



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TERMORREGULADOR AUXILIAR

**TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA
PROFESIONAL**

**PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERIA MECATRÓNICA**

**PRESENTA:
VIVIANA VAZQUEZ CUAPIO**

**NOMBRE DEL ASESOR:
VICENTE FLORES LARA**

APIZACO, TLAX., OCTUBRE 2025



Instituto Tecnológico de Apizaco
Metal-Mecánica

Apizaco, Tlaxcala, 28/noviembre/2024

Oficio No. MM-850/2024.

ASUNTO: Liberación de Proyecto para Titulación Integral.

ISRAEL JORGE SÁNCHEZ SÁNCHEZ
JEFE DE LA DIV. EST. PROFESIONALES
PRESENTE

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para Titulación integral:

Alumno (a):	VIVIANA VAZQUEZ CUAPIO
Carrera:	INGENIERÍA MECATRÓNICA
No. De Control:	17370794
Nombre del Proyecto:	"PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TERMORREGULADOR AUXILIAR".
Producto:	TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL.

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DEPARTAMENTO DE
METAL MECÁNICA

JORGE AGUILAR VÁZQUEZ
JEFE DEL DEPTO. METAL-MECÁNICA

VICENTE FLORES LARA
ASESOR

c.p.- Expediente
Archivo.



Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel.
[241] 4172010 Ext. 124, e-mail: mecanica@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx





Educación
Secretaría de Educación Pública



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



Instituto Tecnológico de Apizaco
División de Estudios Profesionales

Tzompantepec, Tlaxcala, **02/octubre/2025**

VIVIANA VAZQUEZ CUAPIO
EGRESADO(A) DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA
CON NÚMERO DE CONTROL 17370794.
P R E S E N T E.

Por este medio, me permito informar a usted que por aprobación de la comisión revisora asignada para valorar el trabajo que mediante la opción **TITULACIÓN INTEGRAL INFORME DE RESIDENCIA PROFESIONAL** y cuyo tema es: **"PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN TERMORREGULADOR AUXILIAR"**, conforme a lo establecido en el procedimiento para la obtención del Título Profesional en el Instituto Tecnológico, la División de Estudios Profesionales a mi cargo le otorga la:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

Debiendo entregar **2 USB** del mismo, apropiadamente empastados, a la brevedad, para presentar su Acto de Recepción Profesional.

Sin otro particular por el momento me despido.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Pensar para Servir, Servir para Triunfar®

CECILIA YARELY ARREGUÍN LARA
Jefa de la División de Estudios Profesionales



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE APIZACO
DIVISIÓN DE
ESTUDIOS PROFESIONALES

ccp. Archivo
CYAL/Gsc*



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Av. Instituto Tecnológico No. 418, San Andrés Ahuashuatepec, Municipio de
Tzompantepec, Tlaxcala, Mex. C.P. 90491 Tel. (241) 4172010 Ext. 304. e-mail:
dep_titulacion@apizaco.tecnm.mx | apizaco.tecnm.mx



AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo para cumplir mis objetivos. Mi padre, quién me ha impulsado siempre a perseguir mis metas para lograr lo que tengo hasta el momento, quien me ha brindado soporte económico para seguir con mis estudios, y que hoy en día está dando fruto, todo y cada uno de esos sacrificios. A cada uno de mis hermanos que en su momento me brindó de su apoyo. A mis maestros que, con su guía, consejos, correcciones, motivaciones, etc., quiero agradecer por todo lo que aportaron a mi vida, los conocimientos transmitidos para llegar a ser un ingeniero.

En la industria, a todos los ingenieros que comparten sus conocimientos, la experiencia y la práctica. Y no solo por eso, sino por consejos personales.

RESUMEN

En este proyecto se evaluara una de las problemáticas de la empresa EAGLE, para evitar los paros prolongados, así mismo se dará una solución, mediante un levantamiento de datos técnicos de los equipos existentes en la empresa, los cuales servirán de referencia para una lista de componentes a utilizar para la propuesta de un termorregulador auxiliar, de la misma forma, se desarrollara el plano eléctrico del sistema en software (CAdE_SIMU), también se realizara la estructura del termorregulador junto con su gabinete, de igual manera en software (SolidWorks) para tener una mejor vista de todo lo que conformara nuestro termorregulador.

No solo quedará como propuesta, sino se llevará al plano físico y real, para el desarrollo del mismo, una vez que todo sea aprobado y liberado por nuestro jefe inmediato.

Índice

AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN.....	5
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1.....	11
1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2.1 Problemática.....	12
1.2.2 Objetivos (General y Específico)	12
1.2.3 Delimitación.....	12
1.2.4 Justificación.....	12
CAPÍTULO 2.....	13
2.- FUNDAMENTO TEORICO	13
2.1 ¿Qué es un Termorregulador?	13
2.1.1 Características del termorregulador	13
2.2 Moldes	13
2.3 Resistencias eléctricas	14
2.3.1 Potencia.....	14
2.3.2 Ley de Ohm.....	15
2.4 Mezcla de poliol e isocianato	15
2.5 Transferencia de la energía	16
2.6 Mecanismos de transferencia de calor.....	16
2.6.1 Convección.....	17
CAPÍTULO 3.....	19
3.1 SELECCIÓN Y CÁLCULO DE RESISTENCIAS	19
3.1.1 Resistencias	19
3.2.- Flujo en tubería.....	28
3.2.- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012	37
3.2.1.- Calibre de cable	40
3.2.2.- Amperaje de circuito.....	41

3.3.- SELECCIÓN DEL ARREGLO DE LAS RESISTENCIAS	42
3.3.1.- Arreglo en Estrella.....	42
3.3.2.- Arreglo en triángulo	44
CAPÍTULO 4.....	46
DESARROLLO DEL PROYECTO	46
4.1.- Levantamiento de datos técnicos	46
4.2 Lista de componentes.....	49
4.3 Diagrama del funcionamiento del termorregulador (diagrama de flujo)	57
4.4 Diagrama de fuerza y control	58
4.4.1 Simbología.....	58
4.4.2 Diseño del circuito eléctrico	59
4.5 Layout de componentes eléctricos	65
4.6 Plano del termorregulador	66
4.7 Fabricación de la estructura y sistema eléctrico.....	69
CAPÍTULO 5.....	72
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	72
5.1 Funcionamiento del sistema real	72
CONCLUSIÓN.....	73
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	74

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Eagle Tlaxcala México S. de RL. de C.V.</i>	<i>11</i>
<i>Ilustración 2.- Transformador</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 3.- Sensor de nivel</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 4.- Canaleta ranurada</i>	<i>49</i>
<i>Ilustración 5.- Termopar tipo J.....</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 6.- Resistencia tubular</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 7.- Interruptor termomagnetico de 3 polos</i>	<i>50</i>
<i>Ilustración 8.- Interruptor termomagnetico 2 polos</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 9.- Relevador de 8 pines.....</i>	<i>51</i>
<i>Ilustración 10.- Contactor de 3 polos</i>	<i>51</i>

<i>Ilustración 11.- Interruptor principal</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 12.- Contactor y guardamotor</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 13.- Lampara indicadora</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 14.- Controlador de temperatura</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 15.- Botón paro de emergencia</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 16.- Termostato</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 17.- Botón paro/arranque</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 18.- Presostato</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 19.- Bomba centrífuga</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 20.- Cable alta temperatura.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 21.- Cable eléctrico</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 22.- Perfil PTR.....</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 23.- Placa de acero</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 24.- Llantas con frenos.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 25.- Tubos, codos y Conexiones.....</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 26.- Tapa externa del gabinete</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 27.- Distribución de componentes eléctricos en interior de gabinete</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 28.- Perfil cortado y unido para la estructura del termorregulador</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 29.- Corte de placa para las tapas del termorregulador</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 30.- Fijando tapas a la estructura.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 31.- Colocación de soportes internos y pintado de la estructura</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 32.- Fijación de las llantas</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 33.- Limpieza de llantas para ser colocadas en el termorregulador</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 34.- Instalación del gabinete eléctrico a la estructura</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 35.- Estructura exterior final del termorregulador.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 36.- Emulacion de componentes en tabla de pruebas.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 37.- Colocación de canaleta en tapa interna de gabinete.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 38.- Instalación de componentes eléctricos en gabinete</i>	<i>71</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.- convección forzada y natural (Cengel Yunus a.,cimbala, mecánica de fluidos, 1ra edición).....</i>	<i>18</i>
<i>FIGURA 2.- dirección de la corriente en la conexión delta (acervo personal).....</i>	<i>25</i>
<i>FIGURA 3.- amperaje que pasa por cada resistencia en la conexión delta (acervo personal)</i>	<i>26</i>
<i>FIGURA 4.- la relación para la pérdida de presión</i>	<i>32</i>
<i>FIGURA 5.- la potencia de bombeo necesaria para un sistema de tuberías de flujo</i>	<i>33</i>
<i>FIGURA 6.- factor de fricción para flujo laminar en tuberías</i>	<i>34</i>
<i>FIGURA 7.- consumo total de amperaje del circuito</i>	<i>41</i>
<i>FIGURA 8.- Diagrama de flujo del funcionamiento del termorregulador</i>	<i>57</i>
<i>FIGURA 9.- Diagrama de fuerza.....</i>	<i>59</i>
<i>FIGURA 10.- Diagrama de control</i>	<i>60</i>
<i>FIGURA 11.- encendido del interruptor principal</i>	<i>61</i>
<i>FIGURA 12.- Encendido de interruptores secuenciales</i>	<i>61</i>
<i>FIGURA 13.- Arranque de bomba y resistencias en zona 1.....</i>	<i>62</i>

FIGURA 14.- Encendido del set point/ desactivando zona 2	62
FIGURA 15.- Encendido de la alarma de temperatura.....	63
FIGURA 16.- Encendido alarma de presión	63
FIGURA 17.- Encendido alarma de bajo nivel	64
FIGURA 18.- Emulacion física de los componentes eléctricos.....	64
FIGURA 19.- Estructura del termorregulador PLANO 1	66
FIGURA 20.- Tanque PLANO 2.....	67
FIGURA 21.- Vista explosiva del termorregulador en general.....	68
FIGURA 22.- Vista explosiva del termorregulador enfocada en el tanque de agua	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Tabla de ampacidad	40
Tabla 2.- Calibre de cable que se usara en nuestros componentes.....	41
Tabla 3.- Datos técnicos c1.....	46
Tabla 4.- Datos técnicos c2.....	47
Tabla 5.- Datos técnicos c3.....	47
Tabla 6.- Comparación de componentes de las 3 celdas	48
Tabla 7. Simbología eléctrica.....	58

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se llevará a cabo el desarrollo de un termorregulador para eficientar el calentamiento de moldes, por medio de resistencias eléctricas.

La inyección que se genera es la mezcla de polyol e isocianato, los cuáles deben tener una temperatura adecuada para que sea excelente, los moldes trabajan a una temperatura de 50°C para que la mezcla se desempeñe de forma ideal así formando una pieza de alta calidad.

El termorregulador a desarrollar será con los mismos principios de los que se encuentran en la empresa, lo que se busca, es mejorar los tiempos en que se calienta el agua, la cual se dirige a los moldes, evitar paros prolongados, todo esto se logrará mediante un análisis en el tipo de resistencia que se utilizará y la potencia de la bomba.

El termorregulador estará diseñado de forma, movable, ligero y de tamaño mediano, con el fin, de que cuando un termorregulador llegue a fallar, este será introducido a la brevedad, sin demasiado esfuerzo, que la conexión sea rápida y sencilla para no perder tiempo, evitando así los tiempos muertos.

CAPÍTULO 1

1.1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

EAGLE TLAXCALA MÉXICO es una empresa dedicada a la producción de partes interiores de autos, inyección de espuma y perfiles extruidos.

Visión y misión:

La visión de EAGLE TLAXCALA MEXICO es integrarse a la cadena de auto partes y terminar con un nivel de calidad que cumpla con los objetivos del mercado automotriz y obtener su reconocimiento

La misión de EAGLE TLAXCALA MEXICO es fabricar y desarrollar productos que proporcionen el 100% de satisfacción a nuestros clientes, para generar bienestar integral a todos los colaboradores y así participar en el desarrollo económico del país.

Ubicación de la empresa:

Manzana 2, lote 2, ciudad industrial Xicoténcatl III Tlaxco, Tlaxcala, 90277, México.



ILUSTRACIÓN 1 EAGLE TLAXCALA MÉXICO S. DE RL. DE C.V.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1 Problemática.

La situación que se presenta en las celdas de inyección es, la falla del termorregulador predeterminado, cuando esta falla, existe un tiempo muerto de 2 a 4 horas por día.

1.2.2 Objetivos (General y Específico)

General

- Desarrollar un termorregulador auxiliar, movable y de rápida conexión a la hora de instalar para evitar paros prolongados.

Específicos

- Hacer el cambio fácil del termorregulador, cuando se quemen las resistencias

1.2.3 Delimitación.

EAGLE TLAXCALA MEXICO S. DE R.L. DE C.V Consta con una planta la cual está dividida en diferentes áreas, el proyecto se delimita en el área de flexible, la cual está subdividida en 3 celdas. El proyecto se enfoca en la zona de inyección para cualquier celda, la selección a este proyecto fue para evitar los paros prolongados, debido al sobrecalentamiento y quema de resistencias.

1.2.4 Justificación.

En el proceso de espumado de cubierto para partes de automóviles, la parte esencial es el material para inyectar, el molde debe tener una temperatura constante para evitar que afecte la calidad del producto final. El proyecto por desarrollar se enfoca en controlar la temperatura del agua asegurando la calefacción y enfriamiento, en los moldes. Los beneficios serán disminuir costos, además de que el equipo contara con diferentes alarmas, todo ello, para cuando algo falle en el termorregulador, se conozca la causa inmediatamente. De esta forma el proyecto contribuirá a evitar paros prolongados,

reducción en piezas dañadas o de mala calidad, cabe destacar que el termorregulador auxiliar, tendrá movilidad y la conexión de alimentación será rápida.

CAPÍTULO 2

2.- FUNDAMENTO TEORICO

2.1 ¿Qué es un Termorregulador?

Es un equipo diseñado para regular la temperatura de manera precisa de cualquier líquido, en los moldes cumple la función de calentar agua a la temperatura indicada y después esta se distribuye a moldes sin importar el tamaño, todo ello a través de un serpentín ubicado en el interior del molde.

2.1.1 Características del termorregulador

- Trabajan indistintamente con agua o aceite, en presión o vacío
- Permiten control continuo de la temperatura
- Es ajustable a las necesidades

2.2 Moldes

Los moldes son elementos huecos de una o varias cavidades, son excelentes en propiedades térmicas y resistencia al calor, deben tener espesor correcto, para el uso adecuado asignado. Los materiales más comunes para la fabricación de moldes son el acero, níquel, aluminio y cobre.

Características de los moldes

- El molde debe tener una buena conductividad térmica para favorecer la transferencia de calor entre el portador de energía, el molde y el material
- Los moldes deben tener ángulos de salida apropiados para el desmoldante

2.3 Resistencias eléctricas

Se denomina resistencia eléctrica a la igualdad de oposición que tienen los electrones al moverse a través de un conductor. La unidad de resistencia es el ohmio, el cual se representa con la letra griega omega (Ω), en honor al físico alemán Georg Ohm.

En el Sistema internacional, la unidad de la resistencia es el ohmio (Ω).

