

77  
690.3044  
SAP

**“ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”**

**INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS**

**PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN MECANICA**

**PROYECTO TECNOLÓGICO DE GRADUACIÓN**

**TEMA :**

**“BAÑO CIRCULANTE PARA VERIFICACIÓN Y  
CALIBRACIÓN DE TERMOMETROS”**

**PERTENECIENTE A :**

**NELSON HOMERO SAMANIEGO VIZUETE**

**TONNY JIM URUCHIMA TOALA**

**PROMOCION AÑO**

**2003 - 2004**

**Guayaquil – o -- Ecuador**



D-24941



BE 110.45 43

# PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN MECANICA

## PROYECTO TECNOLÓGICO DE GRADUACIÓN

TEMA :

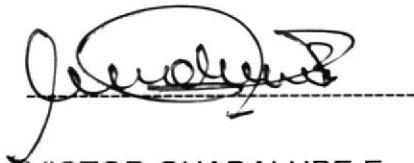
“BAÑO CIRCULANTE PARA VERIFICACIÓN Y  
CALIBRACION DE TERMOMETROS”

PERTENECIENTE A :

NELSON HOMERO SAMANIEGO VIZUETE

TONNY JIM URUCHIMA TOALA

PROMEDIO FINAL



VICTOR GUADALUPE E.

Director del Proyecto



LUIS VARGAS A.

Coordinador del PROTMEC

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, a la Virgen y a todas las personas que me brindaron su apoyo en todos esos momentos difíciles durante mi permanencia en esta escuela . Un agradecimiento especial al tecnólogo Víctor Guadalupe por su ayuda y colaboración prestada para la realización de este proyecto.

**Nelson Samaniego**



BIBLIOTECA  
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco primeramente a Dios por darme la fuerza e inteligencia para seguir adelante, a mi familia , instructores y compañeros que hicieron posible la culminación de este proyecto .

**Tonny Uruchima**

## **DEDICATORIA**

Dedico este pequeño esfuerzo :

Con mucho cariño a mis padres : Homero y Ana ; a mi esposa : Greyci ; a mis hermanos : Freddy , Rocío , Raúl , Eduardo , ya que gracias al sacrificio y comprensión de ellos he llegado a la culminación de mis estudios en esta escuela, muchas gracias por todo ese apoyo brindado durante mi vida estudiantil.

De manera especial dedico este trabajo a un nuevo ser que vendrá a este mundo a llenar de alegría y felicidad mi hogar ; además a proporcionar el entusiasmo para seguir adelante abriendo nuevos caminos en mi vida familiar y profesional.

**Nelson Samaniego**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo :

A mi madre que me apoyo siempre en mis momentos de debilidad, a mi padre que desde el cielo me supo guiar en este duro camino , a mis hermanos: Paúl, Nancy y Dennis que gracias a sus palabras de apoyo me impulsaron a seguir adelante y no desfallecer .

A mi esposa Marta y a mi hijo Anthony que con su presencia me incentivaron a luchar por ellos .

Por ultimo al Tecnólogo Víctor Guadalupe por saber guiarnos en nuestro trabajo y al personal administrativo que trabaja en el laboratorio de calibración de la FIMCP.

**Tonny Uruchima**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de este proyecto tecnológico de graduación nos corresponde exclusivamente y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL “



---

NELSON HOMERO SAMANIEGO VIZUETE



---

TONNY JIM URUCHIMA TOALA

# CONTENIDO



INSTITUTO POLITÉCNICO  
ESCUUELAS TECNOLÓGICAS

## 1 CAPITULO I

1.1 Objetivo .....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Descripción del equipo.....	1
1.4 Descripción de la ejecución del proyecto.....	2
1.5 Planificación.....	3

## 2 CAPITULO II

2.1 Revisión de teoría de baños para calibración de termómetros.....	5 - 17
2.2 Revisión de teoría sobre sistemas de refrigeración .....	17 - 22

## 3 CAPITULO III

3.1 Diseño del sistema de calentamiento.....	24
3.2 Velocidad de calentamiento.....	24 - 25
3.3 Diseño del sistema de refrigeración .....	25 - 28

## 4 CAPITULO IV

4.1 Instalación del sistema de calentamiento.....	30 - 32
4.2 Instalación del sistema de enfriamiento .....	33 - 34
4.3 Instalación del sistema de agitación.....	34
4.4 Instalación de controles eléctricos.....	34 -35

## 5 CAPITULO V

5.1 Pruebas de velocidad de calentamiento.....	37
5.2 Pruebas de velocidad de enfriamiento.....	38
5.3 Pruebas de precisión .....	38

## 6 CAPITULO VI

6.1 Estructura del costo.....	40
<b>6.2 Costos directos .....</b>	<b>40</b>
6.2.1 Costos de materia prima.....	41
6.2.2 Costos de mano de obra .....	41 - 42
<b>6.3 Gastos generales .....</b>	<b>42</b>
6.3.1 Costos de maquinaria .....	43
6.3.2 Costos de energía .....	43
6.3.3 Gastos misceláneos .....	43
6.3.4 Costo total del proyecto.....	43

## 7 CAPITULO VII

7.1 Análisis y conclusiones .....	45
7.2 Bibliografía.....	45

## ANEXO A

A 1 Formulación del problema.....	46
A 1.1 Factores.....	46 - 47
A 1.2 Variables respuesta .....	48
A 1.3 Diseño experimental.....	48
A 1.4 Realización del diseño experimental.....	49 - 50

A 1.5 Análisis estadístico de resultados.....51 - 55  
A 1.6 Conclusiones .....56 - 58  
A 1.7 Anexo A1.....59

**ANEXO B**

B 1 Plano eléctrico.....61  
B 1.2 Plano de conjunto .....62  
B 1.3 Isométrico .....63



# **CAPITULO I**

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un proyecto con el fin de fusionar los conocimientos y habilidades adquiridas en las aulas politécnicas con las actividades desempeñadas en el campo laboral .

## **OBJETIVO PARTICULAR**

Construir un baño circulante para verificación y calibración de termómetros con excelente exactitud , precisión y bajo costo .

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

La FIMCP tiene dentro del área de prestación de servicios el laboratorio de metrología , el mismo que se dedica a actividades de verificación y calibración de termómetros e instrumentos para medir temperatura, siendo una de sus principales necesidades para esta actividad el baño circulante, la FIMCP buscó alternativas para adquirirlo encontrándose con dos problemas :

1. costo elevado
2. no existe proveedor en el mercado nacional

Ante estos inconvenientes la FIMCP decidió construir un equipo con las características descritas y la participación de estudiantes en el desarrollo de este proyecto.

## **1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EQUIPO**

El equipo consta de :

- Sistema de calentamiento
- Sistema de enfriamiento

- Sistema de agitación
- Panel de control eléctrico

Todos estos sistemas se explicaran detalladamente en el capitulo de diseño.

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE LA EJECUCION DEL PROYECTO**

Para la ejecución del proyecto se han aplicado técnicas aprendidas en las diferentes asignaturas tomadas en el transcurso nuestra formación de tecnólogos mecánicos como :

- Refrigeración
- Soldadura
- Electricidad
- Controles automáticos
- Planificación y control

## **1.5 PLANIFICACIÓN**

Se utilizó un diagrama de Gantt de tal forma que nos permita llevar el control adecuado del avance , evaluación y control del proyecto .

# CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	MAYO		JUNIO			JULIO			AGOSTO				SEP.			
	14 - 24	26 - 31	2 - 7	09 - 14	16 - 21	23 - 28	30 - 5	7-12	14-19	21- 26	28 - 2	4 - 9	11-16	18-23	25-30	1-5
<b>TEORIA</b>																
Revisar teoria de baños para calibracion de termometros	////////															
<b>DISEÑO</b>		////////														
Selección de materiales		////////														
Eleccion de capacidad		////////														
Selección de la velocidad de calentamiento			////////													
Selección de la velocidad de enfriamiento			////////													
Selección de liquido de calentamiento			////////													
<b>CONSTRUCCION</b>																
Construccion mecanica				////////												
Construccion de estructura				////////												
Construccion bastidor				////////												
Adaptacion del sistema de calentamiento					////////											
Adaptacion del sistema de enfriamiento					////////											
Instalacion del sistema de agitacion						////////										
Instalacion de controles electricos							////////									
Verificacion de los controles								////////								
<b>PRUEBAS</b>																
Pruebas de presión hidrostática									////////							
Pruebas de velocidad de calentamiento (en agua)									////////							
<b>PRUEBAS DE PRESICION Y EXACTITUD</b>																
Pruebas de repetitividad										////////						
Pruebas de reproductividad										////////						
Instalacion del liquido de calentamiento ( aceite termico)											////////					
<b>ANALISIS ESTADISTICOS</b>																
Diseños de experimentos												////////				
Ubicar niveles												////////				
Buscar factores												////////				
Realizar pruebas												////////				
<b>ANALISIS Y CORRECCIONES</b>																
Diseño de experimentos													////////			
<b>VESTIR EL EQUIPO</b>																
Presentacion del equipo															////////	

E  
X  
A  
M  
E  
N  
  
P  
A  
R  
C  
I  
A  
L

E  
X  
A  
M  
E  
N  
  
F  
I  
N  
A  
L

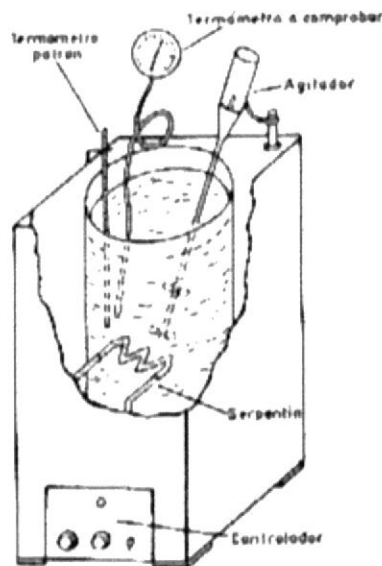
# **CAPITULO II**

## 2.1 REVISION DE TEORIA DE BAÑOS PARA CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS

### CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE TEMPERATURA

Para la calibración de instrumentos de temperatura se emplean baños de temperatura, hornos y comprobadores potenciométricos.

El baño de temperaturas consiste en un tanque de acero inoxidable lleno de líquido, con un agitador incorporado, un termómetro patrón sumergido y un controlador de temperatura que actúa sobre un juego de resistencias calefactoras y sobre un refrigerador mecánico dotado de una bobina de refrigeración, En algunos modelos no existe el refrigerador.



El agitador mueve totalmente el líquido, disminuye los gradientes de temperatura en el seno del líquido y facilita una transferencia rápida de calor; el termómetro patrón es de tipo laboratorio, con una gran precisión y certificado de calibración comparado con estándares internacionales .

Los fluidos empleados en el baño son varios, dependiendo del campo de temperatura de trabajo. Los hornos de temperatura son hornos de mufla calentados por resistencias eléctricas y con tomas adecuadas para introducir los elementos primarios del instrumento a comprobar.

