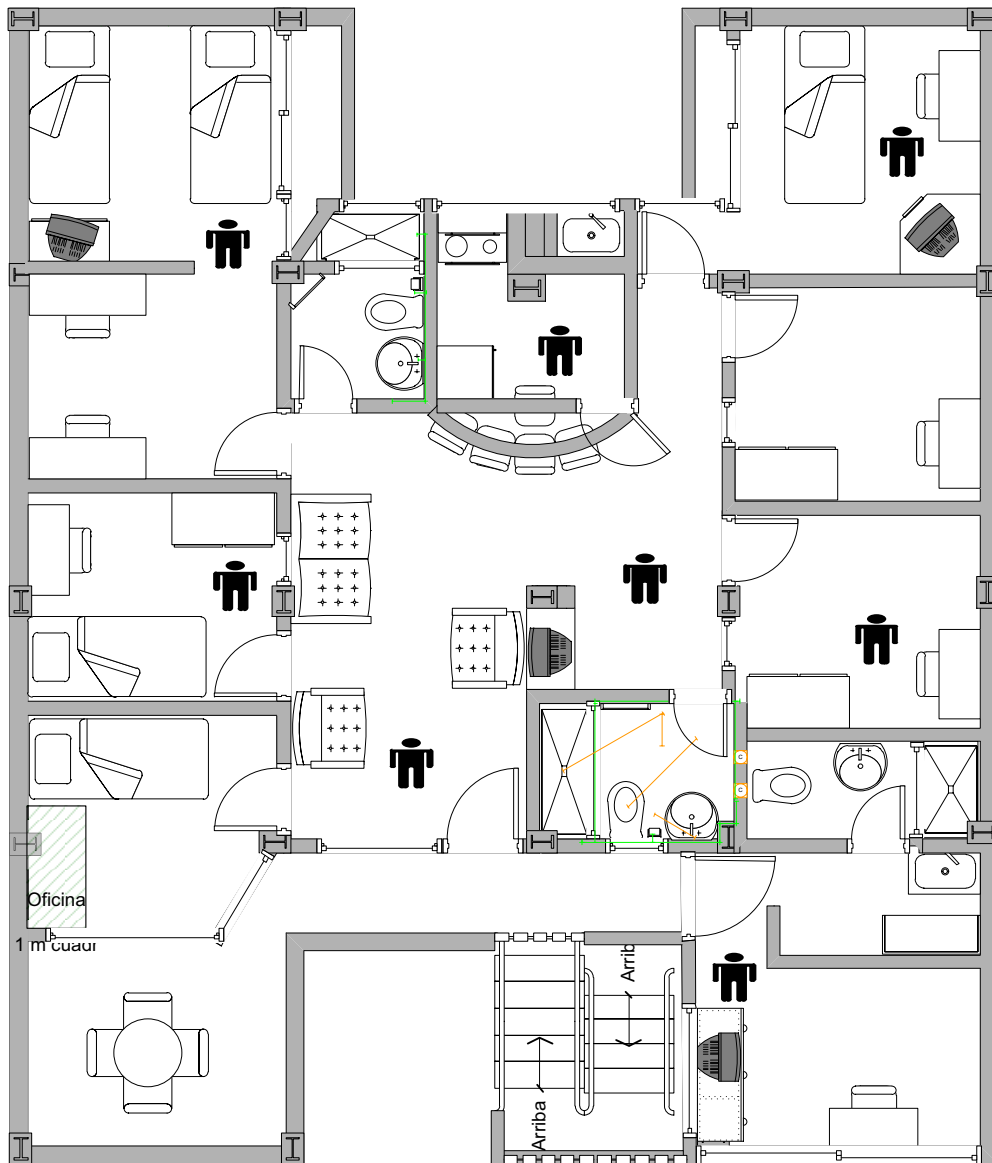
- Sergio Franco, "Design with Operational Amplifiers and Analog Integrated Circuits", McGraw-Hill
- Frerking, Thomas, "Intuitive Operational Amplifiers", McGraw-Hill
- Williams, Jim, "Analog Circuit Design", Butterworth-Heinemann
- Baker, Bonnie, "Anti-aliasing Analog Filters for Data Acquisition Systems", AN699, Microchip Technology Inc.
- Baker, Bonnie, "Operational Amplifier Topologies and DC Specifications", AN722, Microchip Technology Inc.
- Baker, Bonnie, "Operational Amplifier AC Specifications and Applications", AN723, Microchip Technology Inc.