De acuerdo a la ley de Ohm la resistencia de un material puede definirse como la razón entre la diferencia de potencial eléctrico y la corriente en que atraviesa dicha resistencia, quedando la siguiente Ecuación: 1

$$R = \frac{V}{I}$$

Ecuación 1

Donde:

R= resistencia (Ω)

V=voltaje (V)

I= corriente (A)

2.3.1 Potencia

Relacionado con una de las Características importantes que poseen las resistencias, la potencia se calcula como:

$$P = V * I$$

Ecuación 2

Donde:

P= potencia (W)

V= voltaje (V)

I= corriente (A)

La unidad de potencia en el Sistema internacional SI, son los watts abreviado como (W)

2.3.2 Ley de Ohm

De acuerdo a la ley de ohm, la función de la resistencia es convertir la diferencia de potencial en corriente, sería como un desnivel eléctrico. Gracias a la ley de Ohm podemos expresar la potencia en función de V y R o de I y R.

Despejando I en la Ecuación 1 obtenemos:

$$I = V/R$$

Ecuación 3

Sustituyendo la Ecuación 3 en la Ecuación 2, se obtiene la potencia en función de V y R

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Ecuación 4

Al igual, si hacemos un despeje en la ley de ohm (Ecuación 1) de acuerdo con V y esta la sustituimos en la Ecuación 2 para la potencia obtenemos que:

$$P = \frac{I^2}{R}$$

Ecuación 5

2.4 Mezcla de polioli e isocianato

El polioli es un compuesto químico y el isocianato de metilo es un líquido incoloro volátil, en la unión de ambas mezclas, da lugar a un tipo de espuma que se utiliza ampliamente en la industria automotriz, pero esta debe estar a cierta temperatura, así como la temperatura del molde, el cual depende del agua que pasa a través de los serpentines que se encuentran en su interior, lo que se deduce al trabajo de las resistencias, las cuales deben ser correctas para el calentamiento del agua.

2.5 Transferencia de la energía

La energía se puede transferir hacia una masa dada, o desde esta, por dos mecanismos: Calor Q y trabajo W

Una interacción energética es transferencia de calor si su fuerza impulsadora es una diferencia de temperatura de lo contrario es trabajo. El trabajo realizado por unidad de tiempo se llama potencia y se denota por W , la unidad de potencia es el W o el HP ($1 \text{ hp} = 746 \text{ W}$). Los motores de automóviles y las turbinas hidráulicas, de vapor y de gas producen trabajo; los compresores, bombas y mezcladoras consumen trabajo. Es claro tener en cuenta que la energía de un sistema disminuye conforme se realiza trabajo y aumenta si se realiza trabajo sobre el.

La energía térmica igual se conoce por calor, así como a la transferencia de energía térmica, por transferencia de calor. La cantidad de calor transferido durante el proceso se denota por Q . La cantidad de calor transferido por unidad de tiempo se llama razón de transferencia de calor y se denota por $\dot{Q}$. El punto arriba representa la derivada respecto al tiempo, o “por unidad de tiempo”. La velocidad de transferencia de calor, $\dot{Q}$, tiene la unidad J/s, lo cual es equivalente a W.

2.6 Mecanismos de transferencia de calor

Para un análisis termodinámico, se debe interesar en la transferencia de calor de un sistema a otro. La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura más elevada hacia el de temperatura más baja, y la transferencia llega a su fin cuando ambos alcanzan la misma temperatura, de acuerdo a la segunda ley de la termodinámica.

“El calor siempre se mueve del objeto con mayor temperatura al de menor temperatura”

Calor y temperatura son dos conceptos distintos que siempre se confunden, pero son diferentes. La temperatura es una magnitud física que hace referencia a la sensación de frío o calor, al momento de tocar una sustancia u objeto. Sin embargo el calor es una transferencia de energía de un cuerpo a otro, con la condición de diferencia de temperatura entre los cuerpos, siempre sera de un cuerpo de alta a uno de baja temperatura.

La transferencia de energía como calor siempre se produce del medio que tiene la temperatura mas elevada hacia la temperatura mas baja y la transferencia de calor se define cuando los dos medios alcanzan la misma temperatura. Existen tres formas en que el calor se puede transferir: conducción, convección, y radiación, en todas la formas de transferencia de calor el principio es el mismo, requiere la existencia de una diferencia de temperaturas. En este caso, nos basaremos en el mecanismo de convección.

2.6.1 Convección

La convección es el modo de transferencia de energía entre una superficie sólida y el líquido o gas adyacentes que están en movimiento y comprende los efectos combinados de la conducción y el movimiento de fluidos. Entre más rápido es el movimiento de un fluido, mayor es la transferencia de calor por convección. En ausencia de cualquier movimiento masivo de fluido, la transferencia de calor entre una superficie sólida y el fluido adyacente es por conducción pura. La presencia de movimiento masivo del fluido acrecienta la transferencia de calor entre la superficie sólida y el fluido, pero también complica la determinación de las razones de esa transferencia. El aire calentado cercano a la superficie y lo reemplaza por otro más frío. La convección recibe el nombre de convección forzada si el fluido es forzado a fluir sobre la superficie mediante medios externos como un ventilador, una bomba o el viento. Como contraste, se dice que es convección natural (o libre) si el movimiento del fluido es causado por las fuerzas de empuje que son inducidas por las diferencias de densidad debidas a la variación de la temperatura en ese fluido (figura 2). A pesar de la complejidad de la convección, se observa que la rapidez de la transferencia de calor por convección es la proporcional a

Ecuación 6

la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la ley de newton del enfriamiento como

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_{\infty}) \text{ (W)}$$

En donde h es el coeficiente de transferencia de calor por convección, en $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ o $\text{Btu/h ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}$, A_s es el área superficial a través de la cual tiene lugar la transferencia de calor por convección, T_s es la temperatura de la superficie y T_{∞} es la temperatura del fluido suficientemente alejado de esta superficie.

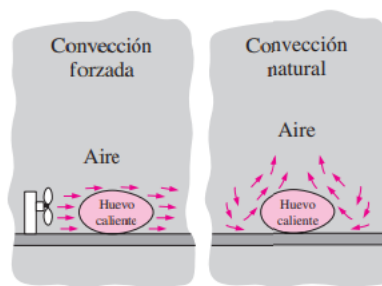


FIGURA 1.- CONVECCIÓN FORZADA Y NATURAL (CENGEL YUNUS A.,CIMBALA, MECÁNICA DE FLUIDOS, 1RA EDICIÓN)

CAPÍTULO 3

3.1 SELECCIÓN Y CÁLCULO DE RESISTENCIAS

3.1.1 Resistencias

En los diferentes tipos y uso de resistencias se elige una resistencia eléctrica para inmersión o elementos de calentamiento de líquidos para inmersión, este tipo de resistencias son especialmente diseñadas para tanques.

Cabe destacar que nuestras resistencias tienen los siguientes datos:

Resistencia (Ω): 45 ohmios

Voltaje (V): 440 volts

Potencia total(Watts): 38.5 KW

Utilizando la ley de Ohm se obtiene

Para la potencia la siguiente ecuación

$$W = \frac{V^2}{R} \quad \text{Ecuación 7}$$

Sustituyendo valores

$$W = \frac{440^2}{45} = 4302.22 \text{ watts}$$

Para la intensidad de corriente

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Ecuación 8}$$

Sustituyendo valores

$$I = \frac{440}{45} = 9.78 \text{ amperes}$$

En este tipo de resistencias hay que tomar en cuenta los siguientes datos:

- Utilizadas para el calentamiento de líquidos en tanques de diferentes tamaños.
- La transferencia de calor más eficiente se logra ubicando la resistencia en la parte inferior del tanque usando una unión roscada, con brida y racors.
- La resistencia esta compuesto de elementos tubulares los cuáles se definen teniendo en cuenta la potencia total que debe tener la resistencia.
- Se debe tener en cuenta lo siguiente:
 - **Tipo de líquido:** Agua, aceite, crudo, solución química, etc.
 - **Dimensiones del tanque:** Alto, Ancho y Largo.
 - **Material del tanque:** Material en el que esta fabricado el tanque.
 - **Temperatura inicial:** Temperatura que mantiene el tanque en el lugar donde se encuentra.
 - **Temperatura final:** Es a la temperatura que necesita mantener el líquido para que pueda ser utilizado de manera correcta.
 - **Tiempo de calentamiento:** Es el tiempo que se toma la resistencia para estabilizar el líquido en la temperatura.
 - **Tensión de alimentación, tensión de la fuente de alimentación o tensión eléctrica:** Conocido como el voltaje de la fuente de alimentación.
 - **Capacidad de la acometida eléctrica:** Se debe conocer la corriente que soporta el cableado y la capacidad de la protección eléctrica.
- Con esta información se determina la resistencia requerida para el proceso, lo cual nos permite hallar las dimensiones de la resistencia, cantidad de elementos y los materiales apropiados.
- En cuanto al control de temperatura, se recomienda usar un termopar en contacto con el líquido, en la parte superior del tanque.

Para tener una resistencia correcta, no solo se toman los puntos anteriores, sino que también intervienen otros parámetros, más definidos para un cálculo correcto y diseño de una resistencia. Como lo es:

- **Coeficiente de temperatura**

El valor de una resistencia está determinado por la longitud, el área de la sección transversal y la resistividad del material resistivo del que está hecha.

- **Disipación de energía**

La disipación de energía se refiere a la medida de la cantidad de energía que una resistencia puede disipar sin calentarse.

- **Voltaje máximo**

Las fluctuaciones de voltaje tienen un impacto (tensión eléctrica) en los materiales de los que está hecha la resistencia. Si este voltaje excede la capacidad máxima de la resistencia, esta llevará a una repentina avería de la resistencia.

- **Temperatura máxima**

Las resistencias sólo pueden funcionar eficientemente dentro de un rango de temperatura especificado.

Si la temperatura está bien dentro del rango especificado, parámetros como la tolerancia y el coeficiente de temperatura, seguirá funcionando bien. Sin embargo, cualquier exceso en la temperatura más allá de su rango dado puede llevar a un mal funcionamiento.

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores, se empieza el cálculo de cada uno de ellos, para poder determinar parámetros de la resistencia

Para la elección de nuestra resistencia que fue, una tipo resistencia para inmersión, determinamos que:

- **Tipo de líquido:** Agua

- **Dimensiones del tanque:** H=.20m, A=.16m y L=.43m. las medidas se basaron, de acuerdo a la estructura.

- **Material del tanque:** Acero inox 310, Se optó por este material ya que una de sus principales características es su aleación resistente al calor y a la oxidación

- **Temperatura inicial:** 20-25 aprox. Esta es la temperatura ambiente a la que se encuentran al interior de las celdas
- **Temperatura final:** 60°C, es la temperatura final a la que se encuentra el termorregulador
- **Tiempo de calentamiento:** 1 hora, tomando en cuenta que esta calienta toda el agua que circula por el carrusel
- **Tensión de alimentación, tensión de la fuente de alimentación o tensión eléctrica:** 440V, las resistencias trabajan con el voltaje de la fuerza

Continuamos con los siguientes puntos:

- **Coeficiente de temperatura**

Puesto que la resistencia eléctrica de un conductor tal como un hilo de cobre es dependiente de los procesos de colisiones en el interior del cable, se espera que la resistencia se incremente con la temperatura, ya que habra mas colisiones.

Antes de ello debemos determinar cual sera la resistencia a 60°C

Para calcular la resistencia a 60°C se utiliza la siguiente formula:

$$R = R_0 + \alpha R_0 (T - T_0)$$

Ecuación 9

Donde:

R= resistencia final

R_0 = resistencia inicial

α = coeficiente de temperatura del acero

T= temperatura final

T_0 = temperatura inicial

Se sustituyen valores en la ecuación, teniendo en cuenta los siguientes datos:

$$\alpha_{\text{acero inox}} = 0.00094/^{\circ}\text{C}$$

$$R_0 = 45\Omega$$

$$T_0 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$T = 60^{\circ}\text{C}$$

$$R = 45\Omega + 0.00094/^{\circ}\text{C}(45\Omega)(60^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C})$$

$$R = 46.692\Omega$$

Para determinar el coeficiente se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{\Delta R}{R_0} = \alpha \Delta T$$

Ecuación 10

Donde

ΔR = diferencia de resistencias

R_0 = resistencia inicial

ΔT = diferencia de temperatura

α = coeficiente de temperatura

Sustituyendo para el coeficiente de temperatura

Datos:

Coeficiente de temperatura del acero

$$R_0 = 45\Omega$$

$$t_0 = 20^{\circ}\text{C}$$

$$R = 46.692\Omega$$

$$T = 60^{\circ}\text{C}$$

Hacemos la diferencia de valores de interés para obtener los valores que nos servirán para obtener el coeficiente de temperatura

$$\Delta R = R - R_0$$

$$\Delta R = 46.692\Omega - 45\Omega$$

$$\Delta R = 1.692\Omega$$

Ahora sustituimos valores respecto a la temperatura

$$\Delta T = t - t_0$$

$$\Delta T = 60^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$$

Ahora sustituimos los valores obtenidos anteriormente, en la Ecuación 10 y obtenemos el coeficiente de temperatura

$$\alpha = \frac{1.692\Omega}{45\Omega(40^{\circ}\text{C})}$$

$$\alpha = \frac{1.692\Omega}{1800^{\circ}\text{C}}$$

$$\alpha = 0.00094 \frac{1}{^{\circ}\text{C}}$$

- **Disipación de energía**

La energía disipada por parte de la resistencia eléctrica se cuantifica con el efecto joule, que nos indica que la potencia P disipada es:

$$P = RI^2$$

Ecuación 11

Donde:

P = potencia disipada

R = resistencia

I^2 = intensidad de corriente que pasa por cada resistencia

En nuestro caso como son seis resistencias iguales de 45Ω , en dos arreglos, cada uno con 3 resistencias, asumiendo que el sistema es equilibrado. Determinamos que la potencia disipada como:

Debemos calcular la corriente que pasa por cada una de nuestras resistencias, en conexión delta

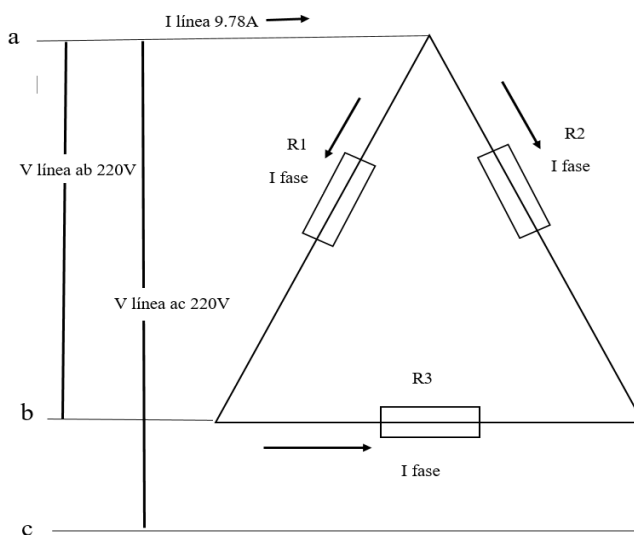


FIGURA 2.- DIRECCIÓN DE LA CORRIENTE EN LA CONEXIÓN DELTA (ACERVO PERSONAL)

Como se puede observar esta es la distribución de las resistencias y los puntos mas relevantes del arreglo en delta. Ahora se calculará la intensidad de fase, pero primero se calcula:

Corriente de línea

$$I_l = I_f \sqrt{3} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde

I_l = corriente de línea

I_f = corriente de fase

$\sqrt{3}$ = constante

Se hace despeje de la corriente de fase de la ecuación 12

$$I_f = I_l / \sqrt{3} \quad \text{Ecuación 13}$$

se sustituyen valores

$$I_f = \frac{9.78}{\sqrt{3}}$$

$$I_f = 5.646 \text{ A}$$

Como sabemos tenemos un sistema equilibrado, entonces la corriente es la misma para las 6 resistencias. Ahora si sustituimos en la ecuación

$$P = 45(5.646)^2$$

La potencia disipada por cada elemento es de:

$$P = 1.5 \text{ KW}$$

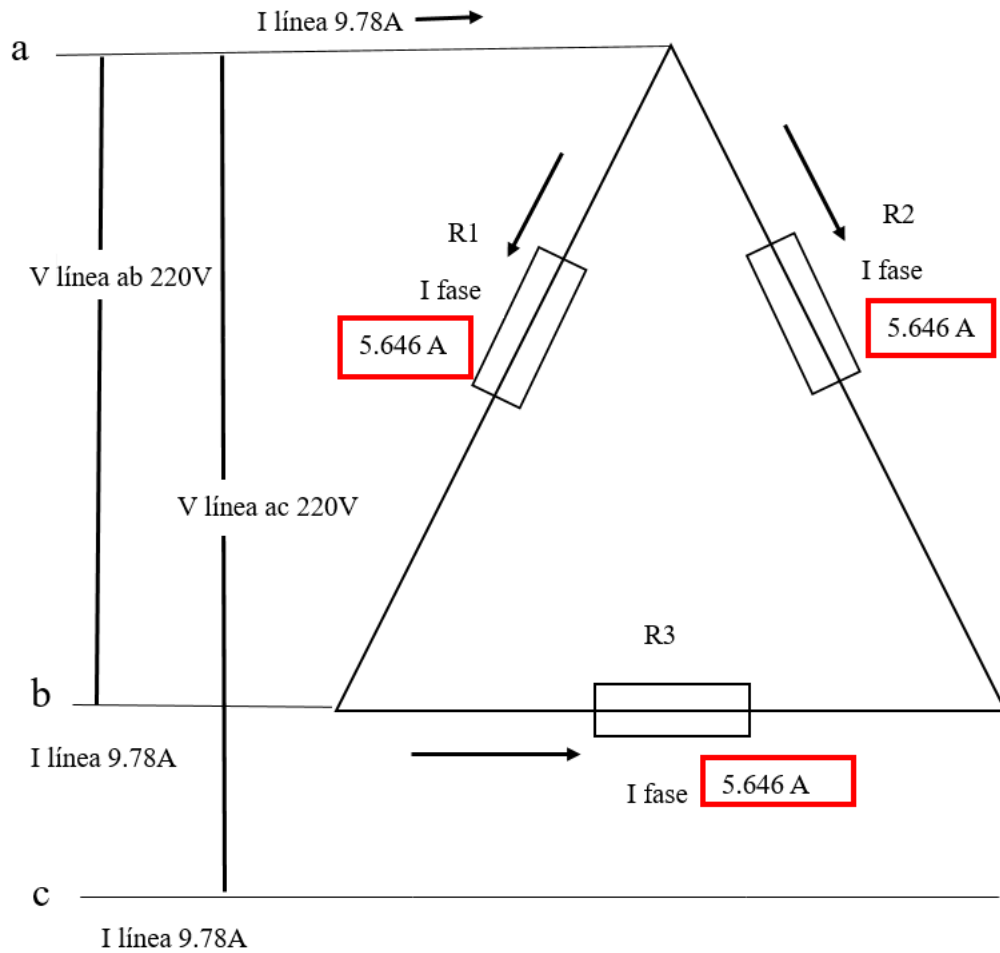


FIGURA 3.- AMPERAJE QUE PASA POR CADA RESISTENCIA EN LA CONEXIÓN DELTA (ACERVO PERSONAL)

- **Voltaje máximo**

Como sabemos nuestras resistencias estarán trabajando a lo que es la fuerza, con un voltaje máximo de 440 volts

- **Temperatura máxima**

La temperatura máxima a la que se podrá llegar son 60°C

Mecanismo de transferencia de calor (convección)

Las resistencias son de las siguientes medidas es de .30m de largo y .127m de diámetro, los cuáles se encuentran en un tanque (depósito) a 20°C. al generar calentamiento, la temperatura de la resistencia aumenta a 60°C, así mismo se sabe que la caída de tensión que pasa por la resistencia es de 220V y la corriente eléctrica es de 5.646A. Descartamos cualquier transferencia de calor por radiación, determinamos el coeficiente de transferencia de calor por convección entre las resistencias y el agua.

Se sustituyen datos de la ecuación

$$\dot{Q} = \dot{E}_{\text{generado}} = V \cdot I \quad \text{Ecuación 14}$$

$$\dot{Q} = \dot{E}_{\text{generado}} = (220 \text{ V}) (5.646 \text{ A})$$

$$\dot{Q} = \dot{E}_{\text{generado}} = 1242.12 \text{ W}$$

Sustituyendo valores en la ecuación, para el área superficial

$$A_s = \pi D L \quad \text{Ecuación 15}$$

$$A_s = \pi (0.0127 \text{ m}) (0.3 \text{ m})$$

$$A_s = 0.01196 \text{ m}^2$$

La ley de Newton del enfriamiento para la transferencia de calor por convección es:

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = h A_s (T_s - T_{\infty}) \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

$\dot{Q}_{\text{conv}}$ = generación de calor por convección

h = coeficiente de transferencia de calor por convección

A_s = área superficial

T_s = temperatura final

T_{∞} = temperatura inicial

Se realiza el despeje del coeficiente de temperatura

$$h = \frac{\dot{Q}_{conv}}{A_S(T_S - T_\infty)} \quad \text{Ecuación 17}$$

se sustituyen valores en la ecuación 17

$$h = \frac{1242.12 \text{ W}}{0.01196 \text{ m}^2 (60^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})}$$

$h = 2596.404 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ Es el coeficiente de transferencia de calor que la resistencia transfiere al agua

3.2.- Flujo en tubería

El agua que se utiliza se bombea a través de tuberías circulares ya que estas pueden resistir notables diferencias de presión entre el interior y el exterior sin experimentar alguna distorsión considerable, el flujo de fluidos se clasifica como externo e interno, ya que este depende si el fluido se fuerza a fluir sobre una superficie o dentro de un conducto, cabe destacar que las características de los fluidos son diferentes.

El fluido es forzado a fluir mediante una bomba centrífuga, se debe poner atención a la fricción, que se relaciona directamente con la caída de presión y las pérdidas de carga durante el flujo a través de tuberías y ductos. Entonces, la caída de presión se usa para determinar la potencia necesaria de bombeo. Un sistema de tuberías típico incluye tuberías de diferentes diámetros, unidas entre sí mediante varias uniones o codos para dirigir el fluido, válvulas para controlar la razón de flujo y bombas para presurizar el fluido.

En el flujo de fluidos, es conveniente trabajar con una velocidad promedio V_{prom} que permanece constante en flujo incompresible cuando el área de la sección transversal de la tubería es constante. La velocidad promedio en aplicaciones de calentamiento y enfriamiento pueden cambiar un poco, debido a transformaciones en la densidad que

crea la temperatura, pero en la práctica se les trata como constantes. La mayoría de los flujos que se encuentran en la práctica son turbulentos.

Número de Reynolds

La transición de flujo laminar a turbulento depende de la geometría, la rugosidad de la superficie, la velocidad del flujo, la temperatura de la superficie y el tipo de fluido, entre otros factores. El ingeniero Osborne Reynolds descubrió que el régimen de flujo depende principalmente de la razón de fuerzas inerciales a fuerzas viscosas en el fluido. Esta razón se llama número de Reynolds y se expresa para flujo interno en una tubería circular como

$$Re = \frac{\text{Fuerzas inerciales}}{\text{Fuerzas viscosas}} = \frac{V_{\text{prom}} D}{\nu} = \frac{\rho V_{\text{prom}} D}{\mu} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde

V_{prom} = velocidad de flujo promedio (m/s)

D = longitud característica de la geometría (diámetro en este caso, en m)

ν = viscosidad cinemática del flujo (m²/s).

ρ = densidad del fluido

El número de Reynolds en donde el flujo se vuelve turbulento se llama número de Reynolds crítico, Re_{cr} . El valor del número de Reynolds crítico es diferente para geometrías y condiciones de flujo distintas. Para flujo interno en una tubería circular, el valor generalmente aceptado del número de Reynolds crítico es $Re_{cr} = 2300$.

Para el flujo a través de tuberías circulares, el diámetro hidráulico se define de modo que se reduce a diámetro común D :

$$D_h = \frac{4A_c}{p} = \frac{4(\pi D^2/4)}{\pi D} = D \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde A_c es el área de sección transversal de la tubería, D_h es diámetro hidráulico y p es su perímetro húmedo.

Es evidente que la transición de flujo laminar a turbulento depende del grado de perturbación del flujo por la rugosidad de la superficie, las vibraciones de la tubería y las fluctuaciones en el flujo.

Es deseable tener valores precisos de números de Reynolds para flujo laminar, transitorio y turbulento, pero solo se tiene la siguiente relación, para poder determinar el tipo de flujo:

$Re \leq 2300$ flujo laminar

$2300 \leq Re \leq 2300$ flujo transicional

$Re \geq 2300$ flujo turbulento

Longitud de entrada

La longitud de entrada hidrodinámica usualmente se toma como la distancia desde la entrada de la tubería hasta donde el esfuerzo de corte de pared (y por tanto el factor de fricción) alcanza dentro de aproximadamente 2 por ciento el valor correspondiente al flujo totalmente desarrollado. El flujo laminar, la longitud de entrada hidrodinámica está dada aproximadamente como (vea Kays y Crawford, 1993; Shah y Bhatti, 1987):

$$L_{h,laminar} \cong 0.05ReD \quad \text{Ecuación 20}$$

En flujo turbulento la intensa mezcla durante las fluctuaciones aleatorias usualmente ensombrece los efectos de la difusión molecular. La longitud de entrada hidrodinámica para flujo turbulento se puede aproximar como (véase Bhatti y Shah, 1987; y Zhi-qing, 1982)

$$L_{h,turbulento} \cong 1.359DRe_D^{1/4} \quad \text{Ecuación 21}$$

La longitud de entrada es mucho más corta en el flujo turbulento, como se esperaba, y su dependencia del número de Reynolds es débil. En numerosos flujos de tubería de interés práctico en ingeniería, los efectos de entrada se vuelven in-significantes más allá

de una longitud de tubería de 10 de diámetro, y la longitud de entrada hidrodinámica se aproxima como:

$$L_{h,turbulento} \sim 10D \quad \text{Ecuación 22}$$

Caída de presión y pérdida de carga

Un interés considerable en el análisis de flujo de tuberías es el que causa la caída de presión ΔP , porque está directamente relacionada con la potencia necesaria para que la bomba mantenga el flujo. Note que $dP/dx = \text{constante}$ y cuando se integra de $x=x_1$, donde la presión es P_1 , hasta $x=x_1 + L$, donde la presión es P_2 produce:

$$\frac{dp}{dx} = \frac{p_2 - p_1}{L} \quad \text{Ecuación 23}$$

Cuando se sustituye la ecuación 23 en la expresión de V_{prom} de la ecuación 34, la caída de presión se puede expresar como:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \frac{8\mu L V_{prom}}{R^2} = \frac{32\mu L V_{prom}}{D^2} \quad \text{Ecuación 24}$$

El símbolo Δ se utiliza comúnmente para indicar la diferencia entre los valores final e inicial, como $\Delta y = y_2 - y_1$. Pero en flujo de fluidos, ΔP se usa para designar caída de presión, y por lo tanto es $P_1 - P_2$. Una caída de presión ocasionada por efectos viscosos representa una pérdida de presión irreversible llamada pérdida de presión ΔP_L para destacar que es una pérdida (tal como la pérdida de carga h_L , que es proporcional a ella). Note a partir de la ecuación 24 que la caída de presión es proporcional a la viscosidad μ del fluido, y ΔP sería cero si no hubiera fricción. Por lo tanto, la caída de presión de P_1 a P_2 en este caso, se debe por completo a efectos viscosos, y la ecuación 25 representa la pérdida de presión ΔP_L cuando un fluido de viscosidad μ fluye a través de una tubería de diámetro uniforme D y longitud L a velocidad promedio V_{prom} .

En la práctica, es conveniente expresar la pérdida de presión para todos los tipos de flujos internos totalmente desarrollados (flujos laminar o turbulento, tuberías circulares o no-circulares, superficies lisas o rugosas, tuberías horizontales o inclinadas)

$$\text{Pérdida de presión } \Delta P_L = f \frac{L}{D} \frac{\rho V_{prom}^2}{2} \quad \text{Ecuación 25}$$

Donde $\frac{\rho v_{prom}^2}{2}$ es la presión dinámica y f es el factor de Darcy

$$f = \frac{8T_w}{\rho V_{Prom}^2}$$

Ecuación 26

También se llama factor de fricción de Darcy-Weisbach, en honor al francés Henry Darcy (1803-1858) y al alemán Julius Weisbach (1806-1871), ingenieros que proporcionaron las mayores aportaciones en su desarrollo.

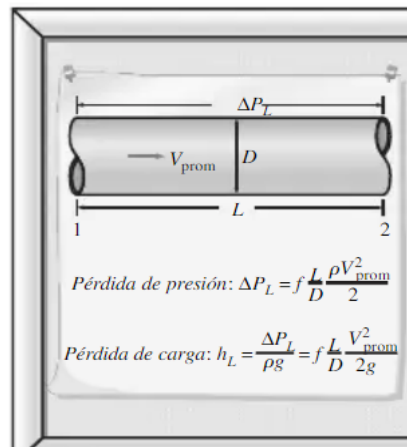


FIGURA 4.- LA RELACIÓN PARA LA PÉRDIDA DE PRESIÓN

La relación para la pérdida de presión (y pérdida de carga) (figura 4) es una de las relaciones más generales en la mecánica de fluidos y válida para flujos laminar o turbulento, tuberías circulares o no-circulares y tuberías con superficies lisas o rugosas (cengel yunus a., cimbalá john, dinámica de fluidos 1ra edición))

Cuando ya se conoce la pérdida de presión (o la pérdida de carga), la potencia de bombeo necesaria para superar la pérdida de carga se determina a partir de:

$$\dot{W}_{bombaL} = \dot{V} \Delta P_L = \dot{V} \rho g h_L = \dot{m} g h_L$$

Ecuación 27

Donde $\dot{V}$ es el flujo volumétrico y $\dot{m}$ es la razón de flujo de masa.