Si bien estos hornos son de temperatura controlada disponiendo de indicador-controlador, un termopar de precisión y de un juego de resistencias de calentamiento, una calibración muy precisa se conseguirá disponiendo en el interior del horno crisoles con sales que funden a temperaturas determinadas.

<b>CAMPO DE TEMPERATURAS</b>	<b>FLUIDO</b>	<b>1 PRECISIÓN</b>
— 80 °C a ambiente	Tricloroetileno	0,005 °C máx.
— 20 °C a ambiente	Mezcla de etilenglicol y agua enfriada por una unidad de refrigeración automática	±0,1 a ±0,02 °C
ambiente a 95 °C	Agua	± 0,002 a ± 0,005 °C
ambiente a 150 °C	Aceite fluido de baja viscosidad, con punto de inflamación superior a 150° C o bien aceite de silicona	± 0,02 a ± 0,03 °C
ambiente a 260 °C	Aceite de silicona	± 0,02 a 0,03 °C
220 a 700 °C	Sales especiales que están en estado sólido a temperatura ambiente y en estado de fusión a la temperatura de trabajo	± 0,05 a 1 °C

### **MEDICION DE TEMPERATURA**

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia

entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- a) variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases);
- b) variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia);
- c) variación de resistencia de un semiconductor (termistores);
- d) f.e.m, creada en la unión de dos metales distintos (termopares);
- e) intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación);
- f) otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal...).

**De este modo se emplean los instrumentos siguientes:**

Termómetros de vidrio, termómetros bimetalicos, elementos primarios de bulbo y capilar rellenos de líquido, gas o vapor, termopares, pirómetros de radiación, termómetros de resistencia, termómetros ultrasónicos, termómetros de cristal de cuarzo.

**TERMÓMETRO DE VIDRIO.**

El termómetro de vidrio consta de un depósito de vidrio que contiene, por ejemplo, mercurio y que al calentarse se expande y sube en el tubo capilar.

Los márgenes de trabajo de los fluidos empleados son:

Mercurio.....	- 35 hasta + 280° C
Mercurio (tubo capilar lleno de gas)	- 35 hasta + 450° C
Pentano .....	- 200 hasta + 20° C
Alcohol .....	- 110 hasta + 50° C
Tolueno .....	- 70 hasta + 100° C



### **TERMÓMETRO BIMETÁLICO**

Los termómetros bimetálicos se fundan en el distinto coeficiente de dilatación de dos metales diferentes, tales como latón, acero y una aleación de ferrocobalto o Invar (35,5 % de níquel) laminados conjuntamente. Las láminas bimetálicas pueden ser rectas o curvas, formando espirales o hélices.

Un termómetro bimetálico típico contiene pocas partes móviles, sólo la aguja indicadora sujeta al extremo libre de la espiral o de la hélice y el propio elemento bimetálico.

El eje y el elemento están sostenidos con cojinetes y el conjunto está construido con precisión para evitar rozamientos. No hay engranajes que exijan un mantenimiento. La precisión del instrumento es de  $\pm 1\%$  y su campo de medida de -200 a + 500° C.

### **TERMÓMETRO DE BULBO Y CAPILAR**

Los termómetros tipo bulbo consisten esencialmente en un bulbo conectado por un capilar a una espiral. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas o el líquido en el bulbo se expanden y la espiral tiende a desenrollarse moviendo la aguja sobre la escala para indicar la elevación de la temperatura en el bulbo.

Hay tres clases de este tipo de termómetros:

- Clase I : Termómetros actuados por líquido
- Clase II : Termómetros actuados por vapor
- Clase III: Termómetros actuados por gas
- Clase IV: Termómetros actuados por mercurio



Los termómetros actuados por líquido tienen el sistema de medición lleno de líquido y como su dilatación es proporcional a la temperatura, la escala de medición resulta uniforme. El volumen del líquido depende principalmente de la temperatura del bulbo, de la del capilar y de la del elemento de medición (temperatura ambiente). Por lo tanto, para capilares cortos hasta 5 m, sólo hay que compensar el elemento de medición para evitar errores debidos a variaciones de la temperatura ambiente (clase IB) Para capilares más largos hay que compensar también el volumen del tubo capilar (clase IA). Los líquidos que se utilizan son: alcohol y éter. El campo de medición de estos instrumentos varía entre 150 hasta 500° C, dependiendo del tipo de líquido que se emplee.

Los termómetros actuados por vapor contienen un líquido volátil y se basan en el principio de presión de vapor. Al subir la temperatura aumenta la presión de vapor del líquido. La escala de medición no es uniforme, sino que las distancias entre divisiones van aumentando hacia la parte más alta de la escala. La presión en el sistema depende solamente de la temperatura en el bulbo. Por consiguiente, no hay necesidad de compensar la temperatura ambiente. Si la temperatura del bulbo es mayor que la temperatura ambiente, el capilar y el elemento de medición están llenos de líquido (clase IIA), siendo necesario

corregir la indicación en la diferencia de alturas entre el bulbo y el elemento de medición. Si la temperatura del bulbo es más baja que la ambiente, el sistema se llena de vapor (clase IIB).

La clase IIC, opera con la temperatura del bulbo superior e inferior a la temperatura ambiente, y la clase IID trabaja con la temperatura del bulbo superior, igual e inferior a la ambiente, empleando otro líquido no volátil para transmitir la presión de vapor.

Los termómetros actuados por gas están completamente llenos de gas. Al subir la temperatura, la presión de gas aumenta proporcionalmente y por lo tanto estos termómetros tienen escalas lineales. La presión en el sistema depende principalmente de la temperatura del bulbo, pero también de la temperatura del tubo capilar y del elemento de medición, siendo necesario compensar la temperatura del ambiente en el sistema de medición.

Los termómetros actuados por mercurio (clase IV) son similares a los termómetros actuados por líquidos (clase 1). Pueden tener compensación en la caja y compensación total.

## **TERMÓMETROS**

Existen diferentes formas y efectos para medir la temperatura, los principales son los efectos mecánico y eléctrico.

## **BASES Y FUNDAMENTOS DE MEDICIÓN DE LA TEMPERATURA POR EFECTOS MECÁNICOS**

Los efectos mecánicos dependen del cambio físico (dimensión mecánica), ocasionado por un cambio de temperatura de algún material.

Los materiales encapsulados en vidrio son los que se han usado con mayor frecuencia para la fabricación de termómetros. En éstos el bulbo censor contiene la mayor cantidad del líquido que cambiará de volumen, según haya incremento o decremento de la temperatura, con una correlación y regresión lineal. Los dos líquidos que se utilizan con mayor frecuencia son el alcohol y el mercurio. El alcohol tiene un coeficiente de expansión más alto que el mercurio, aunque su uso estará limitado sólo en bajas temperaturas, ya que herviría a altas temperaturas, por lo que da rangos de operación con buena linealidad, desde -30 hasta 150°C, mientras que el rango del mercurio es de -30 hasta 360°C.

Al referimos a la norma industrial japonesa JIS B 7411 (1177), vemos que marca los siguientes puntos relacionados con termómetros de alcohol y mercurio.

### **ALCANCE**

Termómetros tipo inmersión total de bulbo, censor líquido en vidrio con rangos de escala de -30 hasta 360°C.

### **DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

**Inmersión total.**- Mantener el termómetro inmerso hasta el tope de la columna del líquido en la temperatura que va a medirse.

**Líquido sensitivo de la temperatura.-** El líquido que está contenido en el bulbo del termómetro para indicar en el tubo capilar la variación de temperatura que causa la expansión del líquido.

**Cambio secular.-** El cambio en la indicación del termómetro a la temperatura de referencia en un lapso determinado. El cambio secular se debe a que el termómetro se encuentra inmerso en forma total en el medio que va a verificar con respecto a una temperatura de referencia y durante un lapso determinado

**Error de escala.-** El valor obtenido al sustraer el valor real de la temperatura del valor que indica el termómetro cuando se usa apropiadamente.

### CLASE DE TERMÓMETRO

La clase de termómetro, rango de escala, líquido actuante y designaciones como se especifica en la siguiente tabla.

Clase	Rango de escala (°C)	Líquido sensible de la temperatura	Designación del termómetro
Termómetro 50°C	-30 a + 50	<b>Mercurio</b>	<b>50M</b>
		Alcohol	50A
Termómetro 100°C	-5 a +105	<b>Mercurio</b>	<b>100M</b>
		Alcohol	100A
Termómetro 150°C	-5 a +150	<b>Mercurio</b>	<b>150M</b>
		Alcohol	150A
Termómetro 200°C	-5 a +200	<b>Mercurio</b>	<b>200M</b>
Termómetro 250°C	-5 a +250		250A
Termómetro 300°C	-5 a +300		<b>300M</b>
Termómetro 360°C-	-5 a +360		360A

## **ACEITES PARA TRANSFERENCIA TERMICA**

### **¿QUÉ SE ENTIENDE POR TRANSFERENCIA TÉRMICA?**

Transferencia térmica es un proceso mediante el cual se suministra y extrae energía de un medio. Estos medios pueden consistir en un gas o un líquido. El principio básico consiste en aportar energía en forma de calor a este medio (fluido) para ser empleado posteriormente en un proceso alejado de la fuente de energía..

### **¿QUÉ ES UN FLUIDO PARA TRANSFERENCIA TÉRMICA?**

Un fluido para transferencia térmica es el fluido al que se le adiciona temperatura, normalmente por acción de un quemador o resistencia eléctrica y es al que posteriormente se le extrae esta energía, normalmente mediante un intercambiador de calor, para ser empleada en un proceso. Si este proceso se lleva a cabo en un sistema cerrado, el fluido nunca está en contacto con el proceso y sólo se constituye en la fuente de energía para éste.

### **¿QUÉ ES UN ACEITE PARA TRANSFERENCIA TÉRMICA?**

Como su nombre lo indica son fluidos basados en aceites minerales parafínicos, altamente refinados y cuidadosamente seleccionados para proporcionar un performance superior en sistemas de transferencia térmica.

Los aceites pueden ser del tipo aceites minerales o aceites con base sintética. Shell dispone de aceites con base mineral, conocidos con el nombre de THERMIA OILS, en diferentes grados de viscosidad.

## PROPIEDADES QUE DEBEN CUMPLIR LOS ACEITES TÉRMICOS

### **Elevada estabilidad térmica**

El aceite debe ser física y químicamente estable dentro de los rangos de temperatura para el que está especificado, es decir, debe ser resistente al **craqueo**. El craqueo es el quiebre de las moléculas de hidrocarburos como consecuencia del aumento de la temperatura, quiebre que se verifica por el cambio de una molécula larga en moléculas de menor tamaño. En estos casos algunas moléculas se transforman en gases volátiles, otras son inestables y se polimerizan formando depósitos insolubles. El craqueo se produce principalmente cuando la temperatura de la película de aceite en contacto directo con la pared del tubo dentro del hogar de la caldera o con la pared del calefactor eléctrico, es superior a valor máximo aceptado para el aceite empleado.