ANEXO E- Plano del domicilio y ubicación del proyecto

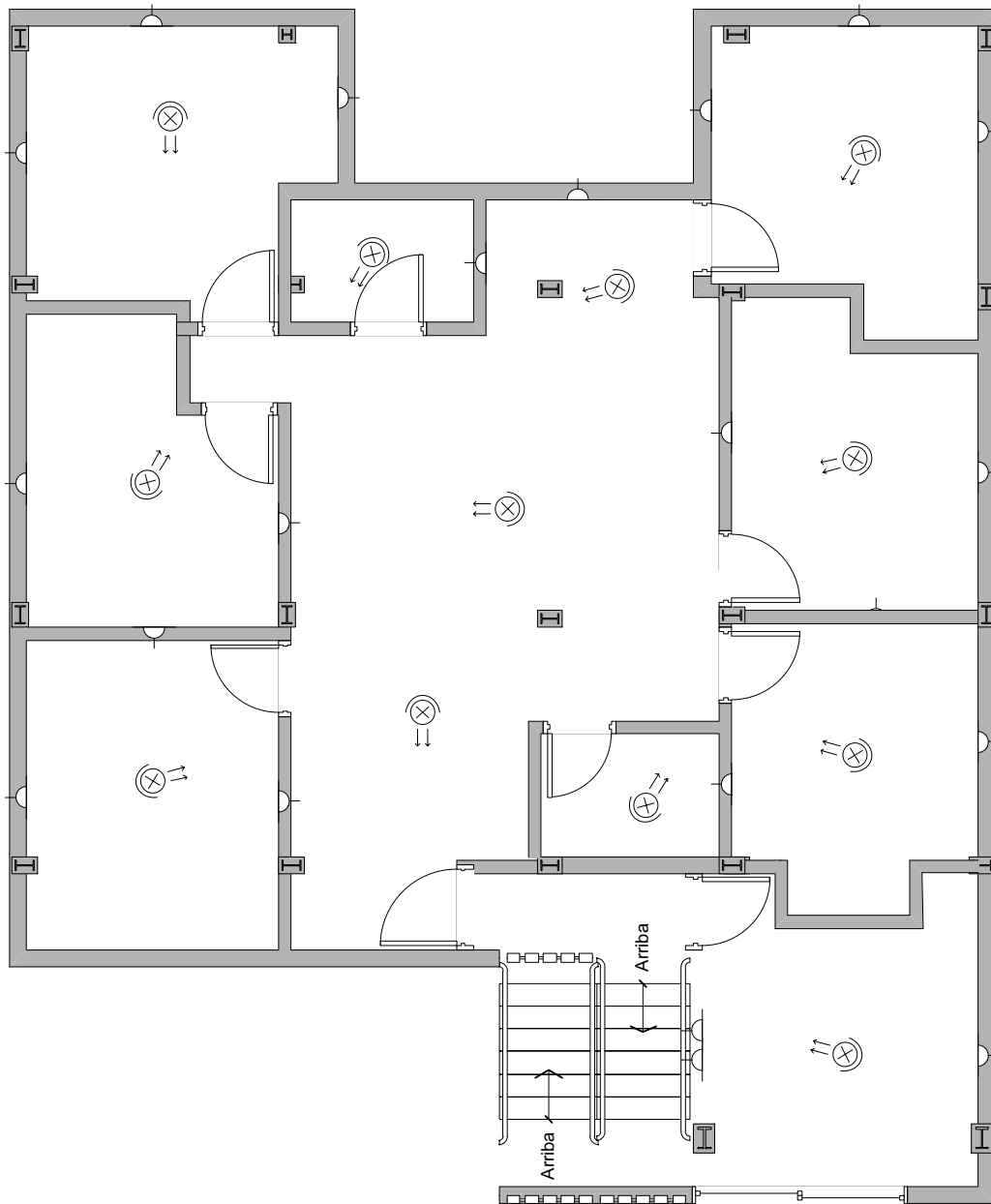
E.1. Planta baja del domicilio



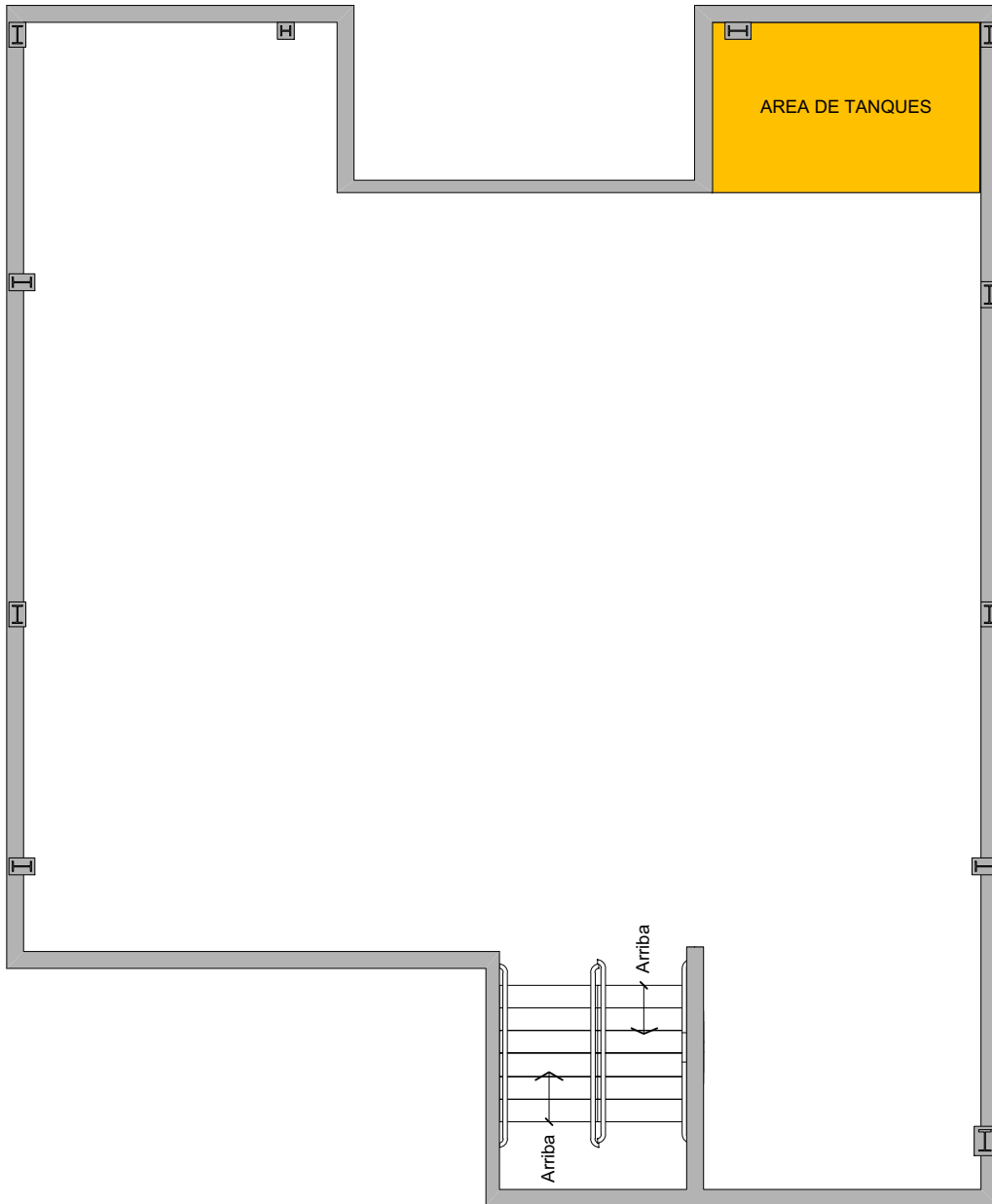
E.2. Segundo piso



E.3. Tercer piso



E.4. Terraza



ANEXO F- Código fuente del Pic usado en el proyecto

```

ConfigXT_OSC, WDT_ON, PWRTE_ON, BODEN_ON, LVP_OFF, CP_OFF, DEBUG_OFF

Device= 16F877A           ' MODELO DE PIC: 16F877A

Declare

'   << PARAMETROS DE PROGRAMACION >>

WATCHDOG = On           ' WATCHDOG: ON
XTAL = 20                ' VELOCIDAD DE RELOJ: 20 MHz

'   << PARAMETROS DEL CONVERTIDOR ANALOGICO-DIGITAL >>

ADIN_RES 10              ' RESOLUCION DEL CONVERTIDOR
ANALOGICO-DIGITAL: 10 BITS
ADIN_TAD FRC             ' TIPO OSCILADOR: FRC
ADIN_STIME 100           ' TIEMPO DE MUESTREO: 100 us

'   << PARAMETROS DEL LCD >>

LCD_INTERFACE = 4        ' COMUNICACION DEL LCD: 4 BITS
LCD_LINES = 2            ' LINEAS DEL LCD: 2
LCD_TYPE = 0             ' TIPO DE LCD: MATRICIAL
LCD_DTPIN = PORTD.0      '
LCD_RSPIN = PORTC.5      '
LCD_RWPIN = PORTC.6      '
LCD_ENPIN = PORTC.4      '

'   << VALORES INICIALES EN LA MEMORIA >>

EData$BC,$2              ' TEMPERATURA DE SETEO MAXIMA DEL