La velocidad promedio del flujo laminar en una tubería horizontal es, a partir de la ecuación 28

$$V_{Prom} = \frac{(P_1 - P_2) R^2}{8 \mu L} = \frac{(P_1 - P_2) D^2}{32 \mu L} = \frac{\Delta P D^2}{32 \mu L}$$

Ecuación 28

Entonces, el flujo volumétrico de flujo laminar en una tubería horizontal de diámetro D y longitud L se convierte en:

$$\dot{V} = V_{\text{Prom}} A_c = \frac{(P_1 - P_2) R^2}{8 \mu L} \pi R^2 = \frac{(P_1 - P_2) \pi D^4}{128 \mu L} = \frac{\Delta P \pi D^4}{128 \mu L} \quad \text{Ecuación 29}$$

Esta ecuación se conoce como Ley de Poiseuille; este flujo se llama flujo Hagen-Poiseuille en honor a los trabajos en la materia de G. Hagen (1797-1884) y J. Poiseuille (1799-1869). Note de la ecuación 29 que, para un flujo volumétrico especificado, la caída de presión y , por tanto, la potencia de bombeo necesaria, es proporcional a la longitud de la tubería y a la viscosidad del fluido, pero es inversamente proporcional a la cuarta potencia del radio (o diámetro) de la tubería. En consecuencia, la potencia de bombeo necesaria para un sistema de tuberías se puede reducir por un factor de 16 cuando se duplica el diámetro de la tubería (figura 5 La potencia de bombeo necesaria para un sistema de tuberías de flujo laminar se puede reducir en un factor de 16 cuando se duplica el diámetro de la tubería. (cengel yunus a., cimbala john, dinamica de fluidos 1ra edicion). Desde luego, los beneficios de la reducción en los costos de energía se deben sopesar contra el aumento en el precio de construcción debido al uso de una tubería con diámetro mayor.

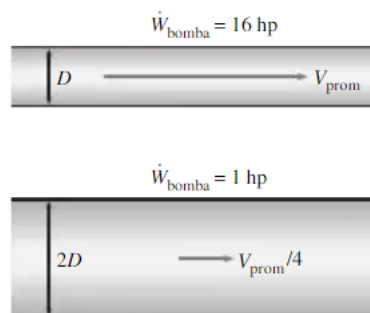


FIGURA 5.- LA POTENCIA DE BOMBEO NECESARIA PARA UN SISTEMA DE TUBERÍAS DE FLUJO

En la figura 6 se proporcionan relaciones del factor de fricción f para flujo totalmente desarrollado en tuberías de varias secciones transversales (cengel yunus a., cimbala john, dinamica de fluidos 1ra edicion). El número de Reynolds para flujo en estas tuberías se basa en el diámetro hidráulico

$$D_h = 4A_c / p$$

Ecuación 30

Donde

A_c = es el área de sección transversal de la tubería

P = es su perímetro húmedo

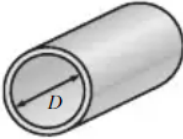
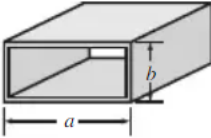
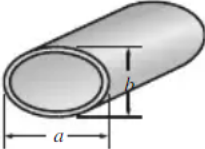
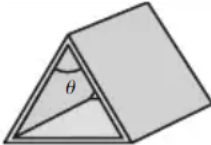
Factor de fricción para <i>flujo laminar</i> totalmente desarrollado en tuberías de varias secciones transversales ($D_h = 4A_c/p$ y $Re = V_{prom} D_h/\nu$)		
Geometría del tubo	a/b o θ°	Factor de fricción f
Círculo 	—	64.00/Re
Rectángulo 	a/b	
	1	56.92/Re
	2	62.20/Re
	3	68.36/Re
	4	72.92/Re
	6	78.80/Re
	8	82.32/Re
	∞	96.00/Re
Elipse 	a/b	
	1	64.00/Re
	2	67.28/Re
	4	72.96/Re
	8	76.60/Re
	16	78.16/Re
Triángulo isósceles 	θ	
	10°	50.80/Re
	30°	52.28/Re
	60°	53.32/Re
	90°	52.60/Re
	120°	50.96/Re

FIGURA 6.- FACTOR DE FRICCIÓN PARA FLUJO LAMINAR EN TUBERÍAS

Posterior a la información anterior se realizan los cálculos correspondientes, teniendo en cuenta lo siguiente:

Agua a 50°C ($\rho = 988.05 \text{ kg/m}^3$ y $\mu = 0.5465 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \text{s}$) fluye de manera estacionaria a través de una tubería de .025 m de diámetro y 5 m de largo. La presión a la entrada y la salida de la tubería se mide en 387.71 y 896.35 kPa, respectivamente. Determine la razón del flujo del agua a través de la tubería si se supone que la tubería está a) horizontal b) se encuentra a 90° c) verificar el tipo de flujo

Velocidad promedio

Primero calculamos la caída de presión en la tubería y el área de sección transversal de la tubería son:

Sustituyendo valores de la ecuación 24

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 387.35 - 896.35 = -508.64 \text{ kPa}$$

Haciendo despeje del área de sección transversal de la tubería A_c de la ecuación 30 obtenemos:

$$A_c = \pi D^2 / 4 = \pi (0.025)^2 / 4 = 0.0004908 \text{ m}^2$$

a) la razón de flujo para los dos primeros casos se puede determinar a partir de la ecuación 29

$$\dot{V} = \frac{(\Delta P - \rho g L \sin \theta) \pi D^4}{128 \mu L}$$

Donde θ es el ángulo que forma la tubería con la horizontal. Para el caso horizontal, $\theta = 0$ y por lo tanto $\sin \theta = 0$. En consecuencia:

$$\dot{V}_{\text{horiz}} = \frac{(\Delta P) D^4}{128 \mu L} = \frac{(-508.64 \text{ kPa}) (0.025 \text{ m})^4}{128 (546.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \text{s}) 5 \text{ m}} \left(\frac{1000 \text{ N/m}^2}{1 \text{ kPa}} \right) \left(\frac{1 \text{ kg} * \text{m/s}^2}{1 \text{ N}} \right) \quad \text{ecuación 31}$$

$$\dot{V}_{\text{horiz}} = 0.0036 \text{ m}^3/\text{s}$$

b) Para flujo colina arriba con 90° se tiene que $\theta=+90^\circ$

$$\dot{V}_{\text{colina arriba}} = \frac{(\Delta P - \rho g L \sin \theta) \pi D^4}{128 \mu L}$$

$$\dot{V}_{\text{colina arriba}} = \frac{[(-508640 \text{ Pa} - (988.05 \text{ kg/m}^3)(9.81 \text{ m/s}^2)(5 \text{ m}) \sin 90^\circ)] \pi (0.025)^4}{128 (546.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot \text{s})(5 \text{ m})} \left(\frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m/s}^2}{1 \text{ Pa} \cdot \text{m}^2} \right)$$

$$\dot{V}_{\text{colina arriba}} = 0.193 \text{ m}^3/\text{s}$$

c) verificar el tipo de flujo

primero se debe calcular la velocidad del fluido promedio y con ello el número de Reynolds

$$V_{\text{Prom}} = \frac{\dot{V}}{A_C} = \text{ecuación 32}$$

Sustituyendo valores de la ecuación 32

$$V_{\text{Prom}} = \frac{\dot{V}}{A_C} = \frac{0.00000193 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0004908 \text{ m}^2} = 0.003326 \text{ m/s}$$

Sustituimos valores de la ecuación 18

$$\text{Re} = \frac{\rho V_{\text{prom}} D}{\mu} = 0.1503 = 1503$$

Se determina que es menor que 2300. Por lo tanto, el flujo es laminar. Una vez determinado lo siguiente, continuamos con el factor de fricción, sustituimos en la ecuación 33

$$f = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{1503} \quad \text{ecuación 33}$$

$$f = 0.0425$$

3.2.- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012

La Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Instalaciones Eléctricas y por la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica, y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía con el apoyo de diversas instituciones asociadas a lo mismo.

El objetivo de la norma es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Las descargas eléctricas
- Los efectos térmicos
- Las sobrecorrientes
- Las corrientes de falla y
- Las sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en la NOM promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura

La norma es complementada con los siguientes documentos vigentes o los que los sustituyan:

- NOM-008-SCFI-2002, Sistema General de Unidades de Medida.
- NOM-063-SCFI-2001, Productos eléctricos-Conductores-Requisitos de seguridad.
- NMX-J-098-ANCE-1999, Sistemas eléctricos de potencia-Suministro-Tensiones Eléctricas Normalizadas.

Nos basaremos bajo los artículos siguientes para la instalación eléctrica de nuestro tablero de distribución y control.

ARTICULO 110.- Requisitos de las instalaciones eléctricas

ARTICULO 200.- Alambrado y protección

ARTICULO 312.- Gabinetes, cajas de desconexión y bases para medidores

Amperaje de la carga.

El amperaje que debe soportar el conductor es el factor principal para la selección del calibre del conductor.

Aunque debemos tener en cuenta la selección de conductor por caída de tensión. Ya que, si la carga está muy lejos, puede ser necesario un calibre de mayor tamaño para evitar que se caiga el voltaje más de lo permitido.

$$I = \frac{1.25 \cdot I}{F_s \cdot F_t} \quad \text{Ecuación 34}$$

Dónde:

I, intensidad de corriente en Amperes (A)

1.25, es un factor para no saturar demasiado al conductor.

F_a, Factor de Agrupamiento o de ajuste.

F_t, factor de temperatura o de corrección.

NOTA: El **F_a** y el **F_t**, se deben multiplicar por el amperaje que soporta el conductor. Pero como en la formula tenemos el amperaje de la carga, entonces tenemos que dividirlos.

Tolerancia del amperaje de la carga (1.25)

Para seleccionar el conductor, la norma indica que se debe usar un factor de **1.25** para seleccionar el conductor.

Es decir, el amperaje que circula por el conductor debe de ser como máximo un 80% del amperaje que soporta el conductor.

Si tenemos cargas no continuas, es decir, que operan menos de 3 horas seguidas. El conductor debe de soportar la carga no continua más el 125% de la carga continua.

Factor de ajuste o de agrupamiento (Fa), cálculo de conductores.

Se usa si hay más de 3 conductores en la misma canalización.

El cable de tierra no se considera conductor.

El cable neutro, en ocasiones sí se considera según la aplicación. Pero en general no lo consideramos como conductor.

El factor de agrupamiento se multiplica por el amperaje ya con la tolerancia.

Esta es la tabla para el factor de agrupamiento dependiendo del número de conductores en la misma canalización.

Seleccionar 60 °C en tabla de ampacidad.

Para calibres menores a 1/0 se deben usar 60 °C, debido a que las terminales de los dispositivos para calibres inferiores a 1/0 están diseñadas para soportar 60 °C.

Si la terminal indica que soporta mayor temperatura, si podremos usar en la tabla una temperatura según la terminal lo indique.

Seleccionar 75 °C en tabla de ampacidad.

Se pueden seleccionar 75 °C, para calibres de 1/0 o mayores.

La mayoría de cables eléctricos tienen marcada esta temperatura, por lo que es la más usada. Y las terminales para estos calibres soportan esta temperatura.

Seleccionar 90 °C en tabla de ampacidad.

No está muy claro en la norma cuando se deben usar los 90 °C que aparecen en las tablas.

Se sugiere seleccionar esta temperatura cuando se usa un factor de agrupamiento, es decir, cuando van más de 3 conductores por la misma canalización. O si es una zona con temperatura ambiente muy alta.

Y además revisar que el aislamiento del cable indique que soporta los 90 °C.

Básicamente es tener cuidado de que los diversos componentes soporten esta temperatura.

Tabla de ampacidad.

A continuación, se muestra la tabla de Ampacidad para conductores eléctricos

TABLA 1.- TABLA DE AMPACIDAD

← Tabla de ampacidad				
COBRE (CU)				
Tamaño		Temperatura		
mm	AWG	60°C	75°C	90°C
2.08	14	15	20	25
3.31	12	20	25	30
5.26	10	30	35	40
8.37	8	40	50	55
13.3	6	55	65	75
21.2	4	70	85	95
26.7	3	85	100	115
33.6	2	95	115	130
42.4	1	110	130	145
53.49	1/0	125	150	170
67.43	2/0	145	175	195
85.01	3/0	165	200	225
107.2	4/0	195	230	260
127	250	215	255	290
152	300	240	285	320
177	350	260	310	350
203	400	280	335	380

Basándonos a la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012** tenemos que

3.2.1.- Calibre de cable

Para seleccionar el calibre, nos basamos de acuerdo a la norma como se muestra en la tabla 2, y para obtener el resto que complementa nuestra tabla 2, nos basamos de acuerdo a cada componente a usar.

TABLA 2.- CALIBRE DE CABLE QUE SE USARA EN NUESTROS COMPONENTES

descripcion	voltaje	amperaje	pot elec W	INTENSI AN	CALIBRE2	DIAM mm	Tem amb	caid V Max
botón on-off	120	10	1200	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
botón bomba	120	10	1200	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
botón resistencia	120	10	1200	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
set point	240	10	2400	12.5	12	3.31 30°	< 5%	
interruptortermomagnetico3polos	480	100	48000	125	1	42.4 30°	< 5%	
interruptor 2polos	400	10	4000	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
interruptor 3polos	400	10	4000	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
contactor pararesistencias	220	40	8800	50	6	13.3 30°	< 5%	
proteccióncontactor resit	250	16	4000	20	12	3.31 30°	< 5%	
relevador	250	10	2500	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
relevador	250	10	2500	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
clemas	600	25	15000	31.25	8	8.37 30°	< 5%	
contactor bombabimetalico	420	17	7140	21.25	10	5.26 30°	< 5%	
protección contbomba	440	22	9680	27.5	10	5.26 30°	< 5%	
Resistencia	440	22	30000	27.5	10	5.26 30°	< 5%	
bomba 1.5hp	220	20	4400	25	10	5.26 30°	< 5%	
resistencias	100	50	5000	62.5	4	21.2 30°	< 5%	
presostato	250	10	2500	12.5	16	1.5 30°	< 5%	
termostato	220	16	3520	# DIV 0		30°	< 5%	

3.2.2.- Amperaje de circuito

Ahora se realiza la distribución de nuestros componentes con el amperaje correspondiente, el amperaje mostrado es de acuerdo a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012 la cual nos indica que, para seleccionar el conductor, se debe usar un factor de **1.25**. Es decir, el amperaje que circula por el conductor debe de ser como máximo un 80% del amperaje que soporta el conductor. Nota: el amperaje real de cada componente se muestra en la figura 7

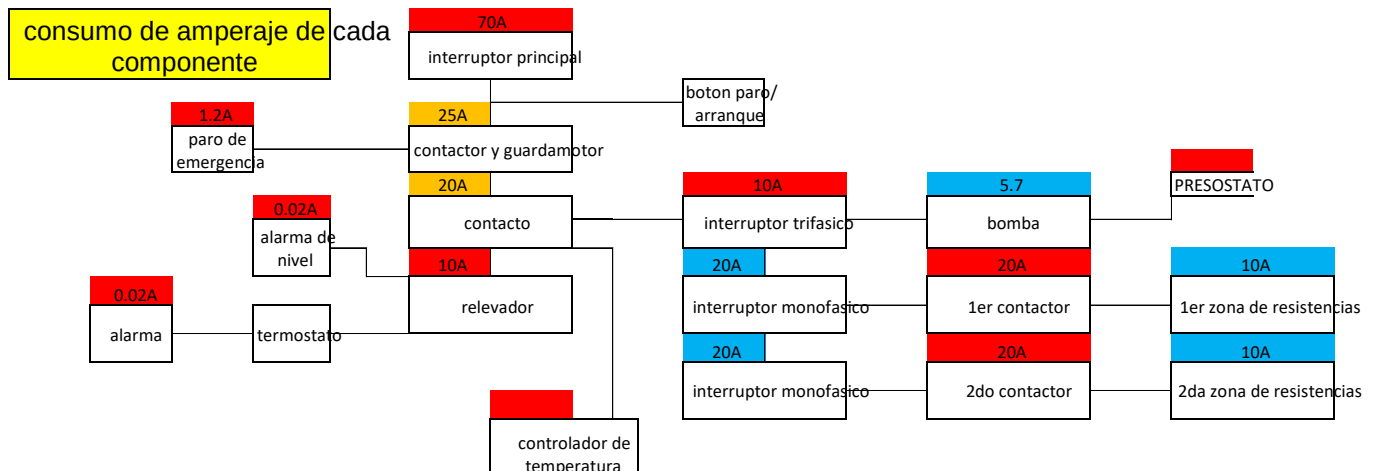


FIGURA 7.- CONSUMO TOTAL DE AMPERAJE DEL CIRCUITO

3.3.- SELECCIÓN DEL ARREGLO DE LAS RESISTENCIAS

Para elegir el tipo de arreglo de nuestras resistencias debemos calcular cuál de estos dos arreglos, delta o estrella, nos proporcionara una mayor potencia, ya que lo que se busca, es eso, calentar el agua en el menor tiempo posible.