### **Buena resistencia a la oxidación**

Un aceite hidrocarburado reacciona con el oxígeno del aire, efecto denominado oxidación. Esta reacción de oxidación ocurre en forma lenta a temperatura ambiental, pero a medida que la temperatura del aceite se incrementa, la reacción de oxidación se acelera rápidamente. El efecto de la oxidación dentro del aceite es la de producir ácidos, los que en una etapa siguiente se traducen en la formación de borras. En estos casos de formación de oxidación y por ende de borras, la viscosidad del aceite aumenta, disminuyendo el poder de transferencia térmica.

### **Poseer un alto coeficiente de transferencia de calor**

El coeficiente de transferencia de calor es definido como el flujo de calor que existirá entre dos materiales que se encuentran a diferente temperatura y que están en contacto entre si. Estas transferencias se pueden dar entre metal - metal, metal - líquido, metal - gas, líquido - líquido, líquido - gas y gas - gas, dependiendo de los procesos que estén involucrados. En el caso específico de la transferencia de calor entre un metal y un líquido, los mejores resultados se logran al trabajar con velocidades del fluido sobre la superficie del tubo en régimen turbulento. La diferencia entre un régimen laminar o turbulento está asociada a dos condiciones, una de estas es propia del fluido (velocidad) y la otra es propia del metal empleado (rugosidad superficial).

### **Poseer una prolongada vida útil**

La vida de los aceites térmicos dependen fundamentalmente del diseño y operación adecuados del sistema. Un buen diseño y una correcta operación aseguran que la vida útil de los aceites THERMIA puedan alcanzar sobre los 6 años.

Es importante revisar periódicamente el estado del aceite, de forma tal de llevar un registro histórico de las velocidades de cambio de las características físicas del aceite. Una vez recién llenado el sistema y al cabo de una semana de haber iniciado su operación, se deben extraer muestras de aceite y así establecer la línea base del registro. Posteriormente las muestras pueden ser extraídas con una periodicidad de seis meses y los resultados deben ser comparados con los de las muestras anteriores. Las propiedades que deben

controlarse son: viscosidad, acidez, punto de inflamación y contenido de insolubles.

### **MOBILTHERM 603 – 605 (Aceite usado en esta maquina )**

El Mobiltherm 603 es un aceite mineral de base parafínica. Posee una elevada estabilidad térmica, formulado para usarse en sistemas cerrados de transferencia de calor. Su calor específico y conductividad térmica son excelentes, con los cual se obtiene un calentamiento más rápido.

El Mobiltherm 603 se recomienda para su aplicación en sistemas cerrados con temperaturas máximas de operación de 316 °C y mínimas para el arranque de -9 °C. no se recomienda mezclar con otros aceites convencionales, ya que perdería algunas de sus propiedades.

#### **Beneficios:**

- Se pueden alcanzar temperaturas elevadas a presión atmosférica o a presiones moderadas.
- Operación libre de depósitos debido a su elevada estabilidad al craking térmico.
- Excelente transferencia de calor sostenida durante períodos de uso prolongado.
- Protección contra la corrosión.
- Larga vida de la carga como resultado de su excelente estabilidad térmica y resistencia a la oxidación.
- Buena fluidez a baja temperatura al momento del arranque.
- Mínimo consumo de energía para su circulación.



- Presión de vapor baja.
- Excelente conductividad térmica.
- Buena circulación, en función de su viscosidad.

**Salud y Seguridad:** Basados en la información toxicológica disponible, se ha establecido que estos productos no causan efectos adversos significativos a la salud, cuando son manejados o usados apropiadamente. No es necesario tomar precauciones especiales adicionales a las buenas prácticas de higiene personal, las cuales incluyen evitar el contacto prolongado o repetido con la piel.

#### **CARACTERÍSTICAS TÍPICAS:**

ENSAYOS	MÉTODO ASTM-D	VALORES
Densidad a 15 °C	1298	0.868
Punto de Ecurrimiento, °C	97	-12
Punto de Inflamación, °C	92	210
Viscosidad a 40 °C, cSt	465	21
Viscosidad a 100 °C, cSt	465	4.1
Temperatura de auto ignición, °C	-----	670

## **2.2 REVISION DE TEORIA SOBRE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN**

### **PRINCIPIO DE LA REFRIGERACIÓN**

Queda pues bien definido, que cuando se evapora un refrigerante absorbe calor, reduciendo la temperatura donde se instale la unidad evaporadora. El

problema consiste en controlar la ebullición de dicho refrigerante, obtener la cantidad de frío necesaria y mantener la temperatura adecuada .

**Componentes de una instalación frigorífica.**—Toda instalación frigorífica consta de tres unidades principales :

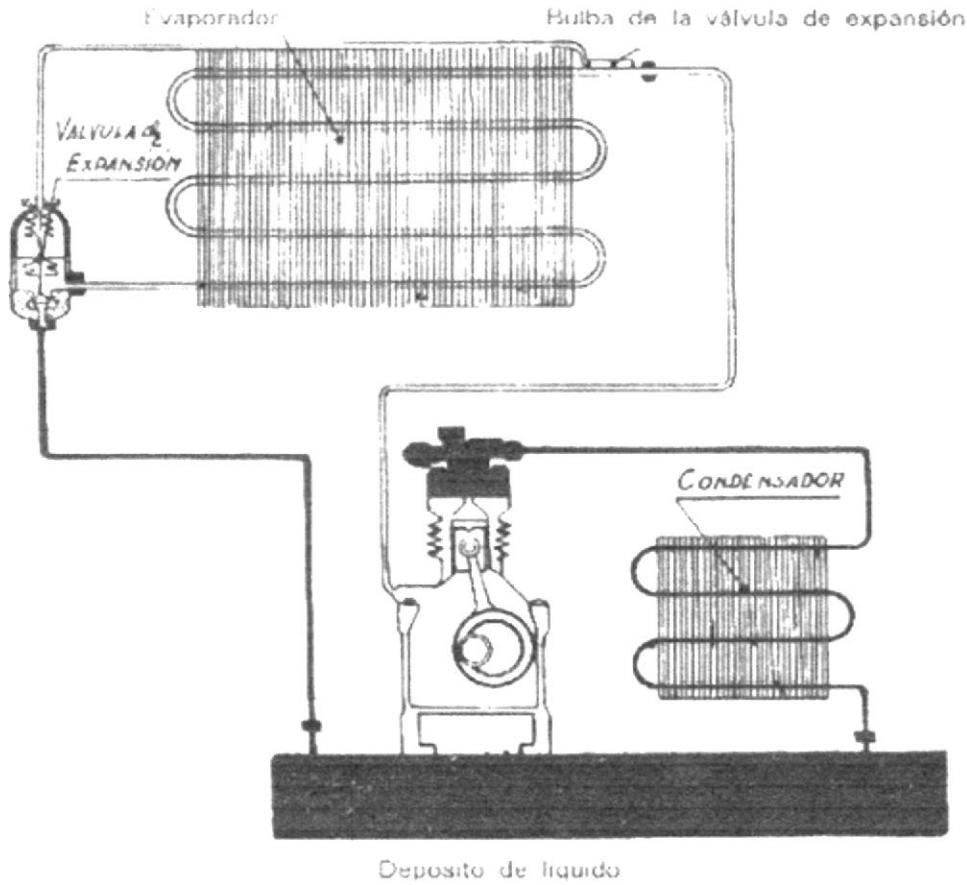


Fig. 12 Lado de baja presión — Lado de alta presión.

**1) Refrigerador.** — Se trata simplemente del armario, cámara o depósito debidamente aislado, en cuyo interior se desea mantener una temperatura inferior a la del ambiente exterior.

**2) Evaporador.** — Recipiente que va colocado en el interior del refrigerador donde se evapora el refrigerante líquido. Va conectado a la unidad condensadora por medio de tuberías, una para el suministro de liquido refrigerante (línea de líquido), y otra, para el retorno (línea de aspiración) del refrigerante evaporado a la citada unidad.

**3) Unidad condensadora.** — Es el conjunto formado de compresor y condensador que comprime los vapores refrigerantes que vienen del evaporador, expulsando su calor latente, y los retorna al estado líquido.

### **FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMPRESIÓN MECÁNICA**

Los equipos frigoríficos a base de compresor son los que se emplean de modo casi general para la producción de frío artificial, y es a ellos, y de manera exclusiva a los de funcionamiento automático, a los que esta obra se refiere.

El ciclo de funcionamiento de un sistema de refrigeración a base de compresor es el siguiente:

1. **Evaporación.** — El calor entra en la cámara :

- a) por radiación sobre las paredes de la cámara ;
- b) por conducción, a través del aislamiento;
- c) por convección, dentro del circuito de aire en el interior de la cámara, por las entradas de género a temperaturas altas .

Este calor sensible se dirige hacia las paredes del evaporador, provocando la ebullición del refrigerante líquido y convirtiéndose en calor latente de evaporación.

2. **Compresión.** — Dicho refrigerante evaporado es aspirado por el compresor, en el que al ser comprimido en un espacio reducido aumenta de temperatura y por consiguiente, de presión, pasando al condensador.

3. **Condensación.** — La temperatura del refrigerante, en estado de vapor y comprimido, es superior a la del medio de enfriamiento (aire o agua), absorbiendo éste el calor latente y dando lugar a la condensación del refrigerante que afluye entonces a presión y en estado líquido al



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
DE ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

depósito, de donde se dirige nuevamente al evaporador para la repetición del ciclo.

**El automatismo** del sistema se consigue por medio de una válvula de expansión, colocada a la entrada del evaporador, que regula el paso de refrigerante líquido al mismo, y de un control de tipo presostático o termostático que efectúa la parada y puesta en marcha del compresor a fin de mantener la temperatura deseada en el interior del refrigerador.

## REFRIGERANTES

Refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Un refrigerante ideal a de cumplir las siguientes propiedades:

- Ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, ni tóxico, ni explosivo, tanto en estado puro como cuando esté mezclado con el aire en determinada proporción.
- No reaccionar desfavorablemente con los aceites o materiales empleados en la construcción de los equipos frigoríficos.
- No reaccionar desfavorablemente con la humedad, que a pesar de las precauciones que se toman, aparece en toda instalación.
- Su naturaleza será tal que no contamine los productos almacenados en caso de fuga.

- El refrigerante ha de poseer unas características físicas y térmicas que permitan la máxima capacidad de refrigeración con la mínima demanda de potencia.
- La temperatura de descarga de cualquier refrigerante siempre disminuye a medida que baja la relación de compresión. Por lo tanto deseamos que la temperatura de descarga sea la más baja posible para alargar la vida del compresor.
- El coeficiente de conductancia conviene que sea lo más elevado posible para reducir el tamaño y costo del equipo de transferencia de calor.
- La relación presión-temperatura debe ser tal que la presión en el evaporador para la temperatura de trabajo sea superior a la atmosférica, para evitar la entrada de aire y de humedad en el sistema en caso de fuga.
- Temperatura y presión crítica, lógicamente el punto de congelación deberá ser inferior a la temperatura mínima de trabajo.
- Finalmente ha de ser de bajo precio y fácil disponibilidad.