CALENTADOR DE AGUA
EData$C8,$0              ' TEMPERATURA DE SETEO MINIMA DEL
CALENTADOR DE AGUA
EData$90,$1              ' TEMPERATURA DE SETEO INICIAL
EData$5E,$1              ' TEMPERATURA DE RESET POR DEFECTO

'   << DECLARACION DE VARIABLES USADAS EN EL PROGRAMA >>

Dim valor                As Float
Dim Temperatura          As Float
Dim datatemp             As DWord
Dim J                    As Word
Dim Rtd                  As Word           ' VALOR ADC CANALES
ANALOGICOS
Dim adc                  As Word
Dim adc1                 As Word
Dim Temp1                As Word
Dim k                    As Word
Dim controlRTD           As Word           ' setpointtemperatura
Dim controlmax           As Word           ' rangomaximo
Dim controlmin           As Word           ' rangominimo
Dim setreset             As Word           ' valor temperatura reset

```



```

PORTE=0
' CONFIGURACION AD
ADCON1 = %10001111          ' Set analogue input on PORTA.0
CMCON=%00000111
CVRCON=%00101111
T1CON=%00110000          ' preescaler 1:8
TMR1H=C100MSH
TMR1L=C100MSL
TMR1IF=0
' inicializacion de variables

J=0
INTCON = %00000000          ' registro HABILITACION INTERRUPCIONES