3.3.1.- Arreglo en Estrella

Obteniendo la tensión:

$$T = V/\sqrt{3}$$

Ecuación 35

Dónde:

T = tensión

V = voltaje

$\sqrt{3}$ = constante

Sustituimos valores en la ecuación 35

$$\begin{aligned} T &= 440/\sqrt{3} \\ &= 254.03\text{v} \end{aligned}$$

Para obtener la intensidad en cada fase (ley de ohm) se calcula mediante la siguiente formula:

Ecuación 36

$$I_f = V_f/R$$

Dónde:

I_f = intensidad en cada fase

V_f = voltaje de fase

R = valor de las resistencias

Sustituyendo valores en la ecuación 36

$$= 254.03\text{V}/45\Omega$$

$$= 5.645\text{A}$$

Para calcular la potencia en arreglo estrella nos valemos de la ecuación siguiente:

$$P = 3 \cdot T \cdot IF$$

Ecuación 37

Dónde:

P = potencia

3 = constante

T = tensión

IF = intensidad

Sustituimos valores de la ecuación 37

$$= 3(254.03V) (5.645A)$$

$$= 4302.08 \text{ vatios}$$

Si se desea obtener la potencia en función de los parámetros de línea, necesitamos la siguiente ecuación:

$$P = \sqrt{3} \times V_t \times IF$$

Ecuación 38

Dónde:

$\sqrt{3}$ = constante

V_t = voltaje total

IF = intensidad en cada fase

Sustituimos valores en la ecuación 38

$$= \sqrt{3}(440v) (5.645A)$$

$$= 4302.15 \text{ vatios}$$

3.3.2.- Arreglo en triángulo

Si calculamos la potencia en función de los parámetros de fase, teniendo en cuenta que la tensión de fase y la intensidad de fase por la ley de ohm es igual a:

$$I_F = V/R$$

Ecuación 39

Dónde:

I_F = intensidad de fase

V: voltaje

R: resistencias

Sustituyendo valores en la ecuación 39

$$440V/45\Omega$$

$$= 9.77 \text{ A}$$

Obteniendo la potencia:

$$P = 3 \times V \times I_F$$

Ecuación 40

Dónde:

P = potencia

3 = constante

V = voltaje

I_F = intensidad de fase

Sustituyendo valores de la ecuación 40

$$= 3(220V) (9.77A)$$

$$= 6448.2 \text{ vatios}$$

Si se desea obtener la potencia en función de los parámetros de línea, necesitamos la siguiente ecuación:

$$P = \sqrt{3} \times V_t \times I_F$$

Ecuación 41

Dónde:

$\sqrt{3}$ = constante

V_t = voltaje total

I_F = intensidad en cada fase

Sustituimos valores en la ecuación 41

$$= \sqrt{3}(220)(16.93A)$$

$$= 6448.2 \text{ vatios}$$

$$9.77a (\sqrt{3}) = 16.93A$$

Sustituimos valores para demostrar que en tanto en función de los parámetros de fase como en función de los parámetros de línea que una carga trifásica conectada en triángulo desarrolla tres veces más potencia que una carga conectada en estrella.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DEL PROYECTO

4.1.- Levantamiento de datos técnicos

Se realiza el Levantamiento de datos técnicos de los termorreguladores existentes, para hacer una comparativa de los mismos, y así seleccionar los componentes a utilizar

TABLA 3.- DATOS TÉCNICOS C1

celda 1		
Cantidad	Unidad	Descripción
1	pz	gabinete
1	pz	tarjeta técnica
1	pz	botón in
1	pz	botón off
1	pz	botón bomba
1	pz	botón resistencia
1	pz	alarma
1	pz	set point
1	pz	interruptor termomagnetico 3polos
1	pz	interruptor 2polos
1	pz	interruptor 3 polos
1	pz	contactor para resistencias
1	pz	protección contactor resit
1	pz	releevador
1	pz	releevador
6	pz	clemas
1	pz	contactor bomba bimetalico
1	pz	protección cont bomba
	m	cable de control
	m	cable negro 6
1	pz	bomba 1.5hp
1	pz	termo par "J"
1	pz	presostato
1	pz	termostato
6	pz	Resistencia
cantidad	unidad	descripcion
1	pz	depósito de agua
1	pz	depósito de resistencias
1	pz	válvula de esfera roscable
2	pz	válvula de esfera roscable
4	pz	codos
1	pz	codo cobre
8	pz	conexiones
13	pz	niples
3	pz	tubo cobre

TABLA 4.- DATOS TÉCNICOS C2

celda 2		
Cantidad	Unidad	Descripción
1	pz	gabinete de control
6	pz	botones on, off, paro, arranque, nivel agua, tempera, guardamotor
1	pz	set point
6	pz	porta botones
1	pz	interruptor de bomba
1	pz	interruptor de resistencias
6	pz	contactores
6	pz	pastillas
1	pz	contactor general
3	pz	clemas
1	pz	contactor bimetalico bomba
1	pz	pastilla protectora con bomb
1	pz	protección de contactor bomb
1	pz	PLC
1	pz	transformador
1	pz	termo par "J"
1	pz	termostato
1	pz	bomba 1.5hp
6	pz	resistencias
4	pz	releevadores
cantidad	unidad	descripcion
4	pz	canaletas
3	pz	riel
1	pz	depósito de agua
1	pz	depósito de resistencias
7	pz	codos
1	pz	codo
2	pz	válvulas de esfera
4	pz	válvulas de esfera
4	pz	conexiones
1	pz	conexion
7	pz	niples
7	pz	niples

TABLA 5.- DATOS TÉCNICOS C3

celda 3		
Cantidad	Unidad	Descripción
1	pz	gabinete de control
8	pz	botones zona 1,zona1, bomba, alarma, encendido calentar, arranque manual, arranque bomba, reset
1	pz	set point
8	pz	porta botones
1	pz	interruptor termomagnetico
3	pz	contactores 3p
1	pz	interruptor de bomba
1	pz	interruptor de resistencias
1	pz	interruptor
1	pz	PLC
3	pz	clemas
1	pz	Resistencia
2	pz	releevadores
1	pz	contactor bimetalico
1	pz	protector de contactor
1	pz	transformador
cantidad	unidad	descripcion
1	pz	
6	pz	canaletas
3	pz	riel
7	pz	clemas verde-amarillo
14	pz	clemas gris
13	pz	clemas crema
1	pz	bomba

TABLA 6.- COMPARACIÓN DE COMPONENTES DE LAS 3 CELDAS

Descripción	Celda 1	Celda 2	Celda 3
gabinete de control	1	1	1
botones zona 1,zona1, bomba, alarma, encendido calentar, arranque manual, arranque bomba, botones on, off, paro,			1
arranque, nivel agua, tempera, guardamotor		1	
botón on/off	1		
tarjeta técnica	1		
set point	1	1	1
porta botones	3	6	8
interruptor termomagnetico	1	1	1
contactores 3p	2		1
interruptor de bomba	1	1	1
interruptor termomagnetico 3polos	1		1
interruptor 2polos	1		
contactor general	1	1	1
contactor de resistencias	1		1
contactor bimetalico bomba	1	1	1
breaker	2	6	3
PLC		1	1
clemas	6	9	37
protección contactor resit	1	1	1
protección de contactor bomba	1	1	1
Resistencia	5	6	6
releevadores	2	4	2
transformador		1	1
bomba 1.5hp	1	1	1
presostato	1	1	1
termostato	1	1	1
termo par "J"	1	1	1
canaletas	3	4	6
riel	3	3	3
depósito de agua	1	1	1
depósito de resistencias	1	1	1
codo	5	8	x
válvulas de esfera	3	6	x
conexiones	8	4	x
niples	13	14	x

4.2 Lista de componentes

1 TRANSFORMADOR



Ilustración 2.- Transformador

DESCRIPCIÓN:

TRANSFORMADOR CONTROL 50
VOLTAJE ALTERNO

1 SENSOR DE NIVEL



Ilustración 3.- Sensor de nivel

DESCRIPCIÓN: SENSOR DE NIVEL DE
AGUA, ACERO INOXIDABLE

VOLTAJE: 220V DC

2 CANALETAS RANURADAS

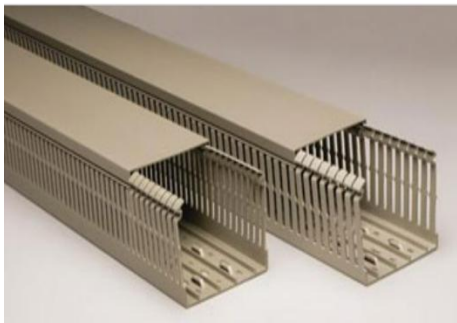


Ilustración 4.- Canaleta ranurada

DESCRIPCIÓN:

CANALETAS RANURADAS
ARNO CANALI PCV

1 TERMOPAR



Ilustración 5.- Termopar tipo J

DESCRIPCIÓN: Termopar tipo “J”

6 RESISTENCIAS



Ilustración 6.- Resistencia tubular

DESCRIPCIÓN:
RESISTENCIA ELÉCTRICA
PARA INMERSIÓN, TUBULAR
VOLTAJE: 440V

3 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO



Ilustración 7.- Interruptor termomagnético de 3 polos

DESCRIPCIÓN: INTERRUPTOR
TERMOMAGNETICO PARA RIEL,
3 POLOS
VOLTAJE: 440V

2 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO



Ilustración 8.- Interruptor termomagnético 2 polos

DESCRIPCIÓN: INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO PARA RIEL, 2 POLOS
VOLTAJE: 440V

1 RELEVADOR



Ilustración 9.- Relevador de 8

DESCRIPCIÓN: RELE DE POTENCIA DE 8 PINES 50/60 HZ
VOLTAJE: 230 V BOBINA

3 CONTACTORES



Ilustración 10.- Contactor de 3 polos

DESCRIPCIÓN: CONTACTORES PARA RIEL
VOLTAJE: 440V

1 INTERRUPTOR PRINCIPÁL



Ilustración 11.- Interruptor principal

DESCRIPCIÓN:

INTERRUPTOR PRINCIPAL 3

POLOS

VOLTAJE: 440V

1 CONTACTOR Y GUARDAMOTOR



Ilustración 12.- Contactor y guardamotor

DESCRIPCIÓN: CONTACTADOR Y
GUARDAMOTOR

VOLTAJE: 440V

3 LAMPARAS INDICADORAS



Ilustración 13.- Lampara indicadora

DESCRIPCIÓN: LAMPARA
INDICADORA

VOLTAJE: 440V

1 CONTROLADOR DE TEMPERATURA (SET POINT)



Ilustración 14.- Controlador de temperatura

DESCRIPCIÓN:
CONTROLADOR DE
TEMPERATURA
VOLTAJE: 220

PARO DE EMERGENCIA



Ilustración 15.- Botón paro de emergencia

DESCRIPCIÓN: PARO DE
EMERGENCIA
VOLTAJE: 220V

TERMOSTATO



Ilustración 16.- Termostato

DESCRIPCIÓN: termostato
Voltaje: 220 V DC

1 BOTON PARO/ARRANQUE



Ilustración 17.- Botón paro/arranque

DESCRIPCIÓN: BOTON
PARO ARRANQUE VERDE/
ROJO

VOLTAJE: 440V

1 PRESOSTATO



Ilustración 18.- Presostato

DESCRIPCIÓN: INTERRUPTOR DE
CONTROL DE PRESION DE BOMBA
DE AGUA AJUSTABLE DE 40-60 PSI

VOLTAJE: 230 V

BOMBA



Ilustración 19.- Bomba centrífuga

DESCRIPCION: BOMBA
CENTRIFUJA

VOLTAJE: 440V

CABLE ALTA TEMPERATURA



Ilustración 20.- Cable alta temperatura

DESCRIPCIÓN: CABLE PARA
ALTA TEMPERATURA
VOLTAJE: 440V

CABLE CONTROL Y FUERZA

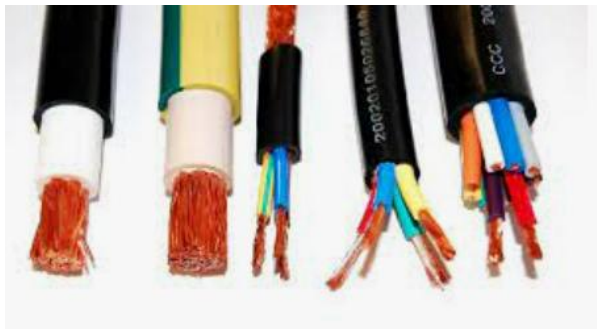


Ilustración 21.- Cable eléctrico

DESCRIPCIÓN: CABLE PARA
CONTROL Y FUERZA
VOLTAJE: 440V

3 PERFIL PTR



Ilustración 22.- Perfil PTR

DESCRIPCIÓN: PERFIL PTR

1 PLACA PARA EL FORRADO DE LA ESTRUCTURA

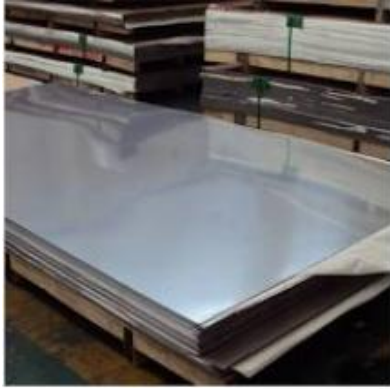


Ilustración 23.- Placa de acero

DESCRIPCIÓN: 1 PLACA DE ACERO DE 2 MILIMETROS DE GROSOR

4 LLANTAS



Ilustración 24.- Llantas con frenos

DESCRIPCIÓN: 4 LLANTAS, DOS CON FRENILLO.

CODOS, TUBOS Y CONEXIONES

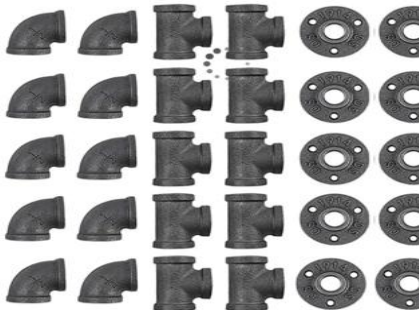


Ilustración 25.- Tubos, codos y Conexiones

DESCRIPCIÓN: TUBOS, CONEXIONES, CODOS Y LLAVES GALVANIZADAS

4.3 Diagrama del funcionamiento del termorregulador (diagrama de flujo)

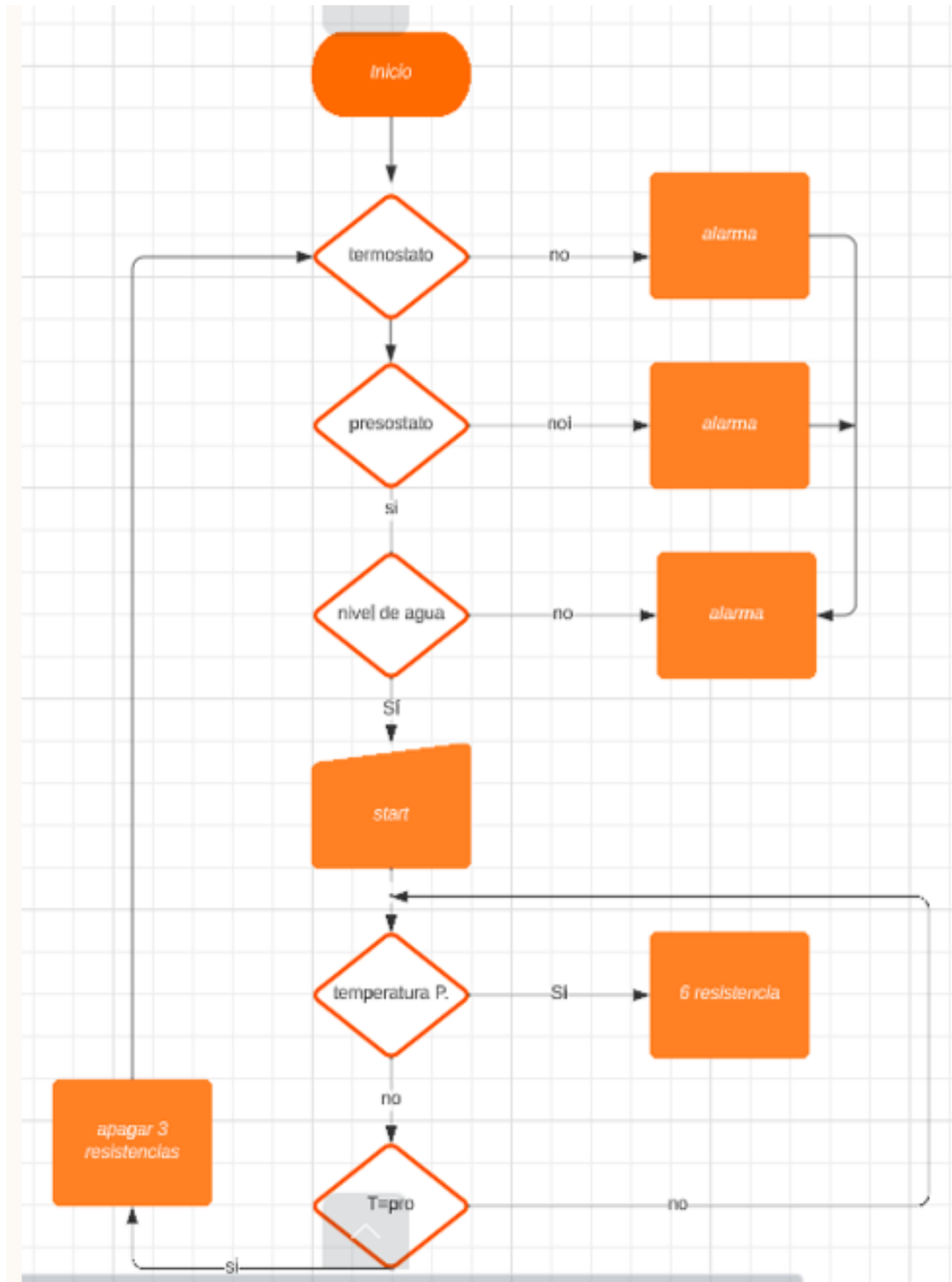


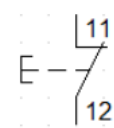
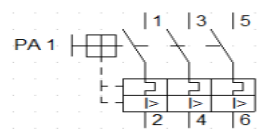
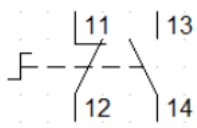
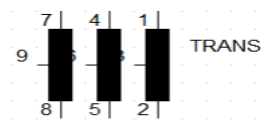
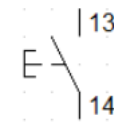
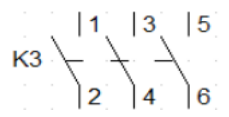
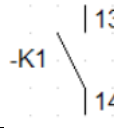
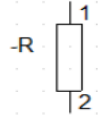
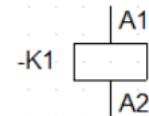
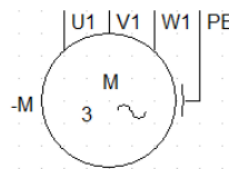
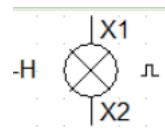
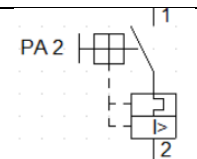
FIGURA 8.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL FUNCIONAMIENTO DEL TERMORREGULADOR

4.4 Diagrama de fuerza y control

4.4.1 Simbología

Se utiliza simbología eléctrica basada en la Norma IEC 1082-1 (diciembre de 1992) la cual define y fomenta “los símbolos gráficos y las reglas numéricas y alfanuméricas que deben utilizarse para identificar los aparatos, diseñar los esquema y realizar los equipos eléctricos” (Estandarizacion de esquema).

TABLA 7. SIMBOLOGÍA ELÉCTRICA

Simbología	Descripción	Simbología	Descripción
	Línea trifásica con un cable neutro		Pulsador normalmente cerrado (NC)
	Interruptor automático magnetotérmico o guardamotor		Relee contactos auxiliares
	Transformador		Pulsador normalmente abierto (NA)
	Contactos		Contacto normalmente abierto (NA)
	Resistencias		Mando electromagnético
	Motor trifásico		Piloto intermitente
	Disyuntor magnetotérmico		Neutro

4.4.2 Diseño del circuito eléctrico

Se diseña el diagrama de fuerza y control del termorregulador, en el programa CAdE_SIMU.

Como primer punto se desarrolla el diagrama de fuerza, Obteniendo:

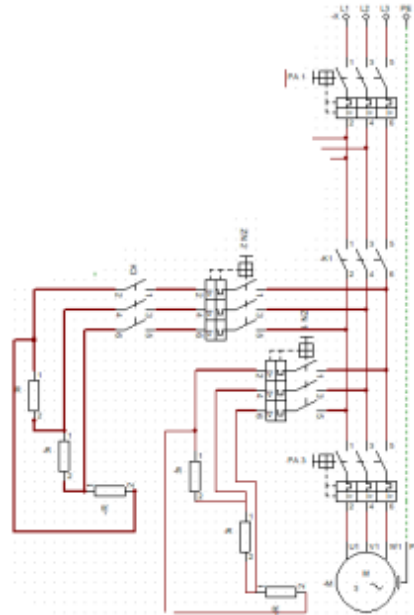


FIGURA 9.- DIAGRAMA DE FUERZA

Se tiene una línea trifásica de 440 V, la cual alimenta al interruptor principal, así mismo será controlada mediante la bobina K1. Posteriormente se alimenta la primera zona de resistencias, que al igual que la segunda zona, consta de tres resistencias conectadas en delta con su protección que es un interruptor electromagnético. La segunda zona de resistencias es controlada mediante el set point, el cual representa la bobina K3, así como la primera zona, cuenta con su interruptor electromagnético, así cualquier de las dos zonas puede ser intervenidas con seguridad o en caso de un corto circuito o daño en la resistencia. En la parte final del circuito de fuerza tenemos un interruptor termomagnético para controlar y proteger la bomba.

Posteriormente se realiza el circuito de control de la siguiente forma

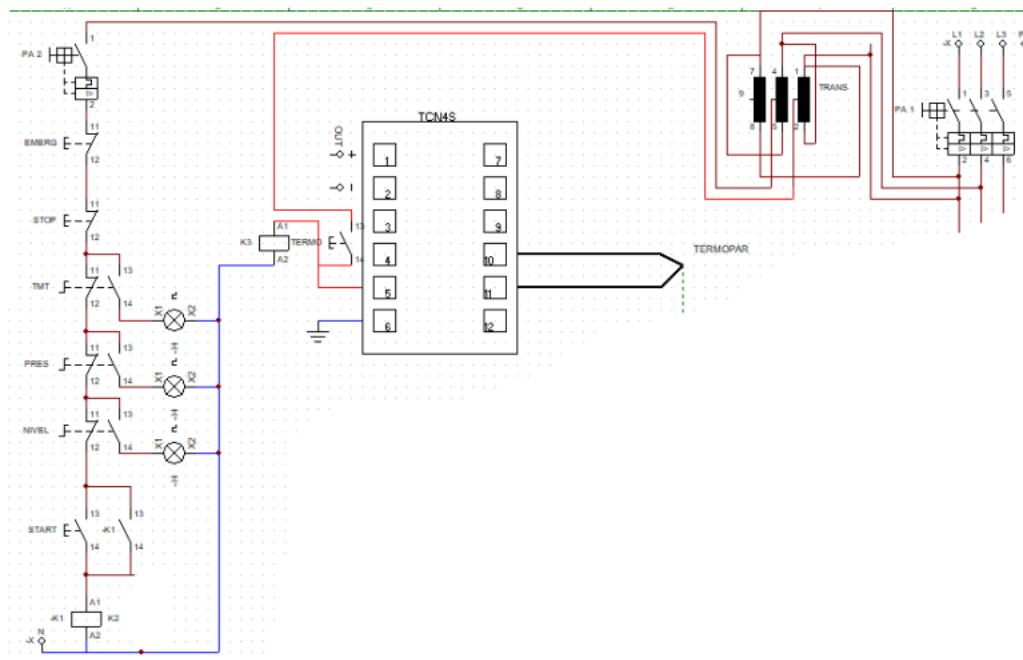


FIGURA 10.- DIAGRAMA DE CONTROL

El circuito de control trabaja a 220V, por lo cual tenemos un transformador, el cual es alimentado a 440 volts en su primer devanado, obteniendo 220 volts en el devanado secundario el cual alimenta lo que es el control, como primer elemento tenemos un interruptor electromagnético como protección para algún corto circuito.

El segundo elemento es un paro de emergencia, ya que toda máquina industrial debe contar con uno, va conectado junto al termostato en serie, el cual es un relevador manipulado por un sensor, cuando la temperatura es irregular cambia el contacto a normalmente abierto alimentando un indicador o lampara indicadora, una vez la que la temperatura este bien , seguirá leyendo al segundo sensor que sera el presostato, este estará conectado al relevador, cuando exista una temperatura elevada, este mandará la señal a una lampara indicadora, este va conectado en serie con el sensor de nivel de agua, al igual que los anteriores, si este no cumple el nivel, emitirá la señal a una lampara indicadora, señalizando la falla, cabe mencionar que cuando alguna de las tres alarmas se encienda, con el circuito en marcha, todo el circuito dejará de alimentarse hasta solucionar la falla

Simulando el circuito tenemos lo siguiente:

1.- Alimentación del interruptor principal

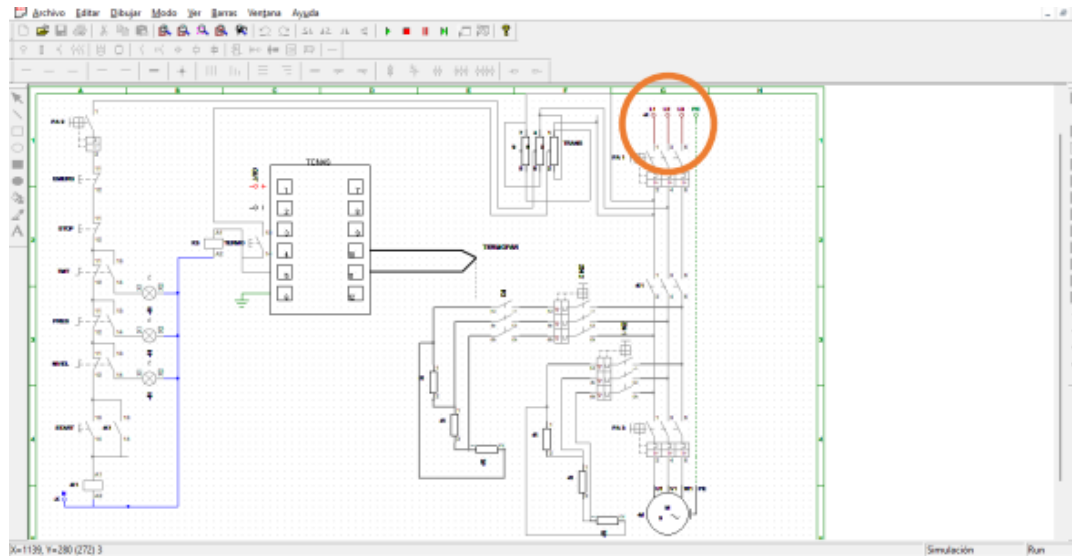


FIGURA 11.- ENCENDIDO DEL INTERRUPTOR PRINCIPAL

2.- Se activan los interruptores secuenciales

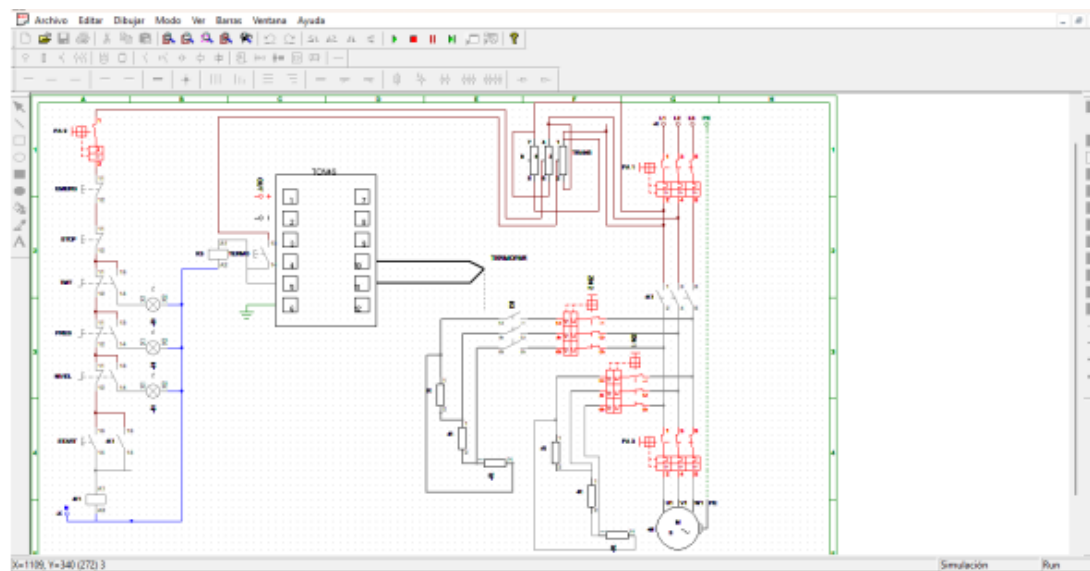


FIGURA 12.- ENCENDIDO DE INTERRUPTORES SECUENCIALES

3.- Se determina que todo esta en orden y dentro de los parametros, entonces se procede a dar star, para el arranque, por lo tanto acciona la bomba y la primera zona de resistencias

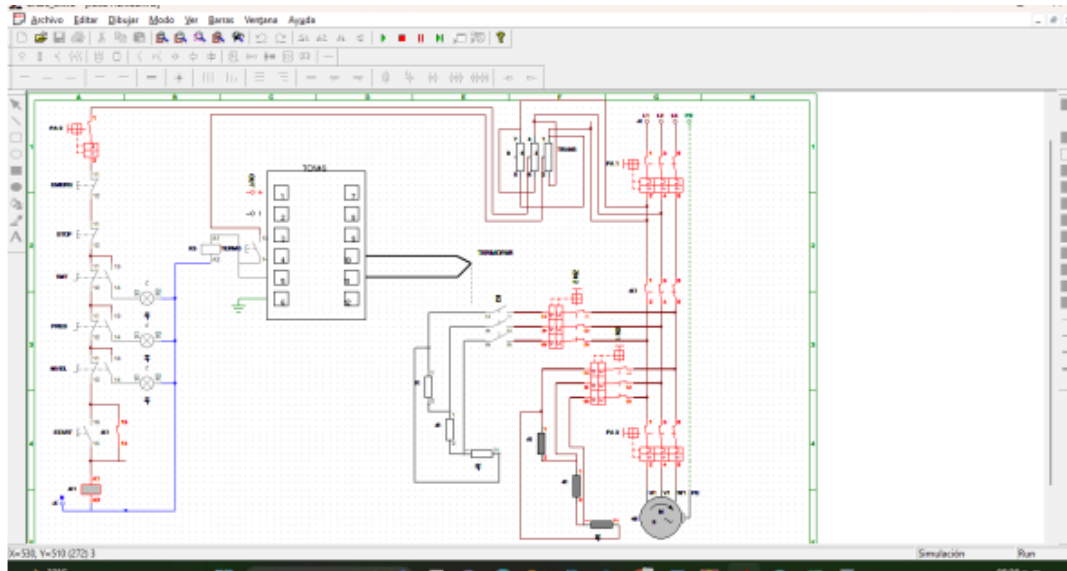


FIGURA 13.- ARRANQUE DE BOMBA Y RESISTENCIAS EN ZONA 1

4.- en este punto el set point activa o desactiva la segunda zona de resistencias según a la temperatura requerida

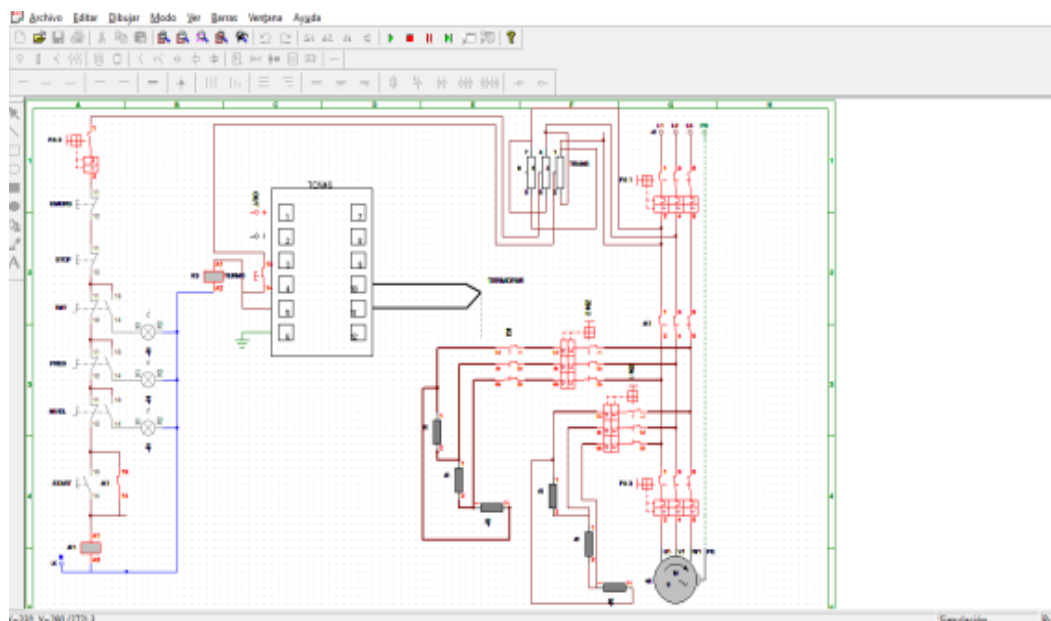


FIGURA 14.- ENCENDIDO DEL SET POINT/ DESACTIVANDO ZONA 2

5.- Ahora se demuestra el paro del circuito total por cualquiera de las 3 alarmas: alarma de termostato, alarma de presión y alarma de sensor de nivel, respectivamente.

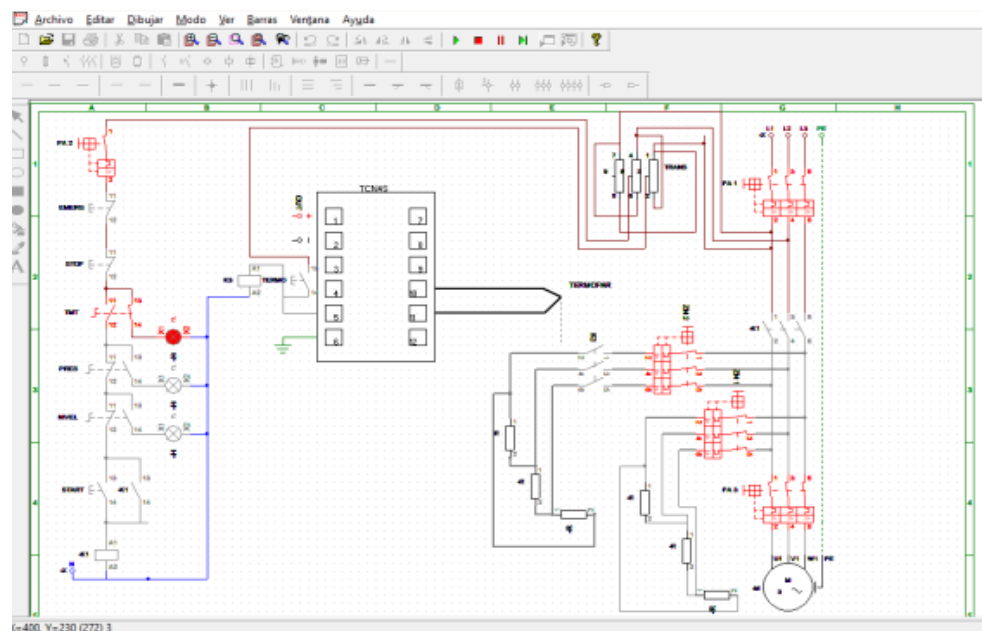


FIGURA 15.- ENCENDIDO DE LA ALARMA DE TEMPERATURA

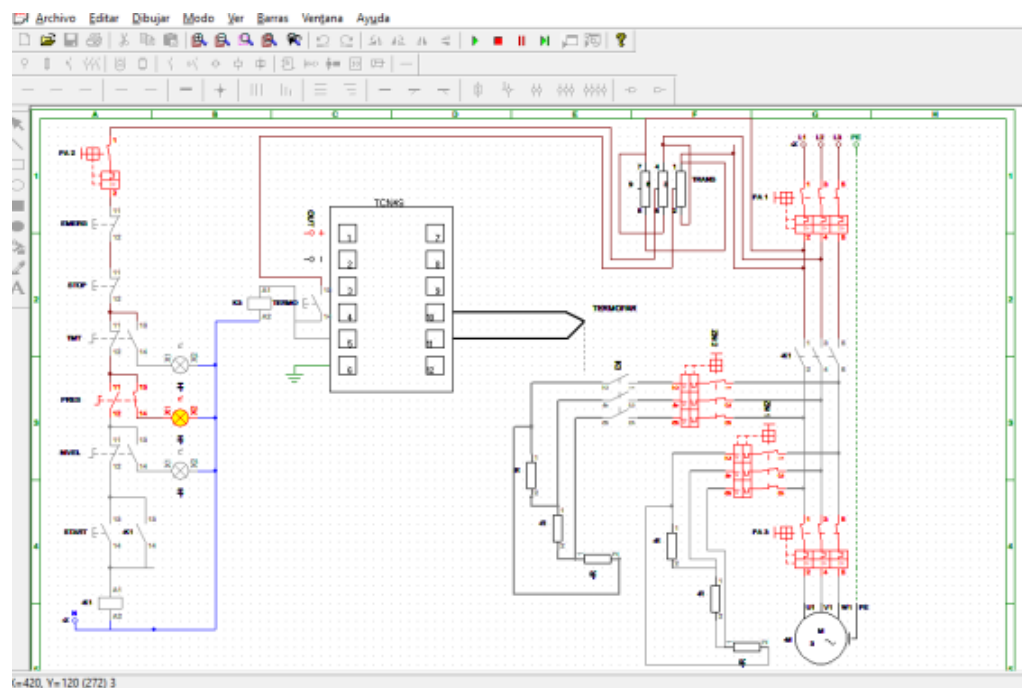


FIGURA 16.- ENCENDIDO ALARMA DE PRESIÓN

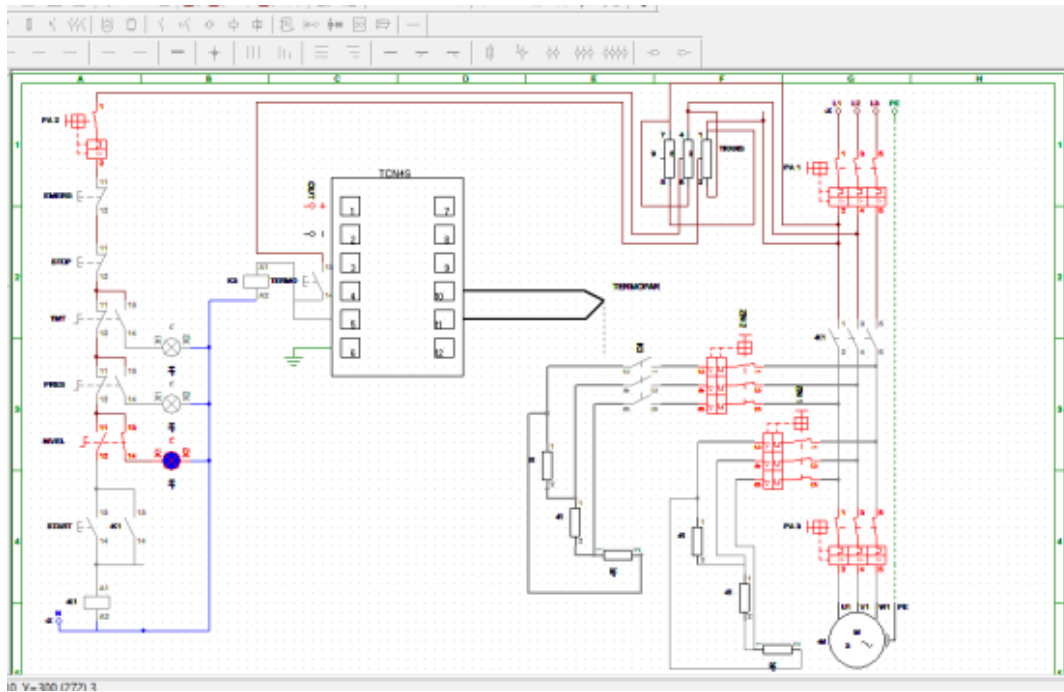


FIGURA 17.- ENCENDIDO ALARMA DE BAJO NIVEL

6.- por ultimo se realiza la emulacion en tablero de pruebas



FIGURA 18.- EMULACION FÍSICA DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS

4.5 Layout de componentes eléctricos

layout en la tapa del gabinete

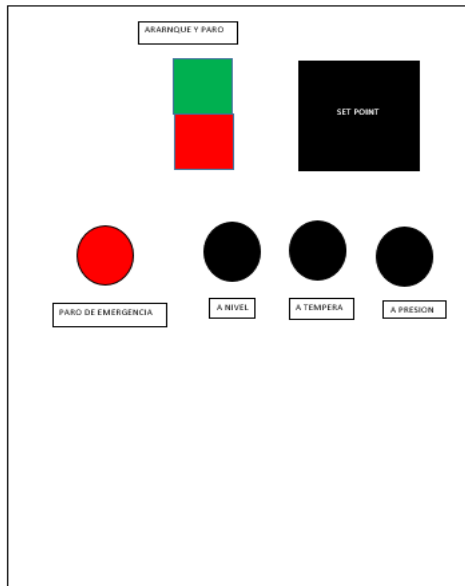


Ilustración 26.- Tapa externa del gabinete

Distribución de los componentes en la parte interna del gabinete

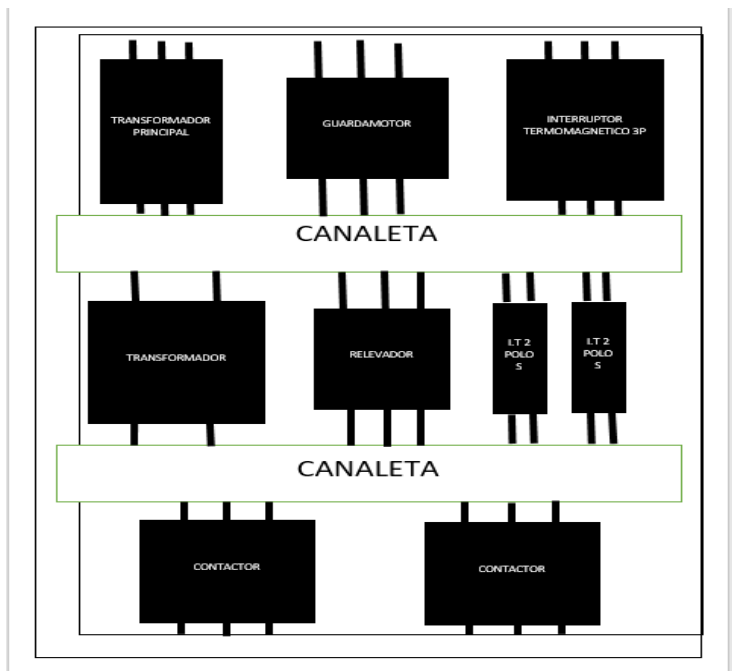


Ilustración 27.- Distribución de componentes eléctricos en interior de gabinete

4.6 Plano del termorregulador

El diseño del equipo se realiza en SolidWorks, esta parte es de una importancia singular en la creación de nuestro termorregulador ya que el objetivo es hacerlo fácil de montar y desmontar para su mantenimiento en el menor tiempo posible así como de poder intervenir en él sin necesidad de llevar tiempo muerto en la producción.

ESTRUCTURA DEL TERMORREGULADOR

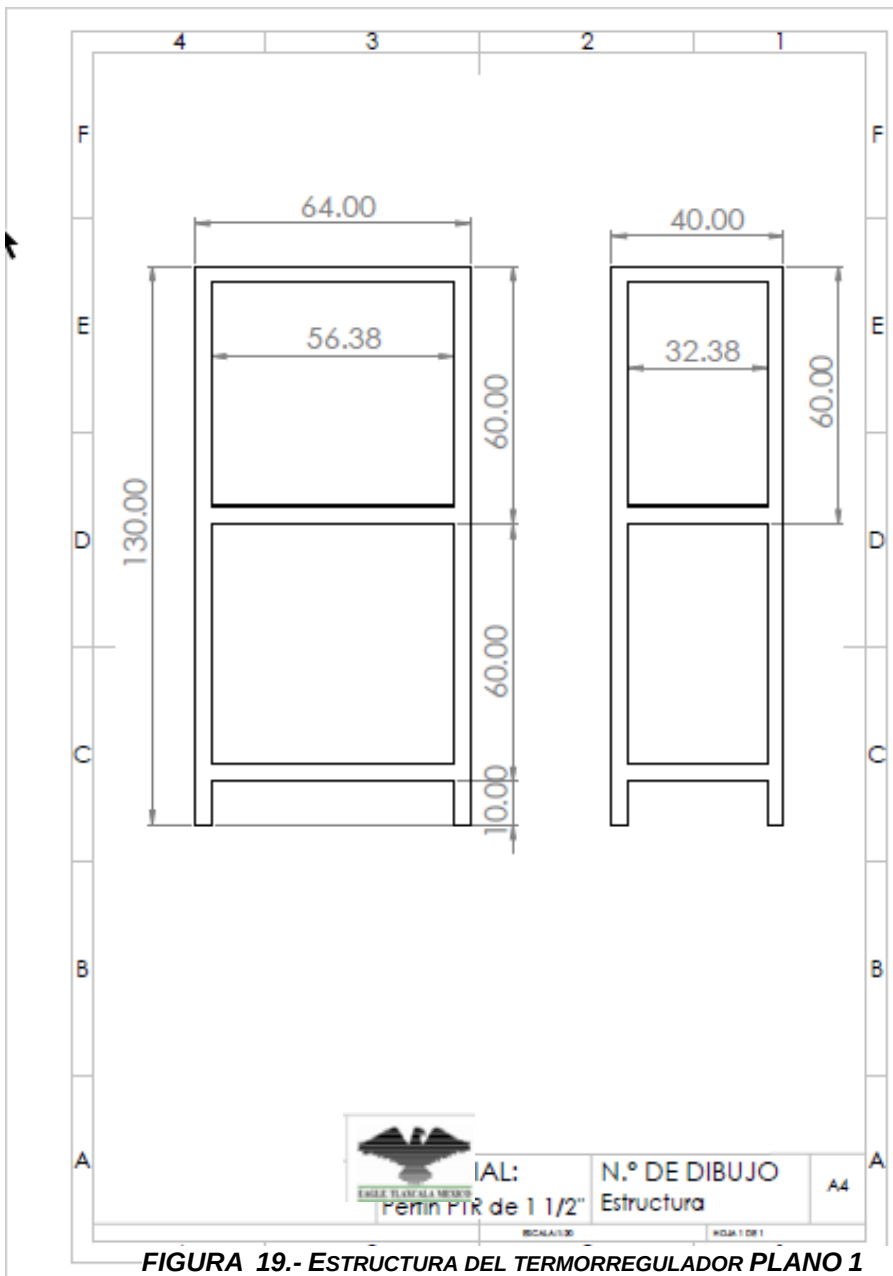


FIGURA 20.- TANQUE PLANO 2



DIBUJO EN SOLID WORKS

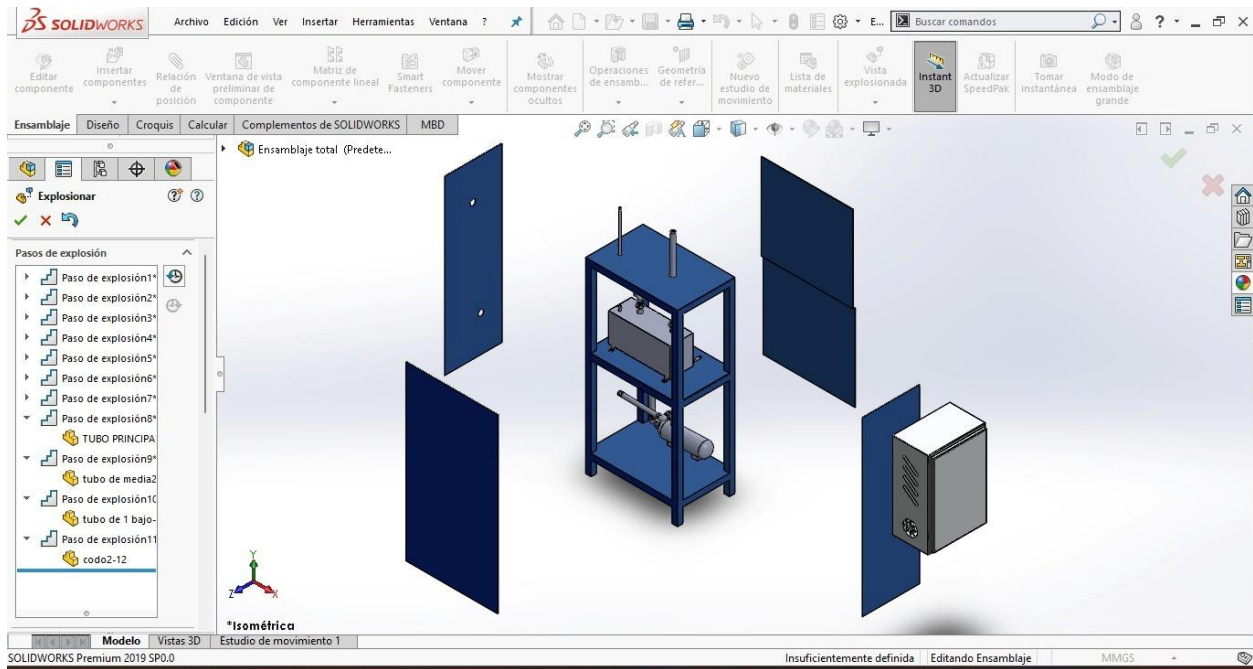


FIGURA 21.- VISTA EXPLOSIVA DEL TERMORREGULADOR EN GENERAL

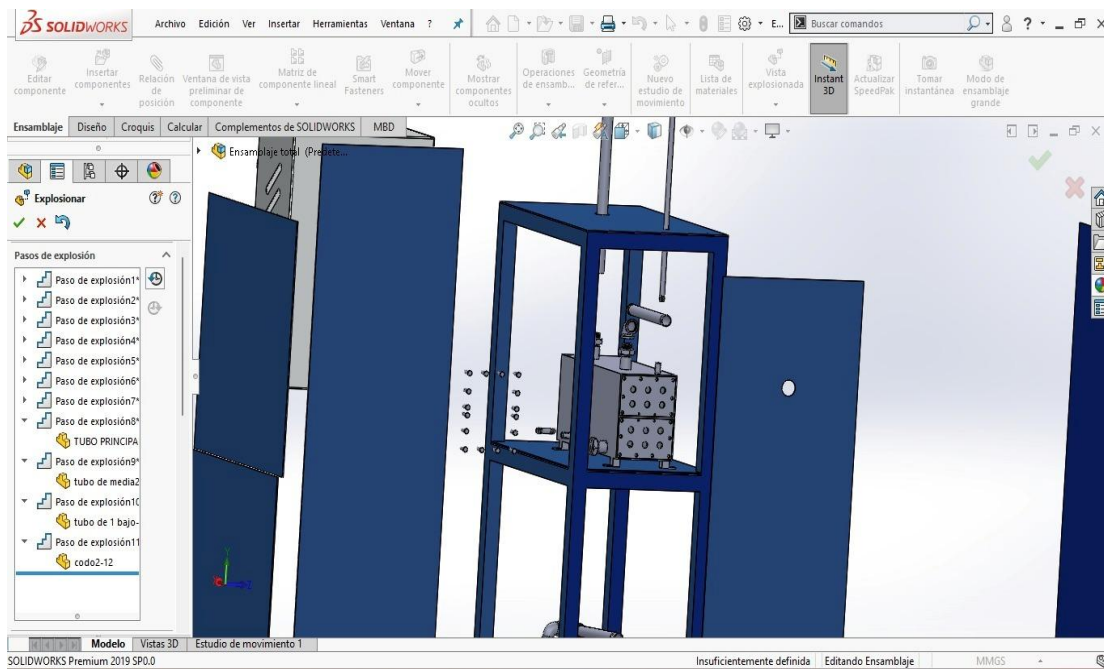


FIGURA 22.- VISTA EXPLOSIVA DEL TERMORREGULADOR ENFOCADA EN EL TANQUE DE AGUA

4.7 Fabricación de la estructura y sistema eléctrico

A continuación se muestra como se lleva a cabo la elaboración del termorregulador desde la fabricación de la estructura, la instalación del gabinete y la instalación eléctrica dentro del mismo.



Ilustración 28.- Perfil cortado y unido para la estructura del termorregulador



Ilustración 29.- Corte de placa para las tapas del termorregulador

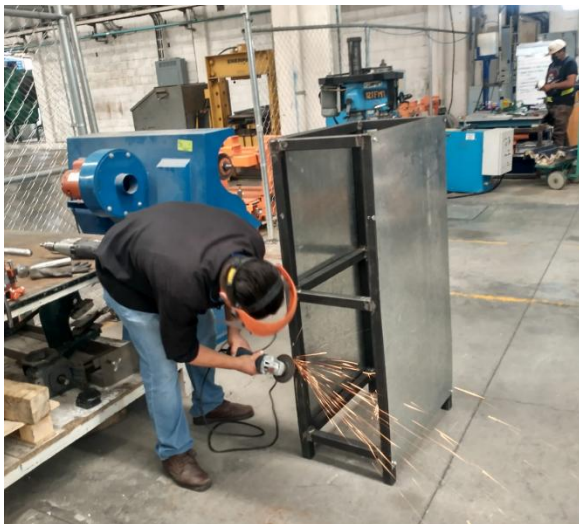


Ilustración 30.- Fijando tapas a la estructura



Ilustración 31.- Colocación de soportes internos y pintado de la estructura



Ilustración 33.- Limpieza de llantas para ser colocadas en el termorregulador



Ilustración 32.- Fijación de las llantas



Ilustración 34.- Instalación del gabinete eléctrico a la estructura



Ilustración 35.- Estructura exterior final del termorregulador

POSTERIORMENTE CONTINUAMOS LO QUE ES LA INSTALACION ELECTRICA

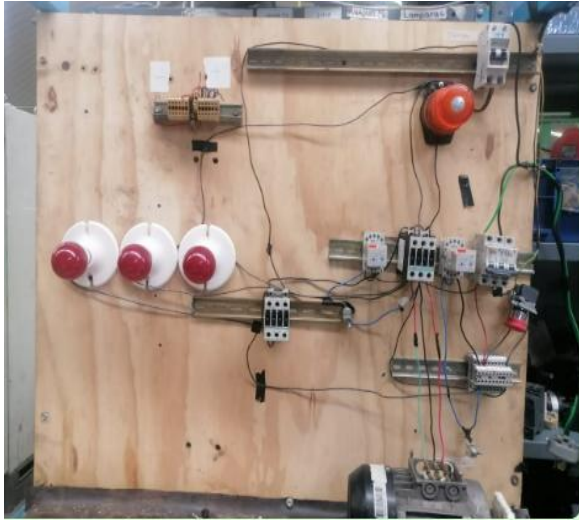


Ilustración 36.- Emulacion de componentes en tabla de pruebas

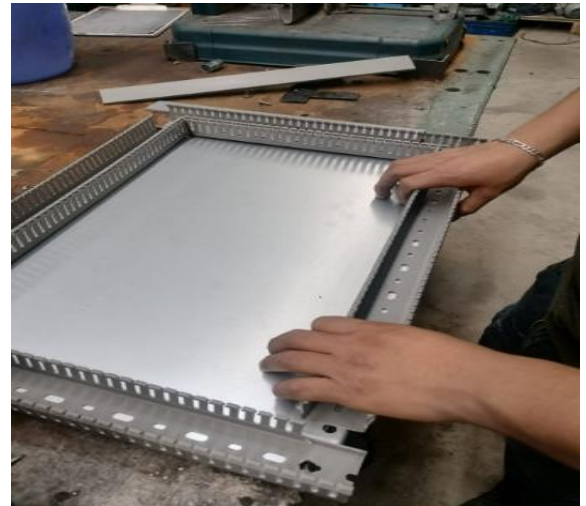


Ilustración 37.- Colocación de canaleta en tapa interna de gabinete



Ilustración 38.- Instalación de componentes eléctricos en gabinete

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1 Funcionamiento del sistema real

Como se puede observar, el proyecto no solo quedó en una propuesta, sino que se desarrolló el prototipo del termorregulador, llegando este al 70% de avance.

El diagrama eléctrico es funcional al 100 por ciento

Tanto en simulación como en físico el sistema cumple al 100% su trabajo
(ELECTRICO)

La fuerza trabaja correctamente, ya que se hizo un cálculo de componentes

Al igual que la fuerza, el control trabaja al 100%

Las alarmas trabajan en su totalidad, para prevenir y evitar que el equipo se dañe o una parte de él.

CONCLUSIÓN

Se obtuvo un prototipo al 70% de avance ya que en el proceso de desarrollo se invirtió tiempo en conocer ciertos componentes eléctricos, los cuáles demandaron un alto tiempo.

Todos los componentes fueron elegidos adecuadamente, ya que se realizaron cálculos de los mismos bajo la **NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEDE-2012**, al solicitar los materiales y la demora de ambas partes, ciertas cosas no se lograron obtener para la instalación, en lo que fue el área mecánica.

La ventaja del termorregulador es que cuenta con alarmas independientes, para identificar rápidamente el fallo, otra ventaja es que los ingenieros capacitados pueden intervenir en la reparación del mismo, ya que se tiene respaldo de los componentes.

En lo personal, la experiencia y conocimiento son cosas que jamás dejaremos de adquirir, durante la estancia en la empresa, no solo se requiere del conocimiento, sino de la práctica y una de las cosas que me parece más importante es tener respeto y saber tolerar a los compañeros.

Competencias desarrolladas y/o aplicadas

- Mantenimiento básico a maquinaria
- Mantenimiento a moldes, así como instalar y desinstalar moldes en la línea de producción
- Lectura e interpretación de planos eléctricos
- Uso de herramienta básica, para el mantenimiento
- Etiquetado y separación de residuos industriales y peligroso
- Conexiones de pequeños tableros a voltajes de 440V, 220V Y 110V

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Eagle Tlaxcala México. S. de R.L de C.V. (2021, 7 Julio) Descripción general, Dunsguide. Consultado el 1 de mayo del 2023.
2. Estandarización de esquema (2021) Símbolos gráficos. recuperado en Abril de 2023, de uco.es/electronica-etsiam/simbologia/telesquemario-simbolos_electronica.pdf
3. Conexión estrella y delta, electricistaas.cl (2012) recuperado en Abril de 2023, de <https://electricistas.cl/conexion-estrella-y-delta-diferencias/>
4. Norma Oficial Mexicana, NOM-001-SEDE-2012 recuperado de WWW.dof.gob.mx/normasOficiales/4951/SENER//SENER.html
5. Yunus a. Cengel, Michael a. boles (2014) TERMODINÁMICA, México DF.: Mc Graw hill, URL
6. Yunus a. Cengel, Michael a. boles (2011). TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA fundamentos y aplicaciones, México DF.: Mc Graw hill, URL
7. Yunus a. Cengel, john cimballa (2006), MECÁNICA DE FLUIDOS fundamentos y aplicaciones, México DF.: Mc Graw hill, URL