### **CARACTERISTICAS DEL R-12:**

Evapora  $-29.4^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica, es miscible con el aceite mineral, tiene una buena temperatura de descarga, admitía intercambiador de calor, se emplean condensadores más pequeños.



El R-12 absorbe poca humedad y por lo tanto forma poco ácido en comparación con los otros refrigerantes.

Las fugas se pueden detectar con lámpara busca fugas.



**BIBLIOTECA  
DE ESCUELAS TECNOLOGICAS**

# **CAPITULO III**

## DISEÑO

Para el diseño del equipo se tomaron en consideración dos factores importantes como son : factores técnicos y económicos. Los mismos se han combinado de tal forma que el equipo cumpla con las expectativas planteadas .

### SISTEMA DE CALENTAMIENTO

El sistema de calentamiento consta de una tina de acero inoxidable cuya capacidad es de 10 litros , una resistencia eléctrica de 220 voltios y 1500 watt de potencia la cual va instalada en el interior de la tina.

### VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO

Para el cálculo del tiempo de calentamiento tomaremos en consideración que el recipiente que contiene el aceite a ser calentado va ha estar aislado con poliuretano y lana de vidrio y la perdida de calor se considera aproximadamente un 10%, además el calentamiento del aceite será aproximadamente de 200 °C de temperatura:

$$Q = m \times C_{\text{aceite}} \times (T_{in} - T_{fi}) \quad \text{SIENDO: } m = \delta_{\text{aceite}} \times \text{volum}$$

$$Q = 7.36 \text{kg} \times 0.7 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^{\circ}\text{c}} \times (200 - (25^{\circ}\text{C})) \quad m = 0.92 \times 8 \text{lit}$$

$$\underline{Q = 901.6 \text{Kcal}}$$

$$\underline{m = 7.36 \text{kg}}$$

$$\bullet Q = 1500 \text{watt} \quad n = 95\%$$

$$\bullet Q_{req} = \frac{901.6 \text{kcal}}{0.95}$$

$$\bullet Q_{req} = \frac{901.6 \text{ kcal}}{0.95}$$

$$\bullet \underline{Q_{req} = 949.05 \text{ Kcal}}$$

$$\bullet Q = Q * T$$

$$T = \frac{Q}{Q}$$

$$T = \frac{946.05 \text{ Kcal}}{0.3582 \text{ kcal / seg}}$$

$$1500 \text{ watt} = 0.3582 \text{ kcal / seg}$$

$$\underline{T = 44 \text{ minutos}}$$

tiempo total de calentamiento de los 8 litros de aceite térmico hasta una temperatura de 200 °C es 44 minutos aproximadamente.



## SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

### SELECCIÓN DEL COMPRESOR PARA EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Este sistema estará diseñado para bajar una temperatura de 100 °C en un tiempo aproximado de 30 minutos

$$Q = m \times C_{\text{aceite}} \times (T_{in} - T_{fi}) \quad \text{SIENDO: } m = \delta_{\text{aceite}} \times \text{volum}$$

$$Q = 7.36 \text{ kg} \times 0.7 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} \times (95 - (-5^\circ\text{C})) \quad m = 0.92 \times 8 \text{ lit}$$

$$\underline{Q = 515.2 \text{ Kcal}}$$

$$\underline{m = 7.36 \text{ kg}}$$

$$\bullet Q = \frac{Q}{T}$$

$$\bullet Q = \frac{515.2 \text{ Kcal}}{30 \text{ min}}$$

$$\bullet Q = 17.17 \frac{\text{Kcal}}{\text{min}}$$

$$\bullet Q = 1030.4 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} \quad 1 \text{ Kcal/h} = 3.968 \text{ BTU/h}$$

$$\bullet Q = 4088.6 \frac{\text{BTU}}{\text{h}}$$

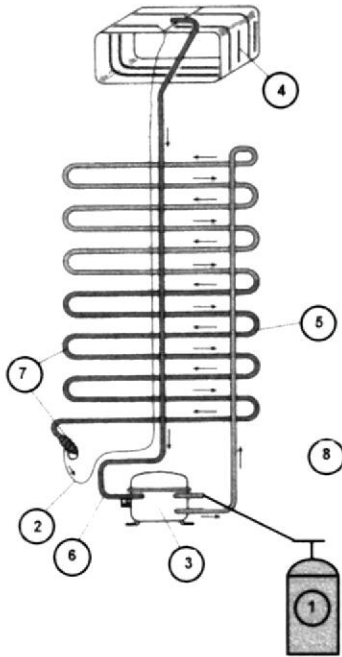
---

**Nota :** con los datos obtenidos es necesario comprar un compresor :  
**TECUMSEH SERIE AE4440 media alta** , el cual posee una capacidad de  
4100 BTU / h y vamos a utilizar con un refrigerante R12

### SELECCIÓN DE TUBO CAPILAR

Para la selección del tubo capilar tomamos referencia al programa de la fabrica de compresores TECUMSEH de Brasil , en el cual ingresamos los datos del sistema que estamos diseñando y automáticamente el programa nos indica los parámetros y medidas que debemos tomar en cuenta y utilizar.

## DATOS DE ENTRADA



1 - REFRIGERANTE	R12
2 - DIÁMETRO INTERNO DEL TUBO CAPILAR	0,036 in
3 - CARGA TÉRMICA DEL SIST. DE REFRIGERACIÓN	4100 Kcal/h
4 - TEMPERATURA DE EVAPORACIÓN	-5
5 - TEMPERATURA DE CONDENSACIÓN	50
6 - TEMPERATURA DE SUCCIÓN	30 °C
7 - GRADO DE SUBENFRIAMIENTO	0
8 - TEMPERATURA AMBIENTE	25
UNIDAD DE PRESIÓN	psig
UNIDAD DE LARGO	m



BIBLIOTECA  
DE ESCUELAS TECNOLOGICAS

# **RESULTADOS**

REFRIGERANTE

R12

CARGA TÉRMICA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

4100

Kcal/h

## **TEMPERATURAS**

EVAPORACIÓN

-5

°C

CONDENSACIÓN

50

°C

LÍNEA DE SUCCIÓN

30

°C

SUBENFRIAMIENTO

0

°C

AMBIENTE

25

°C

## **PRESIONES**

EVAPORACIÓN

23,12

psig

CONDENSACIÓN

162

psig

## **TUBO CAPILAR SUGERIDO**

LARGO

0,2132

m

DIÁMETRO INTERNO

0,036

in

## **Atención**

Valores elevados de la temperatura de condensación pueden afectar la vida útil y la performance del compresor

TECUMSEH DO BRASIL Ltda.

# CAPITULO IV



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA  
DIRECCIÓN GENERAL DE ESCUELAS TÉCNICAS

# CONSTRUCCIÓN

La construcción del equipo se realizo por fases cada fase consta de un sistema :

## 4.1 SISTEMA DE CALENTAMIENTO

Primeramente se construyo el sistema de calentamiento para lo cual se colocó la resistencia en la parte interior – inferior de la tina de tal forma que exista espacio para luego colocar le sistema de agitación del liquido y su respectivo sistema de control de temperatura .





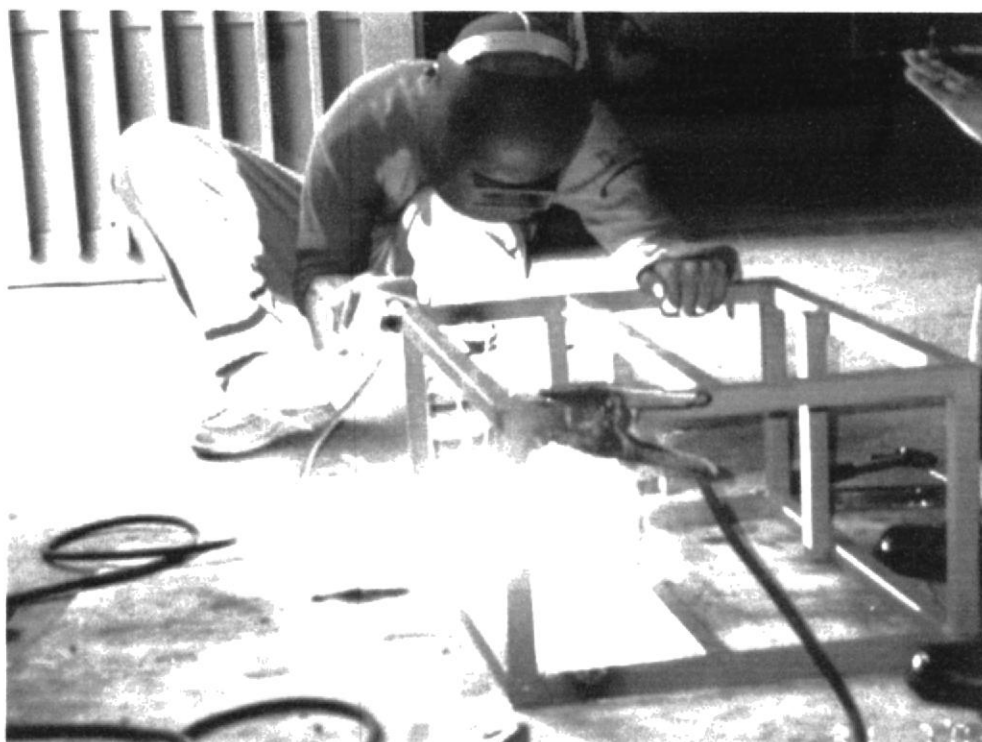
BIBLIOTECA  
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

luego de introducir la resistencia eléctrica y con el fin de no tener fugas de liquido posteriormente se colocó rings de alta temperatura y se colocó adicionalmente soldadura fría.

PRUEBA : se sometió a una prueba de estanqueidad que consistió en llenar de liquido con un volumen conocido y luego de 24 horas medir el liquido para ver si existió fugas , esta prueba arrojó resultados satisfactorios.

### **CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURA**

Luego de haber probado el funcionamiento del sistema de calentamiento se procedió a la fabricación de la estructura en donde irá colocado el equipo y todos sus componentes y accesorios, ésta se la realizó de tubo de hierro negro , además toda la estructura está recubierta de laminas de 1 mm de espesor de acero inoxidable.



## 4.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Para la instalación de este sistema se dimensionaron las cañerías en base a las dimensiones del recipiente las cuales fueron cortadas , posteriormente dobladas y soldadas , este trabajo se lo realizo para todas las partes del sistema de refrigeración como son : evaporador , unidad condensadora, compresor, los cuales fueron ensamblados de acuerdo a la disposición que anteriormente dispusimos .



Después de haber armado todo el sistema se procedió a realizar el vacío del sistema de refrigeración, para proceder a la carga de refrigerante R12 revisando que no existieran fugas .

Una vez probado el sistema se procedió a aislar colocando poliuretano y lana de vidrio como aislantes.