OPTION_REG = %00000000     ' habilitacion resistencias pull up

DelayMS      30

adc=ADIn0
adc1=ADIn0
Cls

MAIN:
  GoSub READEEPROM          ' lee valores de control de la eeprom
  GoSub readtemp            ' lee temperatura actual
  GoSub lcdtemp             ' muestra temperatura en lcd
  GoSub controlTEMP        ' realiza control de temperatura
  GoSub readset            ' lee teclas de configuracion
  Incdelay                 ' retardo lectura estado nivel
  If delay>3 Then
    GoSub controlnivel
    delay=0
  EndIf
  DelayMS10                ' LECTURA SISTEMA
GoToMAIN

' muestra pantalla
lcdtemp:
  Temperatura=Rtd/10.0     ' VALOR TEMPERATURA ACTUAL
  If flagset=0 Then Print At 1,1, "Temp:", DEC1 Temperatura, " "
  If flagset=1 Then Print At 1,1, "Temp:", DEC1 Temperatura, " Set "
  TEMP3=controlRTD/100    ' VALOR SET POINT
  temp6=controlrtd-temp3*100
  temp4=temp6/10
  temp5=temp6-temp4*10
  Print At 2,1, "Set:", DecTEMP3, Dec temp4, ".", Dec temp5 ' IMPRIME SET
POINT
Return
' lee teclas de configuracion
readset:
  If switchenter=0 Then ' LEE SWITCH CONFIGURACION
    ' delays 250
    flagset=1
  Else
    flagset=0