### **4.3 SISTEMA DE AGITACION**

Para el ensamble del sistema de agitación se utilizó un motor de 1/40 hp al cual se le adaptó un eje y una hélice, este motor va colocado en la parte superior de la tina de tal forma que desde esa posición cumpla su función de mantener todo el liquido a la misma temperatura.

El estudio de diseño de experimentos realizado arrojó que la mejor posición del agitador esta en la parte superior al centro.

### **4.4 SISTEMA ELÉCTRICO**

Estos controles se instalaron con el propósito de hacer que la maquina funcione automáticamente, se construyo una caja de controles eléctricos para esto se ocuparon :

Contactores , Interruptores , Cables , termostatos , brecker, regleta de distribución , luego que se instalo toda la parte eléctrica se procedió a poner en funcionamiento y funciono correctamente.

**CONTACTOR** .- Es un control para circuitos de ramales que dependen de la estabilidad del voltaje de control en la bobina del mismo , a estos controles se les denomina Contactores magnéticos .

**INTERRUPTOR** .- Es un dispositivo que se usa para desconectar y conectar la energía de la línea de alimentación , regularmente contiene ( un contacto normalmente cerrado y otro abierto )

**TERMOSTATO** .- Existen varios tipos dependiendo de sus polos , las unidades de dos polos se usan cuando el termostato debe cumplir con los requisitos de un medio de desconexión para el calefactor estos normalmente tienen dos etapas las cuales proporcionan dos niveles de calor , un juego de contactos esta diseñado para cerrar  $\frac{1}{2}$  a  $1 \frac{1}{2}$  grados después del otro.

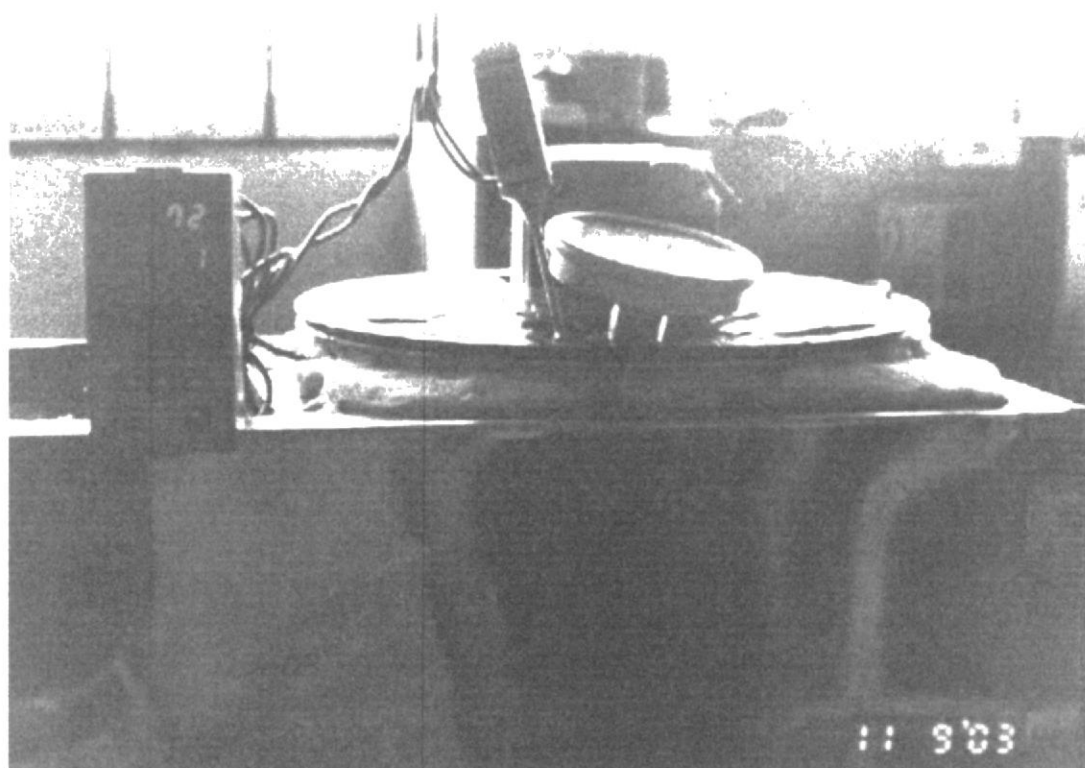
Cuando el calor que suministra esta etapa individual no es suficiente , baja la temperatura y el segundo juego de contactos energiza la segunda etapa para su conexión.



BIBLIOTECA  
DE ESCUELA TECNOLÓGICAS

# CAPITULO V

## 5.1 PRUEBA DE VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO



TIEMPO ( min.)	TEMPERATURA(°C)	VOLUMEN (litros)	LIQUIDO
5	26	8	Aceite térmico
10	51	8	Aceite térmico
15	76	8	Aceite térmico
20	101	8	Aceite térmico
25	125	8	Aceite térmico
30	148	8	Aceite térmico
35	172	8	Aceite térmico
40	196	8	Aceite térmico

OBSERVACIÓN.- el equipo posee una velocidad de calentamiento de 5°C por minuto aproximadamente



## 5.2 PRUEBA DE VELOCIDAD DE ENFRIAMIENTO

TIEMPO ( min.)	TEMPERATURA(°C)	VOLUMEN (litros)	LIQUIDO
0	150	8	Aceite térmico
5	137	8	Aceite térmico
10	123	8	Aceite térmico
15	111	8	Aceite térmico
20	96	8	Aceite térmico
25	83	8	Aceite térmico
30	69	8	Aceite térmico
35	55	8	Aceite térmico
40	40	8	Aceite térmico
45	26	8	Aceite térmico

OBSERVACIÓN.- el equipo posee una velocidad de enfriamiento de 2.5 °C por minuto aproximadamente

## 5.2 PRUEBA DE PRECISION

TERMOMET. PATRON	T. PRUEBA LECTURA 1	T. PRUEBA LECTURA 2	T. PRUEBA LECTURA 3	T. PRUEBA LECTURA 4	% PRECISION
20	20	20	19.5	20	99.4
40	40	39.5	40	40	99.7
60	60	60	60	59.5	99.8
80	80	79	80	80	99.7
100	100	100	100	99	99.8

# CAPITULO VI



INSTITUTO TECNOLÓGICO  
DE ESCUELAS POLITÉCNICAS

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

- **costos directos** : costo de materia prima y costo de mano de obra
- **costos generales** : utilización de maquinaria, costo de energía , gastos misceláneos.

### 6.2 COSTOS DIRECTOS

#### 6.2.1 COSTO DE MATERIALES

DESCRIPCION	DIMENSION	CANT.	P.UNITARIO	P. TOTAL
Olla A8629	12 litros	1	7,99	7.99
Tubo cuadrado hierro galvanizado	25x25x6000	2	7,50	15.00
Pernos con tuerca	3/8 x 3/4	10		4.34
Duracol	litro	1	1,40	1.40
Lana de vidrio	plancha	3	2.56	7.70
Poliuretano		2 litros	5,00	10.00
Anillos de cobre		12	0.34	4.11
Terminales		12	0.18	2.22
Cable	num. 16	3m	0,15	0.45
Pernos avellanados bronce		4	1,66	6.64
Resistencia eléctrica	220 V 1500 W	1	12,88	12.88
Oring de temperatura		8	1,11	8.7
Silicón rojo		1	2,00	2.00
Enchufes	220 V	1	1,70	1.70
Cañería de cobre	5 / 16"	1rollo 5 m	10,30	15.30
Cañería capilar	0,36 mm	1 metro	1,40	1.40
Compresor Tecumseh con unidad	4100 watt	1	179,60	179.6
Válvula de carga	válvula	1	1,00	1.00
Pote de gas	R12	2	5,37	10.75
Filtro de gas	filtro	1	2,55	2.55
Soldadura	15% plata	8 palillos	1,67	13.36
Brocas	1/8"	1	0,25	0.25
Disco de corte		1	1,20	1.20
Rollo kodak	135/24	1	2,77	2.77
Tinta para impresora	recarga	2	10,35	20.69
Enchufe	eagle	1	0,7	0.70
Switch i - 0 con terminales		2	3,50	7.00
C D	RW	2	1,38	2.76
Motor 18 w	Elco	1	22,00	22.00
Breacker g/e	40 amp.	1	11,18	11.18
Bornera	380 v 30 amp.	1	0,99	0.99
Pintura anticorrosivo		1 litro	1,00	1.00

Diluyente		1 litro	0,9	0.90
Brocha		1	1,00	1.00
Remaches	1/8"	100	0,008	0.80
Tripa de pato	1/2 x 8	24	0,04	1.10
Contactador	20 amp	1	19.00	19.00
Termostato		1	150.00	150.00
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 551,52</b>

## 6.2.2 COSTO DE MANO DE OBRA

Para analizar el costo de mano de obra primeramente explicaremos por medio de un ejemplo la manera de determinar el tiempo tipo utilizado en realizar cada trabajo y de manera similar se realizaron todos estos cálculos en las demás máquinas utilizadas en el proyecto.

### **COSTO DE MANO DE OBRA DE SOLDADURA**

Velocidad de soldado: 30 mm / min.

Costo del operario : \$ 2.2 / hora

**Tt = T. Máq. + T. C +T. S.**

- Tt = tiempo tipo
- T. Máq. = tiempo maquina
- T.C = tiempo contingencia
- T.S = Tiempo suplemento

$$T \text{ Máq.} = \frac{\text{Espacio}}{\text{Velocidad}}$$

$$T \text{ Máq.} = \frac{100\text{mm}}{30\text{mm} / \text{min}}$$

$$T \text{ Máq.} = 3.3 \text{ min}$$

$$T \text{ Máq.} = 3.3 \text{ min} * 16$$

$$\underline{\underline{T \text{ Máq.} = 53.33 \text{ minutos}}}$$

$$Tc = \frac{1}{2} t \text{ maq}$$

$$\underline{\underline{Tc = 26.66 \text{ minutos}}}$$



$T S. = 15\% ( T.maq + T.c )$

$T S. = 15\% ( 53.33 \text{ min} + 26.66 \text{ min} )$

**T S. = 11.99 min**

**Tt = T. Maq. + T. C +T S.**

$Tt = 53.33\text{min} + 26.66 \text{ min} + 11.99 \text{ min}$

$Tt = 91.98 \text{ minutos}$

**Tt = 1.53 horas**

### **COSTO DE MANO DE OBRA**

<b>PERSONAL</b>	<b>T. TIPO (H)</b>	<b>COSTO / HORA</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Cortador	1	\$ 2,0	\$ 2,00
Soldador	1.53	\$ 2,2	\$ 3.36
Soldador refrigerante	2.8	\$ 2,5	\$ 7,00
Electricista	3	\$ 2,6	\$ 7.80
Doblador	2.2	\$ 2,0	\$ 4.40
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 24.56</b>

## **6.3 COSTOS GENERALES**

### **6.3.1 UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA**

En la ejecución de este proyecto se utilizaron las siguientes maquinas

herramientas :

1. taladro de banco
2. maquina de soldar eléctrica
3. equipo de oxicorte
4. esmeril
5. dobladora
6. sierra alternativa .

### COSTO DE UTILIZACIÓN DE MAQUINARIA

MAQUINA	TIEMPO (H)	COSTO/ HORA	COSTO / MAQUINA
DOBLADORA	2.2	\$ 1	\$ 2.2
SOLDADORA	1.53	\$ 1.5	\$ 2.3
TALADRO	1.5	\$ 1.2	\$ 1.8
SIERRA	1	\$ 1.2	\$ 1.2
ESMERIL	3	\$ 1	\$ 3.0
OXICORTE	2.8	\$ 2	\$ 5.6
<b>COSTO TOTAL POR USO DE MAQUINAS</b>			<b>\$ 13.1</b>

### 6.3.2 COSTO DE ENERGIA

El numero de horas totales trabajadas en el proyecto mas las horas de energía utilizadas en las pruebas suman un total de 35 horas de energía utilizadas a razón de \$ 0.08 Kw. / h

Costo total de energía	\$ 2.8
------------------------	--------

### COSTOS MISCELÁNEOS

Transporte	\$ 50
------------	-------

### COSTO TOTAL DEL PROYECTO

COSTOS DIRECTOS	\$ 578.08
COSTOS GENERALES	\$ 153.9
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 663.78</b>



BIBLIOTECA  
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

# CAPITULO VII

## ANÁLISIS

De las pruebas realizadas en el equipo podemos determinar que :

1. la resolución es de 1°C
2. La tolerancia de medida +- 0.1°C
3. La temperatura de prueba esta dentro del rango 0°C y 200°C
4. La precisión del equipo equivale a 99.95 %
5. Energía de consumo 8 amp. 220 Vol.

## CONCLUSION

De acuerdo al análisis realizado determinamos que se han cumplido las características planteadas antes de la construcción del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

- [www.tecumseh.com](http://www.tecumseh.com)
- diseño de sistemas eléctricos de Joseph f. McPartland
- Principios y sistemas de refrigeración de Edward G. Pita
- Transferencia de calor de José A. Manrique



# **ANEXO A**

## ANEXO A

### DISEÑO DE EXPERIMENTOS DE BAÑO PARA VERIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE TERMÓMETROS

#### FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Al realizar el baño de Termómetro, ¿Habría influencia de factores que determinen si un termómetro cualquiera esta calibrado con respecto a un termómetro patrón?

### FACTORES

#### ❖ **Posición de los termómetros.**

Los termómetros serán ubicados en el centro del tanque y en el radio medio del mismo. La separación entre los dos termómetros es aproximadamente 1.5 cm.

Nivel bajo (-): Cuando el termómetro esta en el centro del tanque.

Nivel alto (+): Cuando el termómetro esta ubicado en el radio medio del tanque.

**Nota:** el termómetro patrón es un termómetro analógico y el otro es un termómetro digital que comúnmente se descalibran.

#### ❖ **Tiempo para la toma de lecturas de temperatura.**

Se calentó el agua a 70°C se cronometro 2 minutos para tomar la primera lectura, después de 3 minutos mas se toma la segunda lectura. Es decir las lecturas fueron tomadas después a los 2 y 5 minutos respectivamente.

Nivel bajo (-): Cuando la lectura se toma a los 2 minutos.

Nivel alto (+): Cuando la lectura se toma a los 5 minutos.

❖ **Nivel de agua en el tanque.**

Los experimentos fueron realizados con un nivel de agua de 8 y 6 litros.

Nivel bajo (-): Cuando el tanque contiene 6 litros de agua.

Nivel alto (+): Cuando el tanque contiene 8 litros de agua.

❖ **Tipo de agitador.**

Se utilizaron dos tipos de agitadores, uno de 4 aspas inclinadas y el otro también de 4 aspas planas.

Nivel bajo (-): agitador con las aspas inclinadas.

Nivel alto (+): agitador con las aspas planas.

❖ **Longitud de inmersión del termómetro.**

Las lecturas se tomaron en una ocasión con el termómetro inmerso 10 cm. y en otra ocasión a 2 cm. por debajo de la superficie del agua.

Nivel bajo (-): termómetro inmerso 10 cm.

Nivel alto (+): termómetro inmerso 2 cm.

❖ **Longitud de inmersión del agitador.**

Los experimentos se realizaron en una ocasión con el agitador inmerso 11 cm. y en otra ocasión a 6 cm. por debajo de la superficie del agua.

Nivel bajo (-): agitador inmerso 11 cm.

Nivel alto (+): agitador inmerso 6 cm.



## VARIABLE RESPUESTA

### ***Variable Respuesta 1.-***

Como ya se explicó anteriormente en cada experimento se utilizaran dos termómetros y se decidió definir como la variable respuesta 1 a la diferencia entre la lectura del termómetro patrón y la lectura del termómetro a calibrar.

### ***Variable Respuesta 2.-***

Esta definida como la diferencia modular entre la lectura del termómetro patrón y la lectura del termómetro a calibrar.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

Empleamos el diseño factorial  $2^k$ , y como tenemos 6 factores nos queda un diseño de  $2^6$ .

Además realizamos un diseño factorial fraccionario  $2^{6-1}$  para la confusión de los efectos de los factores.

Al ingresar los datos al MINITAB se sustituyeron los nombres de los factores por los siguientes alias:

- ❖ Posición de los termómetros → P.T.
- ❖ Tiempo para la toma de lecturas de temperatura → T
- ❖ Nivel de agua en el tanque → N.A.
- ❖ Tipo de agitador → T.A.
- ❖ Longitud de inmersión del termómetro → L.I.T.
- ❖ Longitud de inmersión del agitador → L.I.A.

## REALIZACIÓN DEL DISEÑO DE EXPERIMENTO

No.	PT	T	NA	TA	LIT	LIA	VR1	VR2
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,7	1,7
2	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,3	1,3
3	-1	1	-1	-1	-1	-1	-1,5	1,5
4	1	1	-1	-1	-1	-1	-1,1	1,1
5	-1	-1	1	-1	-1	-1	-1,7	1,7
6	1	-1	1	-1	-1	-1	-1,1	1,1
7	-1	1	1	-1	-1	-1	-1,7	1,7
8	1	1	1	-1	-1	-1	-1,6	1,6
9	-1	-1	-1	1	-1	-1	-1,5	1,5
10	1	-1	-1	1	-1	-1	-1,0	1,0
11	-1	1	-1	1	-1	-1	-1,0	1,0
12	1	1	-1	1	-1	-1	-1,2	1,2
13	-1	-1	1	1	-1	-1	-2,3	2,3
14	1	-1	1	1	-1	-1	-2,6	2,6
15	-1	1	1	1	-1	-1	-1,4	1,4
16	1	1	1	1	-1	-1	-1,7	1,7
17	-1	-1	-1	-1	1	-1	1,8	1,8
18	1	-1	-1	-1	1	-1	-0,1	0,1
19	-1	1	-1	-1	1	-1	1,1	1,1
20	1	1	-1	-1	1	-1	2,3	2,3
21	-1	-1	1	-1	1	-1	0,5	0,5
22	1	-1	1	-1	1	-1	0,5	0,5
23	-1	1	1	-1	1	-1	1,5	1,5
24	1	1	1	-1	1	-1	1,5	1,5
25	-1	-1	-1	1	1	-1	2,4	2,4
26	1	-1	-1	1	1	-1	0,0	0,0
27	-1	1	-1	1	1	-1	-3,5	3,5
28	1	1	-1	1	1	-1	-3,0	3,0
29	-1	-1	1	1	1	-1	-2,0	2,0
30	1	-1	1	1	1	-1	3,3	3,3
31	-1	1	1	1	1	-1	-1,5	1,5
32	1	1	1	1	1	-1	1,7	1,7
33	-1	-1	-1	-1	-1	1	-1,7	1,7

34	1	-1	-1	-1	-1	1	-1,3	1,3
35	-1	1	-1	-1	-1	1	-1,6	1,6
36	1	1	-1	-1	-1	1	-1,4	1,4
37	-1	-1	1	-1	-1	1	-2,0	2,0
38	1	-1	1	-1	-1	1	-1,8	1,8
39	-1	1	1	-1	-1	1	-1,4	1,4
40	1	1	1	-1	-1	1	-1,6	1,6
41	-1	-1	-1	1	-1	1	-1,2	1,2
42	1	-1	-1	1	-1	1	-1,0	1,0
43	-1	1	-1	1	-1	1	-1,5	1,5
44	1	1	-1	1	-1	1	-2,1	2,1
45	-1	-1	1	1	-1	1	-1,2	1,2
46	1	-1	1	1	-1	1	-1,6	1,6
47	-1	1	1	1	-1	1	-1,6	1,6
48	1	1	1	1	-1	1	-1,4	1,4
49	-1	-1	-1	-1	1	1	0,3	0,3
50	1	-1	-1	-1	1	1	-2,0	2,0
51	-1	1	-1	-1	1	1	-1,6	1,6
52	1	1	-1	-1	1	1	-2,1	2,1
53	-1	-1	1	-1	1	1	-3,3	3,3
54	1	-1	1	-1	1	1	1,5	1,5
55	-1	1	1	-1	1	1	0,4	0,4
56	1	1	1	-1	1	1	3,5	3,5
57	-1	-1	-1	1	1	1	1,3	1,3
58	1	-1	-1	1	1	1	0,3	0,3
59	-1	1	-1	1	1	1	-0,2	0,2
60	1	1	-1	1	1	1	-2,2	2,2
61	-1	-1	1	1	1	1	-2,7	2,7
62	1	-1	1	1	1	1	-2,7	2,7
63	-1	1	1	1	1	1	3,0	3,0
64	1	1	1	1	1	1	6,9	6,9



BIBLIOTECA DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

## ANALISIS ESTADISTICOS DE LOS RESULTADOS

➤ Resultados obtenidos del MINITAB para un diseño factorial 2<sup>6</sup>.

### Fractional Factorial Fit: VR1 versus PT; T; NA; TA; LIT; LIA

Estimated Effects and Coefficients for VR1 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		-0,6547	0,2033	-3,22	0,002
PT	0,4094	0,2047	0,2033	1,01	0,320
T	0,3094	0,1547	0,2033	0,76	0,451
NA	0,3969	0,1984	0,2033	0,98	0,335
TA	-0,1406	-0,0703	0,2033	-0,35	0,731
LIT	1,7406	0,8703	0,2033	4,28	0,000
LIA	-0,1906	-0,0953	0,2033	-0,47	0,642
PT*T	0,1531	0,0766	0,2033	0,38	0,708
PT*NA	0,8531	0,4266	0,2033	2,10	0,042
PT*TA	0,0031	0,0016	0,2033	0,01	0,994
PT*LIT	0,3344	0,1672	0,2033	0,82	0,416
PT*LIA	-0,0344	-0,0172	0,2033	-0,08	0,933
T*NA	1,1781	0,5891	0,2033	2,90	0,006
T*TA	-0,1969	-0,0984	0,2033	-0,48	0,631
T*LIT	0,2344	0,1172	0,2033	0,58	0,567
T*LIA	0,5781	0,2891	0,2033	1,42	0,162
NA*TA	0,0781	0,0391	0,2033	0,19	0,849
NA*LIT	0,6844	0,3422	0,2033	1,68	0,100
NA*LIA	0,3531	0,1766	0,2033	0,87	0,390
TA*LIT	-0,1531	-0,0766	0,2033	-0,38	0,708
TA*LIA	0,6531	0,3266	0,2033	1,61	0,116
LIT*LIA	-0,1906	-0,0953	0,2033	-0,47	0,642

### Analysis of Variance for VR1 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
P					
Main Effects	6	56,11	56,11	9,351	3,53
0,006					
2-Way Interactions	15	60,25	60,25	4,017	1,52
0,142					
Residual Error	42	111,12	111,12	2,646	
Total	63	227,48			

### Unusual Observations for VR1

Obs	VR1	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
30	3,30000	0,60313	0,95366	2,69687	2,05R
62	-2,70000	0,61562	0,95366	-3,31562	-2,52R
64	6,90000	2,87188	0,95366	4,02813	3,06R

R denotes an observation with a large standardized residual

---



---

## Fractional Factorial Fit: VR2 versus PT; T; NA; TA; LIT; LIA

### Estimated Effects and Coefficients for VR2 (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		1,7109	0,1128	15,17	0,000
PT	0,1656	0,0828	0,1128	0,73	0,467
T	0,3156	0,1578	0,1128	1,40	0,169
NA	0,5281	0,2641	0,1128	2,34	0,024
TA	0,3906	0,1953	0,1128	1,73	0,091
LIT	0,3719	0,1859	0,1128	1,65	0,107
LIA	0,2281	0,1141	0,1128	1,01	0,318
PT*T	0,5094	0,2547	0,1128	2,26	0,029
PT*NA	0,2594	0,1297	0,1128	1,15	0,257
PT*TA	0,1094	0,0547	0,1128	0,48	0,630
PT*LIT	0,2406	0,1203	0,1128	1,07	0,292
PT*LIA	0,3594	0,1797	0,1128	1,59	0,119
T*NA	-0,2156	-0,1078	0,1128	-0,96	0,345
T*TA	0,1094	0,0547	0,1128	0,48	0,630
T*LIT	0,3906	0,1953	0,1128	1,73	0,091
T*LIA	0,0969	0,0484	0,1128	0,43	0,670
NA*TA	0,3594	0,1797	0,1128	1,59	0,119
NA*LIT	0,2406	0,1203	0,1128	1,07	0,292
NA*LIA	0,3969	0,1984	0,1128	1,76	0,086
TA*LIT	0,4031	0,2016	0,1128	1,79	0,081
TA*LIA	-0,1781	-0,0891	0,1128	-0,79	0,434
LIT*LIA	0,2281	0,1141	0,1128	1,01	0,318

### Analysis of Variance for VR2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	6	11,98	11,98	1,9970	2,45	0,040
2-Way Interactions	15	21,39	21,39	1,4262	1,75	0,077
Residual Error	42	34,19	34,19	0,8140		
Total	63	67,56				

### Unusual Observations for VR2

Obs	VR2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
32	1,70000	3,23438	0,52897	-1,53438	-2,10R
53	3,30000	1,77812	0,52897	1,52188	2,08R
59	0,20000	1,67188	0,52897	-1,47188	-2,01R
64	6,90000	4,36562	0,52897	2,53438	3,47R

R denotes an observation with a large standardized residual

---



---

➤ Resultados obtenidos del MINITAB para un diseño factorial 2<sup>6-1</sup>.

**Fractional Factorial Design**

Factors: 6 Base Design: 6; 32  
 Resolution: VI Runs: 32  
 Replicates: 1 Fraction: 1/2  
 Blocks: none Center pts (total): 0

Design Generators: **NA = PT\*T\*TA\*LIT\*LIA**

---



---

**Fractional Factorial Fit: VR1 versus PT; T; TA; LIT; LIA; NA**  
**Estimated Effects and Coefficients for VR1 (coded units)**

Term	Effect	Coef
Constant		-0,5000
PT	0,6000	0,3000
T	-0,1625	-0,0813
TA	0,1250	0,0625
LIT	2,0750	1,0375
LIA	-0,0750	-0,0375
NA	0,5375	0,2688
PT*T	-0,2375	-0,1188
PT*TA	0,5500	0,2750
PT*LIT	0,4000	0,2000
PT*LIA	0,4750	0,2375
PT*NA	1,6625	0,8313
T*TA	-0,0125	-0,0062
T*LIT	-0,1375	-0,0687
T*LIA	0,7625	0,3813
T*NA	0,8000	0,4000
TA*LIT	0,1750	0,0875
TA*LIA	0,4000	0,2000
TA*NA	0,0375	0,0187
LIT*LIA	0,1000	0,0500
LIT*NA	0,8625	0,4313
LIA*NA	0,3625	0,1813
PT*T*TA	0,1875	0,0937
PT*T*LIT	0,1125	0,0563
PT*T*LIA	0,1875	0,0938
PT*T*NA	0,3500	0,1750
PT*TA*LIT	0,8250	0,4125
PT*TA*LIA	0,6750	0,3375
PT*TA*NA	0,9375	0,4687
PT*LIT*LIA	0,7250	0,3625
PT*LIT*NA	1,4625	0,7312
PT*LIA*NA	0,0375	0,0187



BIBLIOTECA  
 DE LAS ESCUELAS TECNOLÓGICAS

**Analysis of Variance for VR1 (coded units)**

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
P					
Main Effects	6	40,02	40,02	6,670	*
*					
2-Way Interactions	15	46,61	46,61	3,107	*
*					
3-Way Interactions	10	39,09	39,09	3,909	*
*					
Residual Error	0	0,00	0,00	0,000	
Total	31	125,72			

**Fractional Factorial Fit: VR2 versus PT; T; TA; LIT; LIA; NA**

Estimated Effects and Coefficients for VR2 (coded units)

Term	Effect	Coef
Constant		1,63750
PT	0,50000	0,25000
T	0,36250	0,18125
TA	0,82500	0,41250
LIT	0,20000	0,10000
LIA	0,15000	0,07500
NA	0,71250	0,35625
PT*T	0,86250	0,43125
PT*TA	0,37500	0,18750
PT*LIT	0,70000	0,35000
PT*LIA	0,42500	0,21250
PT*NA	0,31250	0,15625
T*TA	0,03750	0,01875
T*LIT	0,33750	0,16875
T*LIA	0,33750	0,16875
T*NA	-0,12500	-0,06250
TA*LIT	0,77500	0,38750
TA*LIA	-0,10000	-0,05000
TA*NA	0,58750	0,29375
LIT*LIA	-0,02500	-0,01250
LIT*NA	0,38750	0,19375

LIA*NA	0,43750	0,21875
PT*T*TA	0,61250	0,30625
PT*T*LIT	0,51250	0,25625
PT*T*LIA	0,43750	0,21875
PT*T*NA	-0,05000	-0,02500
PT*TA*LIT	0,10000	0,05000
PT*TA*LIA	0,00000	0,00000
PT*TA*NA	0,16250	0,08125
PT*LIT*LIA	0,17500	0,08750
PT*LIT*NA	0,51250	0,25625
PT*LIA*NA	-0,01250	-0,00625

### Analysis of Variance for VR2 (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F
P					
Main Effects	6	13,058	13,058	2,1763	*
*					
2-Way Interactions	15	25,565	25,565	1,7043	*
*					
3-Way Interactions	10	9,293	9,293	0,9293	*
*					
Residual Error	0	0,000	0,000	0,0000	
Total	31	47,915			



BIBLIOTECA  
DE ESCUELAS TECNOLÓGICAS

## CONCLUSIONES

### ➤ Del Análisis Estadístico de VR1 para un diseño factorial $2^6$ se

#### concluye que:

Para un nivel de confianza del 95% ( $\alpha = 0.05$ ), y con el siguiente criterio de decisión “Si  $p \text{ value} < \alpha \rightarrow$  el factor al que le corresponda dicho  $p \text{ value}$  influirá en la variable respuesta 1”, se concluye que los factores que influyen en la variable respuesta 1 son:

- ✓ **La longitud de inmersión del termómetro.**
- ✓ **El nivel del agua en el tanque.**
- ✓ **La posición del termómetro.**
- ✓ **El tiempo para la toma de lectura de temperatura.**

#### **Observaciones:**

A pesar de que nivel del agua en el tanque, la posición del termómetro y el tiempo para la toma de lectura de temperatura tienen un  $p \text{ value}$  de 0.335, 0.320, y 0.451 respectivamente, los cuales son superiores a 0.05, dichos factores fueron incluidos dentro de los factores que influyen en la variable respuesta 1 debido a que las interacciones de los mismos arrojaba un  $p \text{ value}$  inferiores a 0.05 como se muestra a continuación.

**$p \text{ value} = 0.042$**  (Posición del termómetro y nivel del agua).

**$p \text{ value} = 0.006$**  (Tiempo y nivel del agua).

### ➤ Del Análisis Estadístico de VR1 con un diseño factorial $2^{6-1}$ se

#### concluye que:

- Como la longitud de inmersión del termómetro tiene un efecto 2.0750 que es un valor superior en relación a los demás, podemos decir que

cuando el termómetro esta inmerso 2 cm. por debajo del nivel del agua se incrementa la variable respuesta 1 en  $2.0750^{\circ}\text{C}$  mas que cuando esta inmerso 10 cm.

➤ **Del Análisis Estadístico de VR2 con un diseño factorial  $2^6$  se**

**concluye que:**

Para un nivel de confianza del 95% ( $\alpha = 0.05$ ), y con el siguiente criterio de decisión “Si  $p \text{ valúe} < \alpha \rightarrow$  el factor al que le corresponda dicho  $p \text{ valúe}$  influirá en la variable respuesta 2”, se concluye que los factores que influyen en la variable respuesta 1 son:

- ✓ **El nivel del agua en el tanque.**
- ✓ **La posición del termómetro.**
- ✓ **El tiempo para la toma de lectura de temperatura.**

***Observaciones:***

A pesar de que la posición del termómetro y el tiempo para la toma de lectura de temperatura tienen un  $p \text{ valúe}$  de 0.467 y 0.169 respectivamente, los cuales son superiores a 0.05, dichos factores fueron incluidos dentro de los factores que influyen en la variable respuesta 2 debido a que las interacciones de los mismos arrojaba un  $p \text{ valúe}$  inferior a 0.05 como se muestra a continuación.

**$p \text{ valúe} = 0.029$**  (Posición del termómetro y tiempo para la toma de lectura de temperatura).

**$p \text{ valúe} = 0.006$**  (Tiempo y nivel del agua)

➤ **Del Análisis Estadístico de VR2 con un diseño factorial  $2^{6-1}$  se**

**concluye que:**



No hay un efecto que sea significativamente mayor que el resto por los que no se puede concluir que variaría la variable respuesta 2 al ir de un nivel bajo a un nivel alto o viceversa.

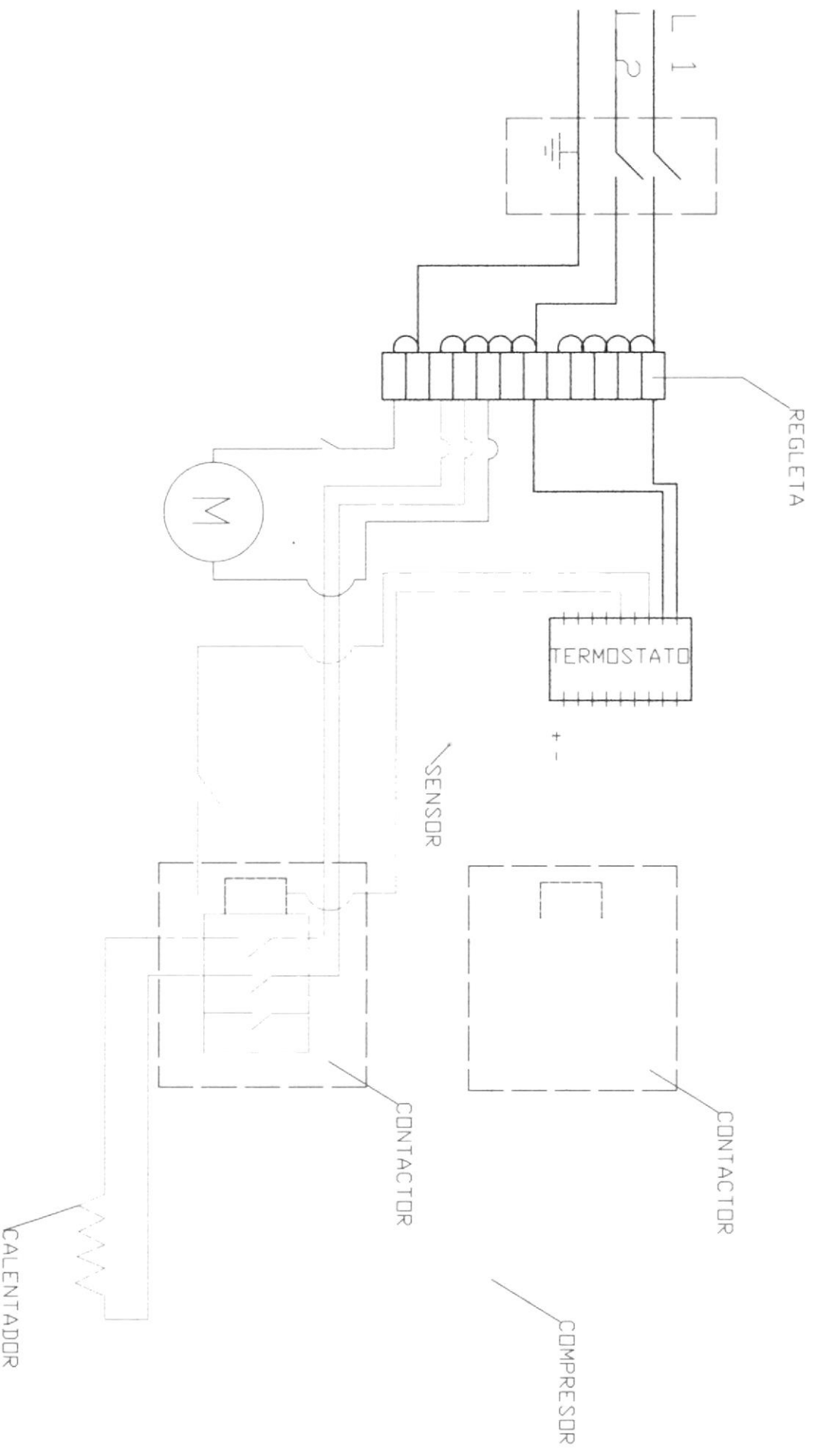


## ANEXO A1

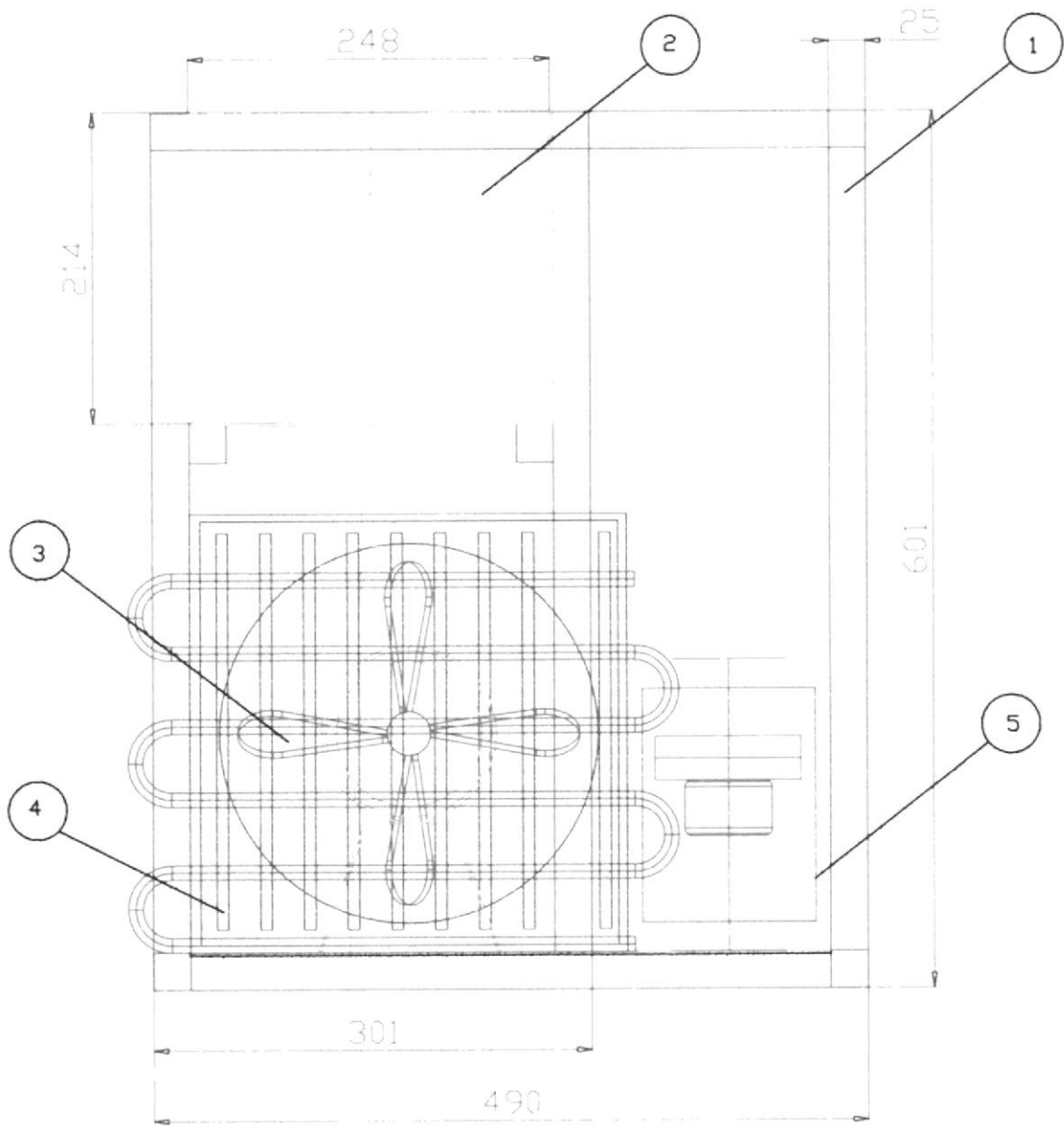
Para realizar el diseño  $2^{6-1}$ .- se escoge cinco factores y lo colocamos en orden estándar y el sexto factor lo obtenemos del producto de los cinco anteriormente escogidos.

#	Exp.	PT	T	TA	LIT	LIA	NA	VR1	VR2
1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1,7	1,7
2	6	1	-1	-1	-1	-1	1	-1,1	1,1
3	7	-1	1	-1	-1	-1	1	-1,7	1,7
4	4	1	1	-1	-1	-1	-1	-1,1	1,1
5	13	-1	-1	1	-1	-1	1	-2,3	2,3
6	10	1	-1	1	-1	-1	-1	-1	1
7	11	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1
8	16	1	1	1	-1	-1	1	-1,7	1,7
9	21	-1	-1	-1	1	-1	1	0,5	0,5
10	18	1	-1	-1	1	-1	-1	-0,1	0,1
11	19	-1	1	-1	1	-1	-1	1,1	1,1
12	24	1	1	-1	1	-1	1	1,5	1,5
13	25	-1	-1	1	1	-1	-1	2,4	2,4
14	30	1	-1	1	1	-1	1	3,3	3,3
15	31	-1	1	1	1	-1	1	-1,5	1,5
16	28	1	1	1	1	-1	-1	-3	3
17	37	-1	-1	-1	-1	1	1	-2	2
18	34	1	-1	-1	-1	1	-1	-1,3	1,3
19	35	-1	1	-1	-1	1	-1	-1,6	1,6
20	40	1	1	-1	-1	1	1	-1,6	1,6
21	41	-1	-1	1	-1	1	-1	-1,2	1,2
22	46	1	-1	1	-1	1	1	-1,6	1,6
23	47	-1	1	1	-1	1	1	-1,6	1,6
24	44	1	1	1	-1	1	-1	-2,1	2,1
25	49	-1	-1	-1	1	1	-1	0,3	0,3
26	54	1	-1	-1	1	1	1	1,5	1,5
27	55	-1	1	-1	1	1	1	0,4	0,4
28	52	1	1	-1	1	1	-1	-2,1	2,1
29	61	-1	-1	1	1	1	1	-2,7	2,7
30	58	1	-1	1	1	1	-1	0,3	0,3
31	59	-1	1	1	1	1	-1	-0,2	0,2
32	64	1	1	1	1	1	1	6,9	6,9

## **ANEXO B**



ESCALAS	PROGRAMA DE TECNOLOGIA EN MECANICA		ESPDL
	PLANO ELECTRICO		
COMPROBADOR DE TERMOMETROS	DIBUJO SAMANIEGO N		
	17-09-03		
	PLANO 01		



6	ACERO INOX.	Plancha 1220 x 2440	
5	COMPRESOR	COMPRESOR	
4	EVAPORADOR	EVAPORADOR	
3	VENTILADOR	STANDAR	
2	OLLA	R125 x 220	
1	ESTRUCTURA	25.4 x 25.4 x 6000	
ITEM	MATERIAL	DIMENSIONES	

	PROGRAMA DE TECNOLOGIA MECANICA		ESPOL
	BAÑO PARA CALIBRACION DE TERMOMETROS		
	PROYECTO TECNOLOGICO		