```

```

EndIf
If flagset=1 Then
  If botonreset=0 Then ' RESETEA TEMPERATURA POR DEFECTO
    controlRTD=setreset
    EWrite4,[controlRTD.BYTE0,controlRTD.BYTE1]
    DelayMS250
  EndIf
  If botonup=0 Then
    InccontrolRTD
    If controlRTD>controlmaxThen controlRTD=controlmax
    EWrite4,[controlRTD.BYTE0,controlRTD.BYTE1]
    DelayMS250
  EndIf
  If BOTONdw=0 Then
    Dec controlRTD
    If controlRTD<controlminThen controlRTD=controlmin
    EWrite4,[controlRTD.BYTE0,controlRTD.BYTE1]
    DelayMS250
  EndIf
EndIf

Return
' leememoriaeeporm de setpoint de temperatura
READEEPROM:

controlmax.BYTE0=ERead0
controlmax.BYTE1=ERead1
controlmin.BYTE0=ERead2
controlmin.BYTE1=ERead3
controlRTD.BYTE0=ERead4
controlRTD.BYTE1=ERead5
setreset.BYTE0=ERead6
setreset.BYTE1=ERead7

Return
' lee valor nivel
controlnivel:
  If SWITCHnivell=0 Then
    Ev1=1
  Else
    Ev1=0
  EndIf
  If oncalefactor=0 Then
  If SWITCHnivel2=0 Then
    ev2=1
Else
    ev2=0
  EndIf
  Else
    ev2=0
  EndIf
Return
' realiza control de los calentadores segun el valor de la temperatura
controlTEMP:
  If oncalefactor=0 Then
    If Rtd>controlrtd+20 Then
      'outcalefactor1=0
      OUTcalefactor2=0
    
```

```

        outledcalefactor=0
    ElseIf Rtd < controlrtd - 20 Then
        'outcalefactor1=1
        OUTcalefactor2=1
        outledcalefactor=1
    EndIf
Else
    'outcalefactor1=0
    OUTcalefactor2=0
    outledcalefactor=0
EndIf

Return
' leetemperatura
readtemp:
    ' lectura valor promedio de temperatura
    TEMP3=ADIn0
    DelayMS1
    temp4=ADIn0
    DelayMS1
    temp5=ADIn0
    DelayMS1
    temp6=ADIn0
    DelayMS1
    temp7=ADIn0
    DelayMS1
    temp8=ADIn0
    DelayMS1
    temp9 = ADIn0
    DelayMS1
    temp10 = ADIn0
    DelayMS1
    temp11 = ADIn0
    DelayMS1
    temp12 = ADIn0

    adc1=adc
    adc=temp3+temp4+temp5+temp6+temp7+temp8+temp9+temp10+temp11+temp12

    adc=adc/10
    adc=adc1+adc
    adc=adc/2
    valor=adc
    valor=valor*2.5/1023.0
    valor=valor/14.4
    valor=valor*1000.0/1.672
    'valor=valor-100.0
    valor=valor/0.385
    valor=valor*10.0
    datatemp=valor
    Rtd=datatemp ' almacena valor de temperatura

Return

End

```

ANEXO G- Planos

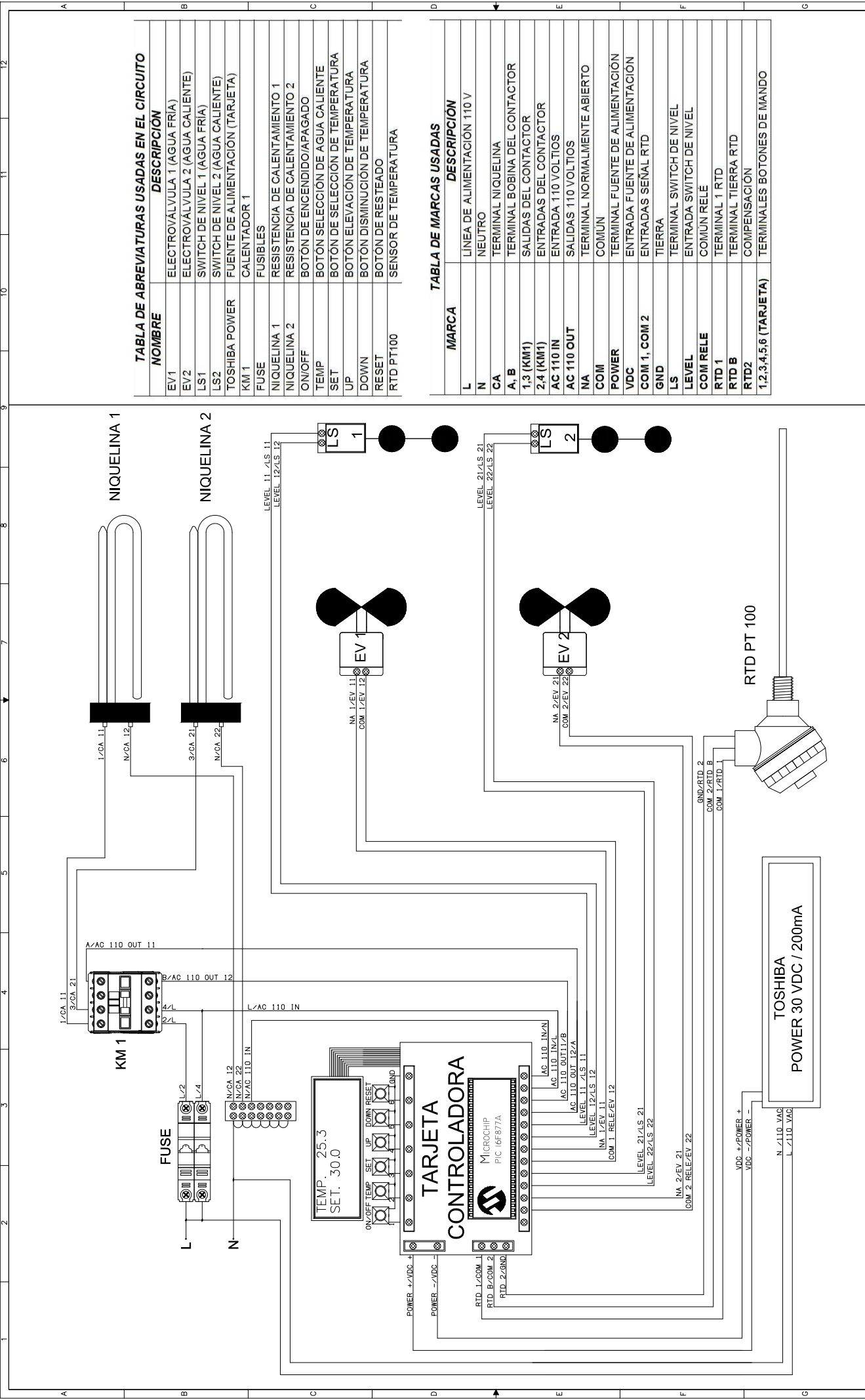


TABLA DE ABREVIATURAS USADAS EN EL CIRCUITO

NOMBRE	DESCRIPCION
EV1	ELECTROVALVULA 1 (AGUA FRIA)
EV2	ELECTROVALVULA 2 (AGUA CALIENTE)
LS1	SWITCH DE NIVEL 1 (AGUA FRIA)
LS2	SWITCH DE NIVEL 2 (AGUA CALIENTE)
TOSHIBA POWER	FUENTE DE ALIMENTACION (TARJETA)
KM1	CALENTADOR 1
FUSE	FUSIBLES
NIQUELINA 1	RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO 1
NIQUELINA 2	RESISTENCIA DE CALENTAMIENTO 2
ON/OFF	BOTON DE ENCENDIDO/APAGADO
TEMP	BOTON SELECCION DE AGUA CALIENTE
SET	BOTON DE SELECCION DE TEMPERATURA
UP	BOTON ELEVACION DE TEMPERATURA
DOWN	BOTON DISMINUCION DE TEMPERATURA
RESET	BOTON DE RESTEADO
RTD PT100	SENSOR DE TEMPERATURA

TABLA DE MARCAS USADAS

MARCA	DESCRIPCION
L	LINEA DE ALIMENTACION 110 V
N	NEUTRO
CA	TERMINAL NIQUELINA
A, B	TERMINAL BOBINA DEL CONTACTOR
1,3 (KM1)	SALIDAS DEL CONTACTOR
2,4 (KM1)	ENTRADAS DEL CONTACTOR
AC 110 IN	ENTRADA 110 VOLTIOS
AC 110 OUT	SALIDAS 110 VOLTIOS
NA	TERMINAL NORMALMENTE ABIERTO
COM	COMUN
POWER	TERMINAL FUENTE DE ALIMENTACION
VDC	ENTRADA FUENTE DE ALIMENTACION
COM 1, COM 2	ENTRADAS SENAL RTD
GND	TIERRA
LS	TERMINAL SWITCH DE NIVEL
LEVEL	ENTRADA SWITCH DE NIVEL
COM RELE	COMUN RELE
RTD 1	TERMINAL 1 RTD
RTD B	TERMINAL TIERRA RTD
RTD2	COMPENSACION
1,2,3,4,5,6 (TARJETA)	TERMINALES BOTONES DE MANDO

NOTAS:

REV.	DESCRIPCION	FECHA	REVISIONES	INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO	FECHA	APROBADO	INGENIERIA / REGISTRO DISEÑO
A		28-08-2012		d. PABLO / c. CONDUJO			
				INC. DISEÑO :			
				REVISADO :			
				INC. PROYECTO :			
				APROBACION FINAL :			

PROYECTO: TESIS
DESCRIPCION: DIAGRAMA DE CONEXIONADO

TAMANO : A3
ESCALA : N/A

DEBUD Nº: 001
HOJA: 1 DE 1

REV.:

