



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**

---

---

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN  
INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INTEGRACIÓN DE SISTEMA MECATRÓNICO PARA EL  
CONTROL DE TEMPERATURA EN MÁQUINA  
TEMPERADORA, EN EL PROCESO INDUSTRIAL  
DEL CHOCOLATE.**

**TESIS**

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN INGENIERÍA  
MECATRÓNICA**

PRESENTA:

**MIGUEL ANGEL GALLEGOS GUERRERO**

TUTOR:

**DR. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ**



Año 2010



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**JURADO ASIGNADO:**

Presidente: Dr. Jesús Manuel Dorador González

Secretario: Alejandro Cuauhtémoc Ramírez Reivich

1er Vocal: Leopoldo Adrián González González

1er Suplente: Dr. Adrián Espinosa Bautista

2o Suplente: M.I. Ulises Martín Peñuelas Rivas

**Lugares donde se realizó la tesis:**

Fábrica de Chocolate “La Frontera” S.A. de C.V.  
San Luis Potosí, S.L.P, México

Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital  
San Luis Potosí, S.L.P, México

**TUTOR DE TESIS:**

Dr. Leopoldo A. González González

---

FIRMA

Este trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Planta “Fábrica de Chocolate La Frontera, S.A. de C.V.”, ubicada en la ciudad de San Luis Potosí, bajo la tutoría de los doctores Leopoldo A. González González y Jesús Manuel Dorador González de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Se contó con el apoyo del Ing. Manuel Gómez Compeán, gerente general de la Empresa “Fábrica de Chocolate La Frontera, S.A. de C.V” y el proveedor de componentes para control de temperatura Ing. Héctor Juan García Caballero, propietario de la Compañía “Thermo Eléctrica Industrial Gar- SA”, con instalaciones en la Ciudad de México, D.F y sucursal

El autor, sin perjuicio de la legislación de la Universidad Nacional Autónoma de México, otorga el permiso para el libre uso, reproducción y distribución de esta obra siempre que sea sin fines de lucro, se den los créditos correspondientes y no sea modificada, en especial esta nota.  
Ing. Miguel Ángel Gallegos Guerrero México, D.F.  
2008.

A mi esposa Nonis, a mis chiquitines Adelheid,  
Nonita, Daniela, Karla, Ángela Daniela, Omar y Aniol.

A mi familia



“La verdadera ignorancia no es la ausencia de conocimientos, sino el hecho de rehusarse a adquirirlos”.

(Karl Popper)

“No tengo talentos especiales, pero sí soy profundamente curioso”.

(Albert Einstein)

“Se ha vuelto espantosamente obvio que nuestra tecnología ha excedido a nuestra Humanidad “.

(Albert Einstein)

"Feliz es el hombre que ha aprendido las causas de las cosas y ha puesto bajo sus pies todos sus temores"

(Francis Bacon)



## Agradecimientos

Estoy muy agradecido principalmente con mis tutores, los doctores Leopoldo A. González González y Jesús Manuel Dorador González, ya que de ellos he reconocido y aprovechado su profesionalismo, gran calidad humana y el apoyo al compartir sus conocimientos tan profundos conmigo.

Admiro la metodología de ambos en la impartición de sus cátedras, la preparación de sus clases magistrales, y sobre todo su estilo al transmitir sus conocimientos, que en todo momento se orientaron a la solución de problemas prácticos. Agradezco la confianza que han tenido para aceptar, respetar y guiar mi propuesta de proyecto.

También deseo agradecer profundamente a los Ingenieros Arnoldo Solís Covarrubias, Rafael Cardoso Chávez y José Isaías Martínez Corona, compañeros directivos del Instituto Tecnológico Superior de San Luis Potosí, Capital, quienes me apoyaron brindándome las facilidades para el financiamiento del programa, que tomé en el campus mencionado, así como el otorgamiento de los permisos que solicité para lograr la realización de este proyecto.

Además deseo agradecer a los Ingenieros Manuel Gómez Campeán y Víctor Manuel Garrido Escalante, directivos de la Empresa “Fábrica de Chocolate La Frontera” su desinteresado apoyo, consistente en brindarme una explicación técnica muy objetiva de la problemática existente en la maquinaria objeto de este trabajo, así como la confianza que tuvieron en mí al tomar la decisión de aceptar la implementación del proyecto en su compañía.

Agradezco también a los ingenieros, técnicos y operarios de esta compañía su apoyo incondicional en la información verbal y documentada que me brindaron en la implementación del sistema de control automático.

Agradezco a mi esposa Nonis y a mis hijos la aceptación de mi proyecto, así como la paciencia que tuvieron mientras me encontré ausente de casa durante muchos fines de semana, en reuniones familiares y eventos sociales, tiempo en el cual me dedicaba a atender las actividades del proyecto.

No dejo de agradecer a mis papás su apoyo moral que tuvieron hacia mí durante el programa de la maestría. Me gustó mucho un detalle de mi mamá, la Sra. Amparo Guerrero Loredo; el semestre pasado obtuve buena calificación promedio, se lo comenté y me hizo un regalo. Me sentí como si fuera un niño. Realmente fue muy agradable este detalle.

Agradezco a mis compañeros de la maestría así como a mis maestros de las asignaturas del programa, quienes aceptaron la invitación en repetidas ocasiones a estudiar (en ocasiones casi toda la noche) y también a degustar muy sencillos pero sabrosos platillos en mi casa (que es la casa de todos ustedes) en un rincón que he acondicionado para disfrutar de gratos momentos de esparcimiento.

Por último agradezco a todos aquellos idealistas y activistas mexicanos y extranjeros que a lo largo de la historia de México han permitido que hoy se pueda gozar de una educación científica, tecnológica, pública, laica, gratuita y de calidad.

A todas las personas y entidades mencionadas ¡Muchísimas gracias! ¡Gracias a todos ustedes he logrado alcanzar este proyecto, que para mí es todo un proyecto de vida!

# Indice

Resumen .....	13
Abstract .....	14
Introducción .....	15
Objetivo del trabajo .....	15
Alcance .....	16
Justificación .....	16
Metodología .....	17
Contribución de este trabajo.....	17
Organización del trabajo .....	17
1. Conceptos básicos de las máquinas temperadoras y el proceso de temperado .....	19
1.1 Proceso de temperado del chocolate .....	19
1.1.1 Propiedades físicas y químicas del líquido a procesar .....	19
1.1.2 El proceso de temperado. Definición. ....	19
1.2 Máquinas Temperadoras .....	19
1.3 Cristalización del chocolate .....	22
2. Establecimiento del problema: Necesidades del cliente y aspectos teóricos y técnicos .....	23
3. Diseño conceptual .....	26
4. Metodologías usadas para definir las necesidades del cliente.....	28
4.1 Criterio general del análisis de Kano.....	28
4.2 Método de falla y análisis de efecto (AMEF).....	29
4.3 Lluvia de ideas.....	31
4.4 Observación del proceso.....	33
5. Investigación de componentes comerciales .....	35
5.1 Tabla comparativa para controles de temperatura.....	36
5.2 Tabla comparativa para sensores.....	37
5.3 Tabla comparativa para electroválvulas hidráulicas (agua)....	38
5.4 Resultados obtenidos.....	39
6. Diagnóstico de componentes. Resultados obtenidos.....	40
6.1 Control de temperatura.....	40
6.2 Sensor de temperatura .....	43
6.3 Electroválvula Hidráulica .....	45
7. Integración de componentes.....	48
7.1 El sistema de control de temperaturas, como prototipo de laboratorio. Resultados obtenidos .....	48
7.2 El sistema de control de temperaturas, integrado a la Máquina. Resultados obtenidos .....	50
7.3 Proceso de control automático de temperatura .....	54

7.4 Sistema de control de lazo cerrado .....	54
7.5 Características de un sistema de control de lazo cerrado.....	54
8. Conclusiones .....	55
9. Bibliografía .....	58
10. Anexo 1. Soporte de conclusiones propuestas .....	A1.1

## Resumen

La presente tesis trata del diseño, desarrollo e implementación de un sistema de control automático de temperatura para una máquina de producción de chocolate.

El objetivo del proyecto es la integración de los componentes hidráulicos, electrónicos de control y sensores analógicos para lograr el control de temperaturas en la máquina, llamada “temperadora”, en el proceso industrial del chocolate.

El origen del trabajo surge con la necesidad del cliente: *“Modificar el sistema de control manual de temperaturas en la máquina temperadora, por un sistema automatizado, con la finalidad de incrementar la calidad del producto terminado y aumentar la productividad y el rendimiento de la misma...”*

Para llevar a cabo este proyecto, se solicitó al cliente la información sobre las condiciones iniciales de operación de la máquina, se realizó una observación del equipo existente y se solicitaron las especificaciones generales de los requerimientos del producto y parámetros del proceso.

Antes de realizar el trabajo objeto de esta tesis, el operador realizaba manualmente acciones de control sobre válvulas de agua caliente y agua fría para lograr “mantener” una temperatura adecuada en cada una de las zonas de la máquina. Las variables a controlar son tres temperaturas, correspondientes a tres zonas de calentamiento en la máquina. El operador decidía subir o bajar las temperaturas de estas zonas con la apreciación de su sentido del tacto.

Se realizó la investigación de las tecnologías existentes en el mercado para dar cumplimiento al objetivo del proyecto, y se aplicaron las metodologías de diseño conceptual y funcional, se definió la configuración del sistema propuesto, mediante dibujos, diagramas y propuesta de componentes comerciales.

El alcance del proyecto es la implementación de los componentes electromecánicos y de control para automatizar la acción de control para las tres zonas de calentamiento / enfriamiento en la máquina.

En el proceso industrial y altamente automatizado para la fabricación del chocolate, se utilizan las máquinas temperadoras, que tienen un sistema capaz de controlar con gran precisión y rapidez los cambios programados de temperatura en básicamente tres zonas, en las cuales se logra el cristalizado óptimo del producto.

Se tomó la decisión de crear tres sistemas de control de lazo cerrado independientes. La creación de un diagrama funcional es de gran importancia para determinar los componentes principales del sistema, que son:

3 controladores de temperatura

3 sensores de temperatura

3 actuadores electro- hidráulicos para acción de calentamiento (agua caliente)

Actualmente el operador cuenta con hojas de proceso y especificaciones de productos que se diseñaron a raíz de la implementación de los controles, mismas que contienen la información de las temperaturas que se deben programar en los controles electrónicos instalados, con la finalidad de establecer las condiciones de preparación de máquina, limpieza, arranque, purga y cambios de producto.

## Abstract

The scope of this thesis is the design, development and implementation of a temperature control system for a tempering machine, in a chocolate process machine.

The objective of the project was the integration of hydraulic, electronic controllers and analogical sensors in order to get the temperature control in the tempering machine, in the chocolate industrial process.

The origin of this project begins with the necessity of the customer: *“to modify the manual temperature controlled system in the tempering machine, and implement an automated system, in order to increase the final quality product, and increase the productivity and the performance of it...”*

The information related the machine operation was required to the customer. The existing equipment and general specifications were observed. The process parameters and production requirements were considered.

Before the changes proposed in this thesis were implemented, the operator performed manual control action of the hot and cool water valves, in order to maintain the desired temperature in each of one zone of the machine. The control variables are three temperatures, corresponding to three warming and cooling zones in the machine. The operator decided to raise or low the temperatures in these three zones, only with the appreciation of his tact sense.

The technologies existing in the market were investigated to reach the objective of this project. Conceptual and functional design methods were applied. Process configuration with drawings, electrical diagrams and the implementation of commercial components were used to reach the objective.

The goal of the project is the implementation of the electro- mechanical and control components, in order to automate the control action for the three warming- cooling zones in the machine.

In the industrial and highly automated process of chocolate manufacturing automated tempering machines are used. These machines have a system capable to control in three zones with good precision and velocity, the temperature changes programmed, in order to get the crystallization of the product.

Three independent closed loop zones were created. The creation of a functional diagram is important in order to define the main components of the system that are:

3 temperature controllers

3 temperature sensors

3 electro – hydraulic actuators, for the heating action (hot water)

3 electro- hydraulic actuators for the cooling action (cool water)

Nowadays, the operator has process sheets and product specifications that were designed based in the control implementation. The specifications contain the information for the adequate temperatures that must be programmed in the electronic controls installed, to get the right preparation conditions of the machine, cleaning, start up, purge and product changes.

## Introducción

El chocolate es un alimento sólido o semisólido producto de la mezcla de cacao tostado, azúcar y otros ingredientes. El cacao tostado es sometido a un proceso de molienda. Mientras los granos son molidos, se extrae la grasa, la cual es el ingrediente elemental de todo producto de chocolate.

El chocolate está compuesto de manteca de cacao, carbohidratos, proteínas y una pequeña proporción de vitaminas y minerales. El color marrón es el resultado del pigmento natural de los granos de cacao, mientras que el aroma es el resultado de los aceites encontrados en los granos.

Las fórmulas para producir una variedad de productos de chocolate dependen por encima de la fórmula usada, de los procedimientos para mezclar los granos, y los métodos de cómo son procesados los otros ingredientes.

Una parte crítica dentro del proceso del chocolate es el **temperado**. Temperar el chocolate significa **precrystalizar los triglicéridos más estables de la manteca de cacao** que hay en el chocolate, y esto está estrechamente relacionado con la temperatura a la que se trabaja el chocolate.

Cuando se tempera el chocolate, la manteca de cacao que contiene se lleva a una forma cristalina estable. De este modo **se garantiza la dureza, el brillo y la fuerza** con la que se “contrae” el producto final enfriado. Estos son parámetros críticos en la calidad del producto.

Las empresas artesanales, que regularmente producen volúmenes relativamente bajos de chocolate, utilizan maquinaria de operación manual relativamente sencilla.

Cuando se requiere producir altos volúmenes con la misma calidad que los consumidores exigentes demandan, es necesario contar con maquinarias altamente automatizadas, que permitan incrementar la calidad de los productos fabricados.

A pesar de que el chocolate no es un alimento esencial en la vida, este es consumido por la gente alrededor del mundo en su vida diaria. Además, como los estándares de vida continúan creciendo, así también lo hace la demanda de chocolate.

### Objetivo del trabajo

Rediseñar el sistema manual para controlar las temperaturas en la máquina temperadora en el proceso industrial del chocolate, mediante la integración de los componentes hidráulicos, electrónicos de control y sensores analógicos de tipo industrial, existentes en el mercado.

Con fundamento en un criterio general del análisis de Kano, se han delimitado los objetivos de este proyecto para cumplir únicamente con los requerimientos del cliente, seleccionando componentes mecatrónicos funcionales y económicos, sin implementar cambios o modificaciones estructurales de alto impacto a la maquinaria existente.

Para solucionar los requerimientos del cliente se integraron los componentes hidráulicos, electrónicos de control y sensores analógicos para lograr el control de temperaturas en una máquina temperadora, en el proceso industrial del chocolate.

Para alcanzar el objetivo es necesario realizar las siguientes actividades:

Identificar las necesidades del cliente, utilizando el criterio general del análisis de Kano.

Uso del método de falla y análisis de efecto (AMEF) para tener en consideración las causas más probables que pudieran ocasionar una falla en el sistema propuesto, y tomarlas en consideración en el diseño del mismo (prevención).

Realizar una investigación de los componentes comerciales existentes en el mercado para dar cumplimiento al objetivo del proyecto.

Realizar un análisis de los parámetros del proceso, las variables relacionadas con los recursos disponibles en la planta, tales como: energía eléctrica, agua caliente, agua fría, geometría de la máquina temperadora y espacios físicos.

Tomar la decisión sobre los componentes del sistema de control idóneos para realizar la función de control automático.

Adquirir los componentes del sistema de control.

Configurar el sistema propuesto mediante dibujos, diagramas y propuesta de componentes comerciales.

Integrar y conectar los componentes de control para realizar una simulación en el laboratorio, y así verificar el buen desempeño del sistema de control.

Integrar los componentes del sistema en la máquina.

Realizar los ajustes preliminares y finales al sistema dentro del proceso.

### **Alcance.**

Implementación de sistemas de control automático de temperaturas independientes en las tres zonas de calentamiento de la máquina temperadora, mediante la integración de elementos mecatrónicos como: sensores, actuadores y elementos de control.

### **Justificación**

En la empresa “*Fabrica de chocolate La Frontera, S.A. de C.V.*” surgió la necesidad de incrementar los volúmenes de producción y los índices de calidad debido a la exponencial creciente competencia de los productores de chocolate de México y del mundo.

Para replantear las estrategias de penetración en el mercado local y nacional, esta compañía tuvo la necesidad de realizar un proyecto de reingeniería, en el cual uno de los principales puntos de interés fue mejorar el proceso de temperado del chocolate.

Numerosos factores tales como rechazos de producto, retrabajos, mala calidad en la apariencia de los productos terminados, llevaron a los directivos de esta importante compañía en la capital del estado de San Luis Potosí a tomar la decisión de invitar a los profesionales con los conocimientos y competencias para recibir propuestas tecnológicas, que permitieran solventar de manera adecuada las especificaciones del proceso, a un bajo costo.

La compañía chocolatera realizó un cuadro comparativo en el cual se incluyeron propuestas técnicas para la automatización de la máquina, así mismo se consideraron propuestas de adquisición de maquinaria nueva. Finalmente la empresa tomó la decisión que dio origen a este trabajo.

### **Metodología**

En primer lugar se hizo un análisis del método de control manual de la máquina temperadora que el operador venía realizando por varias décadas, la literatura relacionada con los sistemas de control de temperaturas existente. Se aplicaron los conocimientos para la definición del diseño conceptual y estructura funcional con la finalidad de clarificar las entradas, el proceso y las salidas del sistema. También se utilizó el criterio general del análisis de Kano para visualizar los atributos o características del producto. Además se utilizó el método de falla y análisis de efecto (AMEF) para



considerar las partes involucradas en un sistema que puede fallar. También se realizó la Investigación de los componentes comerciales existentes en el mercado en lo concerniente a sensores, controles de temperatura electrónicos y actuadores electro-hidráulicos para dar cumplimiento al objetivo del proyecto. Se realizó la configuración del sistema propuesto mediante: dibujos, diagramas y propuesta de componentes comerciales.

Se han realizado experimentos de diagnóstico de los componentes utilizados, así como una simulación física del funcionamiento de los componentes ya integrados, previo a la instalación y ajustes finales en campo.

### **Contribución de este trabajo**

Este trabajo fue la mejor opción para la empresa “*Fábrica de chocolate La Frontera, S.A de C.V.*” para convertir una máquina marca “*Carle y Montanari*” (de origen Italiano) con sistemas tradicionales y manuales, en una máquina con un sistema de control automático de temperaturas económico y confiable

Además, se propone la utilización de componentes comerciales de tipo industrial, de fácil mantenimiento y configuración.

En la elección de los componentes se consideró la flexibilidad para poder realizar cambios de producto sin tener que realizar actividades complejas de reprogramación de los parámetros del proceso.

No fue necesario realizar modificaciones costosas a la integridad de la máquina. Los nuevos componentes de control se integraron en los espacios existentes y adecuados para la realización correcta de la función de control.

### **Organización del trabajo**

La presente tesis se organiza de la siguiente forma. Se inicia con una introducción sobre el presente trabajo, definiendo los conceptos básicos del chocolate, el proceso de “temperado”, las características físicas de un chocolate de calidad y el objetivo del trabajo. El capítulo 1 trata los conceptos básicos de las máquinas temperadoras y el proceso de temperado, para facilitar al lector la comprensión del trabajo. El capítulo 2 trata de las necesidades del cliente. Estas necesidades son los parámetros del proceso, las especificaciones de los rangos de temperatura de trabajo, los errores máximos permisibles y los rangos de velocidad de la línea de producción, considerando los parámetros de la planta, que son la temperatura del agua caliente y de agua fría para el enfriamiento. En el capítulo 3 se presenta la propuesta del diseño conceptual, en el cual se logró identificar la función central y la estructura funcional del sistema. En el capítulo 4 se presentan las metodologías utilizadas para definir los requerimientos del cliente, que en resumen son el criterio general del análisis de Kano, el AMEF (método de análisis de falla y efecto), la lluvia de ideas, la técnica de observación del proceso en su operación original (manual). El propósito del capítulo 5 es mostrar un resumen plasmado en una tabla, de los componentes mecatrónicos disponibles en el mercado, para una vez integrados, lograr el objetivo de este trabajo. En el capítulo 6 se define el diagnóstico de los componentes: y en el capítulo 7 se define la integración de los componentes comerciales y su comportamiento bajo pruebas de laboratorio. El capítulo 8 se ocupa de la implementación del proyecto y su instalación en la máquina. El capítulo 9 se refiere al modelo del control automático de temperatura empleado.

# Capítulo 1

## Conceptos básicos de las máquinas temperadoras y el proceso de temperado

### 1.1 Proceso de temperado del chocolate

#### 1.1.1. Propiedades físicas y químicas del líquido a procesar

El líquido a procesar se conoce universalmente como “manteca de cacao”. A la manteca corresponde un alto porcentaje del total de los componentes del grano de cacao.

Las únicas propiedades físicas de la manteca de cacao incluyen un estrecho rango de temperaturas de fusión, de 32 a 35 °C y la contracción durante la solidificación. Características típicas de la manteca de cacao son la rotura y la fragilidad a temperatura ambiente de 20 a 25 °C. En la boca se derrite causando la sensación de frescura agradable y la liberación del sabor a chocolate. La propiedad de contracción durante la solidificación hace posible moldearla en bloques y barras en la forma deseable.

La manteca de cacao es monotrópica, es decir, que una sola forma cristalina es estable. El calor específico para la manteca de cacao líquida es de 2.1 J /g y el calor de fusión es de 150 J/g. Para el chocolate líquido, el calor específico es de 3.2 J/g. Esto significa que para poder enfriar en un grado centígrado un gramo de chocolate se necesita extraer 3.2 J.

Considerando lo anterior, lo ideal es entonces eliminar un máximo de energía al momento de la cristalización, lo que ocasionará obtener así un máximo de cristales estables. Esto se logra con el proceso de temperado.

La composición de la manteca de cacao está completamente dominada por tres ácidos grasos: ácido palmítico, ácido esteárico y ácido oléico.

#### 1.1.2 El proceso de temperado. Definición

Temperar el chocolate significa precristalizar los triglicéridos de la manteca de cacao que hay en el chocolate, y esto está estrechamente relacionado con la temperatura a la que se trabaja el chocolate.

Cuando se tempera el chocolate, la manteca de cacao que contiene se lleva a una forma cristalina estable. De este modo se garantiza la dureza (crack), el brillo y la fuerza con la que se contrae el producto final enfriado. Estos son parámetros críticos en la calidad del producto.

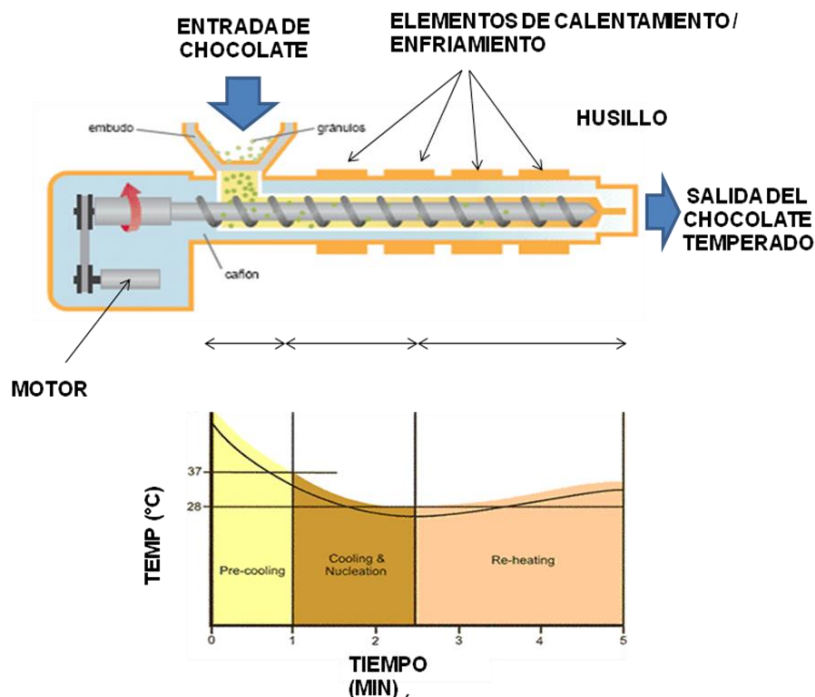
## 1.2 Máquinas temperadoras

La siguiente información tiene por objeto ilustrar de manera general el proceso de temperado, relacionado con las especificaciones del mismo.

En el proceso industrial y altamente automatizado para la fabricación del chocolate, se utilizan las máquinas temperadoras, que tienen un sistema capaz de controlar con gran precisión y rapidez los cambios programados de temperatura en básicamente tres zonas, en las cuales se logra el cristalizado del producto.

Las partes principales de una máquina temperadora industrial son: un husillo o cañón que transporta la materia prima en turbulencias para lograr el mezclado homogéneo, los elementos de calentamiento / enfriamiento del producto, y el sistema motriz de la máquina (motor eléctrico y transmisión).

En la máquina existen tres zonas por las cuales va circulando el chocolate. En estas se eleva, se baja y después se vuelve a elevar bruscamente la temperatura del producto (temperado). (Fig. 1). El control de temperatura juega un papel crítico en el proceso del temperado del chocolate.

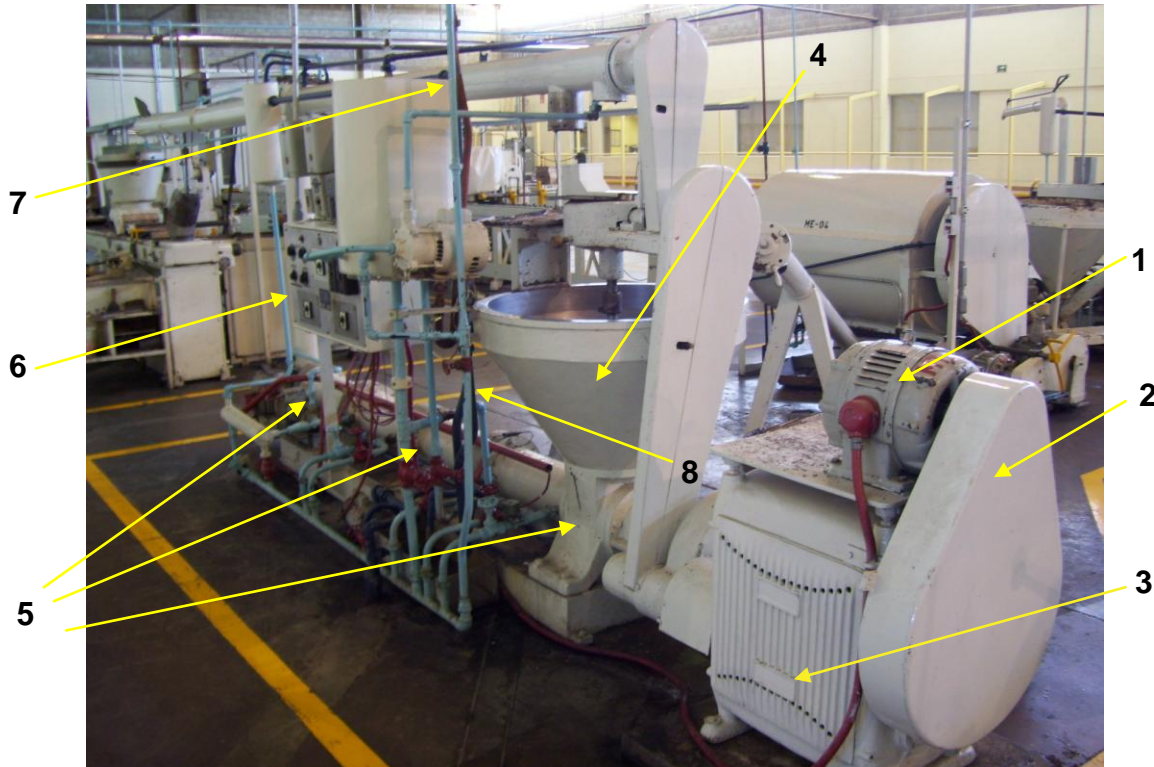


**FIG 1. DIAGRAMA GENERAL DE MÁQUINA TEMPERADORA (ARRIBA).  
ESPECIFICACIONES DEL PROCESO (ABAJO)**

La entrada del chocolate generalmente es a través de una tolva de recepción (embudo). Un sistema de motor eléctrico y transmisión hacen girar al husillo, el cual produce un movimiento longitudinal al chocolate fundido. En la trayectoria del chocolate dentro del husillo existen camisas de calentamiento y enfriamiento independientes para mantener la temperatura deseada del producto. En la zona de entrada del producto existe la mayor

temperatura. Conforme el producto avanza, es necesario enfriarlo súbitamente (zona intermedia). En la preparación para la salida se vuelve a calentar el chocolate a un valor de temperatura inferior a la que tenía en la entrada, pero superior a la de la zona media.

En la figura 1.2 se muestra la temperadora “Carle y Montanari” en la cual se implementó el sistema de control, objeto de este trabajo. Seguido de la imagen se describen los nombres de los componentes que la integran.



**FIG. 1.2 MÁQUINA TEMPERADORA “CARLE Y MONTANARI” PROPIEDAD DE LA COMPAÑÍA “FÁBRICA DE CHOCOLATE LA FRONTERA”**

**TABLA 1.1 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES DE LA MÁQUINA TEMPERADORA**

NO	DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES
1	MOTOR ELECTRICO TRIFÁSICO 220 V 20 HP
2	GUARDA PARA BANDAS Y POLEAS DE TRANSMISIÓN
3	TRANSMISIÓN MECÁNICA DE ENGRANES
4	TOLVA PARA RECEPCIÓN DE MATERIA PRIMA
5	CAÑÓN PORTA – HUSILLO PARA TRANSPORTE DE CHOCOLATE (CONFORMADO POR TRES ZONAS DE CALENTAMIENTO)
6	TABLERO DE CONTROL ELECTRÓNICO
7	LÍNEA DE ENTRADA DE AGUA FRÍA
8	LÍNEA DE ENTRADA DE AGUA CALIENTE

En caso de no realizar el temperado de manera adecuada, se corre el riesgo de tener severos problemas en el proceso y que afectan directamente a la calidad del producto, por ejemplo:

Se dificulta el desmolde del producto.

Fácilmente se fractura.

El chocolate se torna blancuzco.

### 1.3 Cristalización del chocolate

El chocolate contiene varios componentes: azúcar, cacao, y manteca de cacao, este último está formado por cuatro cristales: Alfa, Beta, Beta 2 y Gamma. Todos estos cristales tienen distinta temperatura de fundición y cristalización. Entonces, una vez fundido el chocolate, todos los componentes se disocian entre sí (se vuelven amorfos), dejando al chocolate vetado, con manchas y poroso. Para evitar esto se tiene que hacer un traspaso por distintas temperaturas, logrando así una correcta cristalización.

En la fig. 1.3 se muestra la diferencia visual entre un chocolate temperado y otro sin temperar.



**FIG 1. 3 CHOCOLATE TEMPERADO (LADO IZQUIERDO DE LA IMAGEN).  
EL CHOCOLATE SIN TEMPERAR ES OPACO, QUEBRADIZO Y  
BLANCUZCO (LADO DERECHO).**

## Capítulo 2

# Establecimiento del problema: Necesidades del cliente y aspectos teóricos y técnicos.

Es necesario e importante definir el problema; quien es el cliente, cuál es el estado actual, en cuanto tiempo se requiere obtener los resultados. Se debe tener mucho cuidado al desarrollar esta fase, ya que si no se define bien el objetivo, se tendrá que regresar a este paso.

Las metodologías utilizadas en esta fase son: Criterio general del análisis de Kano, el AMEF, lluvia de ideas y observación del proceso.

En las etapas iniciales del proceso de diseño es el punto en donde se identifican las necesidades del cliente.

Esta es una de las etapas de mayor importancia dentro del proceso de diseño, dado que es el punto en donde el equipo de diseño debe tener la capacidad de entender las necesidades del cliente, sobre un producto o servicio determinado.

Por tanto, si los encargados de llevar a cabo el diseño del sistema no tienen la capacidad de comprender las necesidades existentes, el producto que desarrollarán no logrará satisfacer enteramente al cliente. Esto seguramente se traducirá en retrabajos o modificaciones en alguno o varios de los subsistemas o componentes, los cuales ocasionarán demoras y costos.

En lo particular se considera esta etapa del trabajo **de gran contribución**, ya que la mentalidad de un maestro en ingeniería se beneficia en el sentido de la aplicación de las metodologías de identificación de las necesidades y el diseño conceptual.

En principio se solicitó al cliente la oportunidad de observar el método de control de temperaturas que se realiza por parte del operador de forma manual, obteniendo los siguientes resultados:

Se comprendió claramente el funcionamiento de la máquina.

Se comprendió la problemática del operador al interactuar con los sistemas de calentamiento y enfriamiento de forma manual.

Se elaboraron tablas de especificaciones de proceso y del producto (ver tablas 2.1 y 2.2).

**TABLA 2.1 ESPECIFICACIONES DE PROCESO.**

ITEM	PARAMETROS DE PROCESO	ESPECIFICACIÓN
1	RANGO DE TEMPERATURAS EN ZONA 1 DE TEMPERADO	DE 40 A 37 °C +/- 2°C
2	RANGO DE TEMPERATURAS EN ZONA 2 DE TEMPERADO	DE 37 a 28°C +/-2°C
3	RANGO DE TEMPERATURAS EN ZONA 3 DE TEMPERADO	DE 28 a 32°C +/-2°C
4	TEMP DE AGUA CALIENTE EN ENTRADA DE TEMPERADORA (ZONA 1)	45°C +/- 2°C
5	TEMPERATURA DE AGUA CALIENTE EN ENTRADA DE TEMPERADORA (ZONA 2)	40°C +/- 2°C
6	TEMPERATURA DE AGUA CALIENTE EN ENTRADA DE TEMPERADORA (ZONA 3)	35°C +/- 2°C
7	TEMPERATURA DE AGUA FRIA EN ENTRADA DE TEMPERADORA (ZONA 1)	35°C +/- 2°C
8	TEMPERATURA DE AGUA FRIA EN ENTRADA DE TEMPERADORA (ZONA 2)	30°C +/- 2°C
9	TEMPERATURA DE AGUA FRIA EN ENTRADA DE TEMPERADORA (ZONA 3)	26°C +/- 2°C
10	PRESIÓN DE VAPOR	4 bar
11	VELOCIDAD DE LINEA DE PRODUCCIÓN	20 moldes / min

**TABLA 2.2 ESPECIFICACIONES DE PRODUCTO.**

ITEM	PARAMETROS DE PRODUCTO	ESPECIFICACIÓN
1	TEMPERATURA DE FUSION	30 a 32 °C
2	TEMPERATURA DE CRISTALIZACIÓN OPTIMA	28 a 29 °C

Cabe mencionar que la marca de esta máquina es una de las mayormente reconocidas a nivel mundial.

Debido a que los sistemas mecánicos y eléctricos de la máquina han trabajado por más de cincuenta años sin ocasionar mayores problemas de preparación, operación, limpieza y mantenimiento durante toda su vida, el cliente buscó una solución al problema de control de temperaturas con los siguientes atributos:

**Disponibilidad** en el mercado nacional de componentes electro mecánicos, electrónicos (de control) y sensores; una máquina que tiene integrado un sistema de control con refacciones de importación, resulta inconveniente para el cliente, debido a la necesidad de importación de las refacciones que no se encuentran disponibles en el país, y que además tienen un costo elevado.

**Inversión** de bajo impacto en la implementación del proyecto. Los sistemas alternativos de otros negocios de automatización industrial tenían además de características que difieren del equipo inicial, un costo elevado, teniendo precios que van desde los USD \$ 20,000.00 a los \$ 25,000.00. Estas propuestas técnico – financieras hacen que el cliente se decida por mandar fabricar o modificar sus equipos en territorio nacional, utilizando componentes confiables, de fácil operación y de bajo costo.

En general, el cliente no espera contar con problemas de capacitación del personal, debido a cambios de alto impacto en la estructura y operación de la máquina. Tampoco espera cambiar su proceso de producción o modificar la línea de fabricación. En resumen, el cliente espera obtener mayores niveles de calidad y productividad con la reducción de desperdicios, retrabajos y rechazos por parte del consumidor del producto.



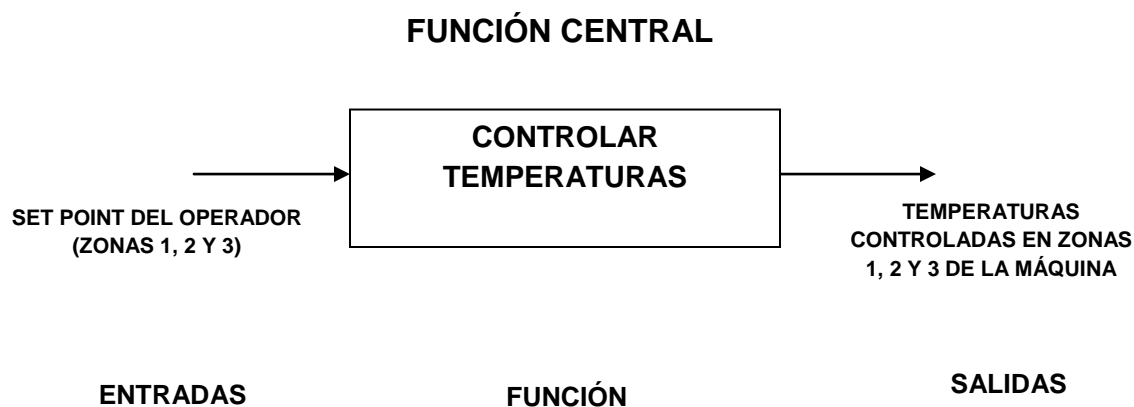
## Capítulo 3

### Diseño conceptual

Un enfoque para establecer la estructura funcional de un sistema es el propuesto por Pahl y Beithz (Pahl y Beithz, 1996). Ellos establecen que para describir y resolver problemas de diseño, es muy útil aplicar el término “función” a la relación general entrada / salida de un sistema cuyo propósito es llevar a cabo una tarea. Una función principal puede dividirse en directamente sub funciones identificables correspondientes a diferentes subtareas. Las funciones se definen usualmente mediante frases con un verbo y un objeto directo, por ejemplo “*incrementar presión*”, “*transferir torque*”, etc.

La metodología propone en primera instancia la definición de la función central, en la cual se observa una “caja negra” conteniendo la función general del sistema.

El resultado de esta definición se ilustra en la figura 3.1.



**FIGURA NO. 3.1 DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN CENTRAL**

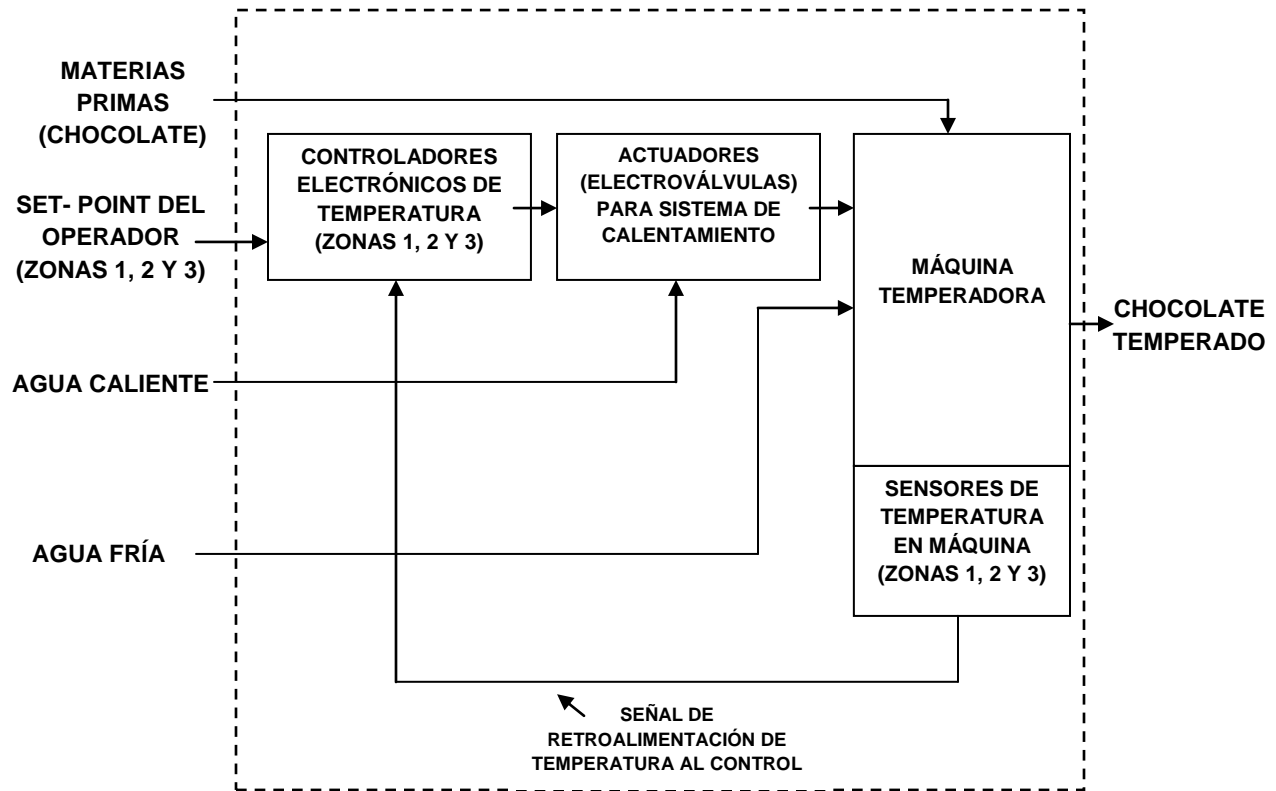
A partir del diagrama a bloques de la función central, se desglosa la función para obtener un diagrama que incluye los diferentes bloques de los componentes mecatrónicos necesarios para lograr la función de control deseada.

Al realizar este ejercicio se define el diagrama de “Estructura Funcional”, que se muestra en la figura no. 3.2.

Al hacer este ejercicio se detallan las entradas al sistema, teniendo como resultado una mejor comprensión en la interrelación de la máquina con el sistema de control propuesto.

Se comprende también el flujo de materia prima, así como los agentes de enfriamiento y calentamiento, señales de actuación, ubicación de los actuadores y sensores, señal de retroalimentación de control, como se muestra en la figura no. 3.2.

## ESTRUCTURA FUNCIONAL



**FIGURA 3.2 DIAGRAMA PARA DEFINIR LA ESTRUCTURA FUNCIONAL**

Las conclusiones principales con el uso de esta metodología, son:

Será necesario utilizar 3 controladores de temperatura de lazo cerrado con retroalimentación eléctrica.

Será necesario utilizar 3 sensores de temperatura que nos proporcionen la señal eléctrica adecuada al control propuesto y a los requerimientos de la maquinaria y parámetros de proceso.

Será necesario utilizar 3 actuadores electro- hidráulicos para regular el paso del agua caliente y así mantener la temperatura deseada, que se programará en el set- point del control, por el operador.

## Capítulo 4

# Metodologías usadas para definir los requerimientos del cliente y satisfacer sus necesidades.

### 4.1 Criterio general del análisis de Kano

El modelo de Kano visualiza los atributos o características del producto. Ofrece una metodología para localizar las necesidades del cliente. Es un instrumento para identificar y clasificar las características y las propiedades del producto que aportan satisfacción al cliente.

a) **Atributos básicos esperados:** son los requisitos mínimos que causarán el descontento del cliente si no se satisfacen, pero que no causan la satisfacción del cliente si se satisfacen (o se exceden). Son las que debe poseer un producto para tener éxito.

b) **Atributos de impacto:** Son los factores que aumentan la satisfacción del cliente si son entregados pero no causan el descontento si no se entregan. Usando estos factores, una empresa de cualquier tipo puede realmente distinguirse de sus competidores de una manera más positiva.

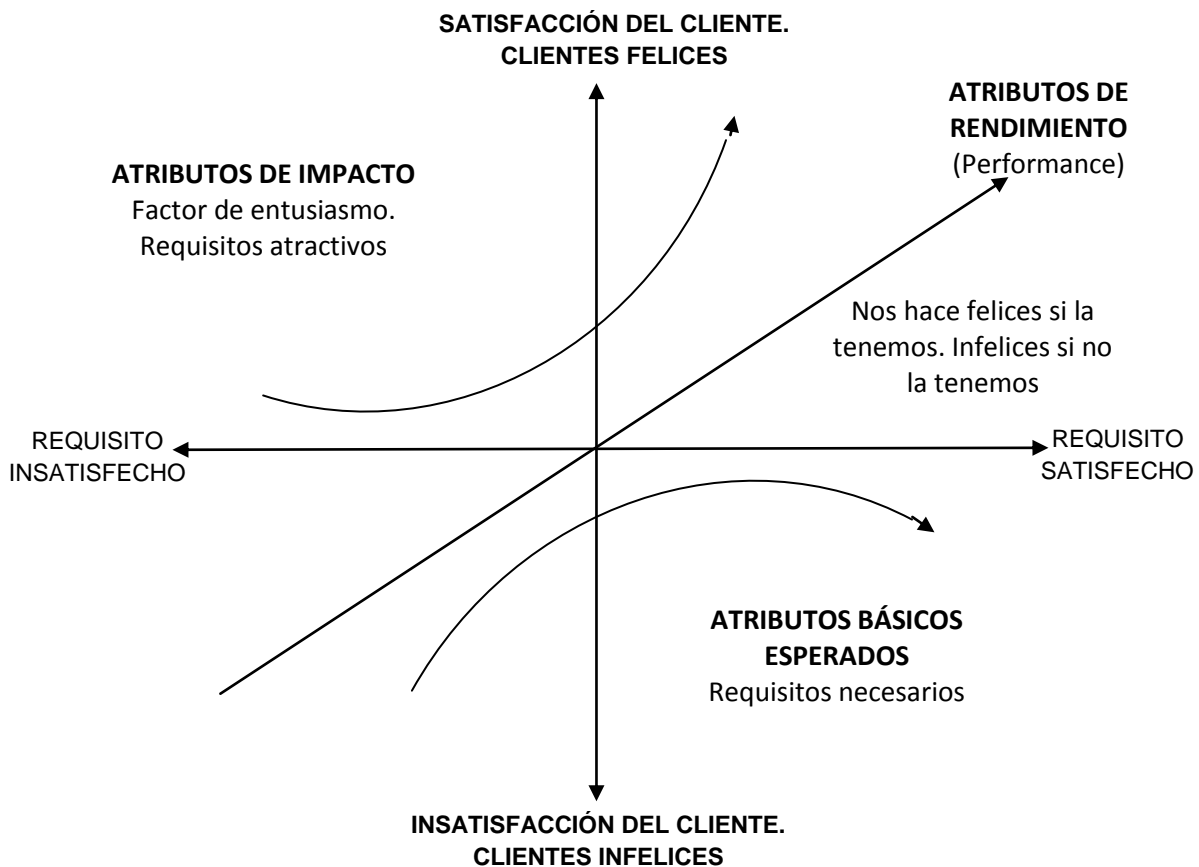


FIG 4.1 CRITERIO GENERAL DEL ANÁLISIS DE KANO

c) **Atributos de rendimiento:** Causan satisfacción si el rendimiento es alto. Causan descontento si el rendimiento es bajo. Estos factores están conectados típicamente con las necesidades explícitas de los clientes y los deseos de toda empresa que intenta ser competitiva. Tanto mayor rendimiento, mayor satisfacción.

Mediante el uso de esta metodología se lograron identificar las necesidades del cliente de acuerdo a la tabla 4.1.

**TABLA 4.1 RESUMEN DE ATRIBUTOS ESPERADOS POR EL CLIENTE**

<b>ATRIBUTOS BASICOS ESPERADOS</b>	
1	Control de temperaturas automático
2	Programación de controles accesibles al operador
3	Programación de temperaturas fácil de configurar
4	Fácil visualización de la variable a controlar (indicadores luminosos tipo "led" para proceso controlado o fuera de control)
5	Componentes de control existentes en el mercado nacional y de precio accesible
6	Facilidad de configuración de parámetros de proceso para cambios de producto
7	Requerimientos mínimos de mantenimiento
8	Soporte técnico accesible en el mercado nacional
<b>ATRIBUTOS DE IMPACTO</b>	
1	Modificaciones menores a la maquinaria existente
2	Facilidad de sustitución de componentes de control (ensamble y desensamble)
3	Capacitación sencilla al operador
<b>ATRIBUTOS DE RENDIMIENTO</b>	
1	Rango de temperaturas en zonas de calentamiento de acuerdo a especificación del cliente
2	Costo del proyecto muy por debajo de los competidores
3	Bajo consumo de energía del sistema de control automático

#### **4.2 Método de falla y análisis de efecto (AMEF)**

Algunos aspectos que se discutieron con el cliente y que fueron resueltos con la documentación del diseño se analizaron mediante el uso del método de falla y análisis de efecto (AMEF).

Este método considera las partes involucradas en un sistema que puede fallar. De manera lógica, estructura la interacción de cada parte en la solución final del problema, así se puede detectar si es solo una parte o componente del sistema el que origina la falla o son varios interactuando entre sí para originar la falla.

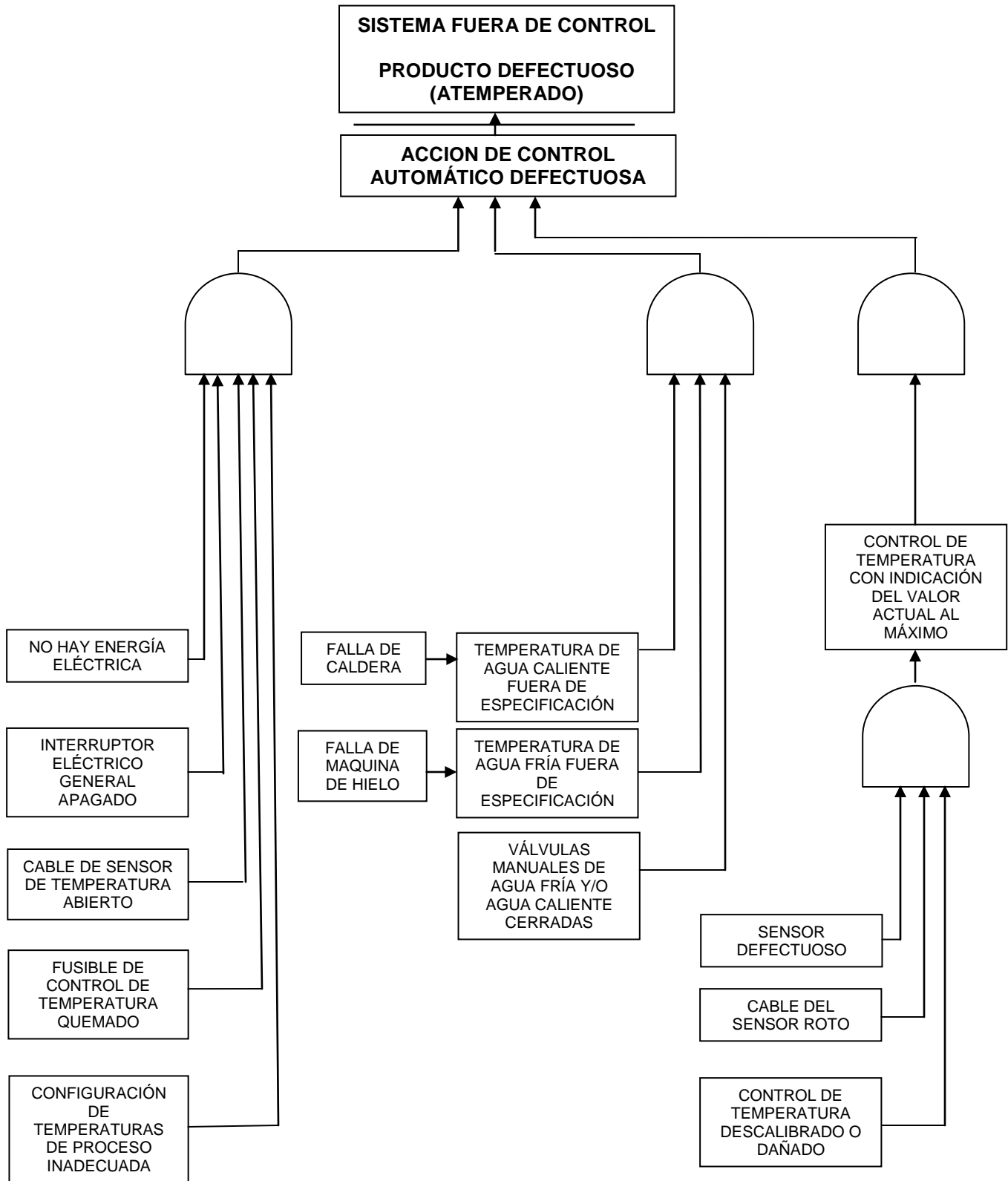


FIGURA 4.2 DIAGRAMA DE ARBOL DE FALLA

El diagrama de árbol de fallas que se muestra en la figura 4.2 muestra que existen varios eventos básicos que pueden ocasionar una falla en el sistema. Se podría desglosar más a detalle alguna rama del árbol; este trabajo podría ser objeto de estudio o investigación para otro proyecto.

Esta herramienta también puede contribuir en la elaboración de los manuales de operación y mantenimiento, solución de problemas comunes y en el pensamiento lógico y ordenado para desglosar un problema en una maquinaria donde es difícil de identificar.

### **4.3 Lluvia de ideas.**

La lluvia de Ideas (brainstorming) es una técnica de grupo para generar ideas originales en un ambiente relajado. Esta herramienta creada en el año 1941 por Alex Osborne, cuando su búsqueda de ideas creativas resultó en un proceso interactivo de grupo que generaba más y mejores ideas que *“las generadas por los individuos trabajando de forma independiente.”*

Es recomendable utilizar la lluvia de Ideas cuando existe la necesidad de liberar la creatividad de los equipos, generar un número extenso de ideas, involucrar a todos en el proceso o identificar oportunidades para mejorar.

La técnica de lluvia de Ideas que se utilizó en la realización de este trabajo es denominada lluvia de ideas “escrita” o “silenciosa”. Se llevó a cabo de la siguiente manera:

Los participantes piensan las ideas y las registran en una hoja de papel por participante y en silencio. Cada participante pone su hoja en la mesa y la cambia por otra hoja de papel de otro participante. Cada participante puede entonces agregar otras ideas relacionadas o pensar en nuevas ideas. Este proceso continúa por cerca de 30 minutos y permite a los participantes construir sobre las ideas de otros y evitar conflictos o intimidaciones por parte de los miembros dominantes.

A continuación se muestra la tabla no. 4.2 que contiene las dos hojas donde los participantes en esta metodología plasmaron sus ideas.

**TABLA 4.2 HOJAS PARA REGISTRO DE IDEAS**

<b>HOJA NO. 1</b>	
<b>Idea no.</b>	<b>Descripción</b>
1	Implementar un sistema de control de lazo cerrado (MA)
2	Usar un sensor de temperaturas para retroalimentación del control (HJ)
3	Colocación de controles de temperatura de fácil acceso al operador (MA)
4	Colocación de sensores de temperatura en un lugar libre de tránsito o maniobras del operador durante la preparación, limpieza y mantenimiento de la máquina (HJ)
5	Elegir un sensor de temperatura con buena linealidad así como rapidez adecuada a los cambios de temperatura requeridos en el proceso (MA)
6	Seleccionar controles de temperatura que requieran bajo voltaje de alimentación para brindar seguridad al operador y al personal de mantenimiento (HJ)
7	Elegir electroválvulas para control de agua caliente con las especificaciones de roscado acordes a las tuberías existentes en la máquina (MA)
8	Seleccionar controles de temperatura que sean fáciles de reprogramar en el caso de cambio de producto (HJ)
9	Seleccionar las electroválvulas adecuadas, tomando en cuenta el tipo de fluido, temperatura y presión de trabajo, así como voltaje de operación (MA)
10	Seleccionar componentes del sistema de control de bajo costo, de fabricación y soporte técnico nacional (HJ)

<b>HOJA NO. 2</b>	
<b>Idea no.</b>	<b>Descripción</b>
1	Se requiere un sistema de control sencillo de operar (HJ)
2	Selección de control de temperaturas con rango bajo de control (0 a 250 °C) (MA)
3	Elegir un sensor de temperaturas que resista vibraciones mecánicas considerables (HJ)
4	Elegir un sensor de temperatura robusto (MA)
5	Instalar por tuberías eléctricas el cableado de retroalimentación así como el de los actuadores, para brindar seguridad y durabilidad al sistema (HJ)
6	Seleccionar electroválvulas (actuadores) con voltaje de alimentación bajo, para seguridad del operador (MA)
7	Elegir controles de temperatura con visualización luminosa (leds) de proceso controlado y proceso fuera de control (HJ)
8	Evitar hasta donde sea posible realizar cortes de tubería eléctrica o hidráulica, así como adaptaciones mayores a la máquina (MA)
9	Revisar el consumo de corriente tanto de controles de temperatura y actuadores, con la finalidad de seleccionar los dispositivos eléctricos de protección (fusibles) adecuados (HJ)
10	Los sistemas eléctricos de protección, actuación, senseo y control deben ser estandarizados bajo normas oficiales mexicanas. Hasta donde sea posible, procurar no considerar sistemas de procedencia extranjera (MA)

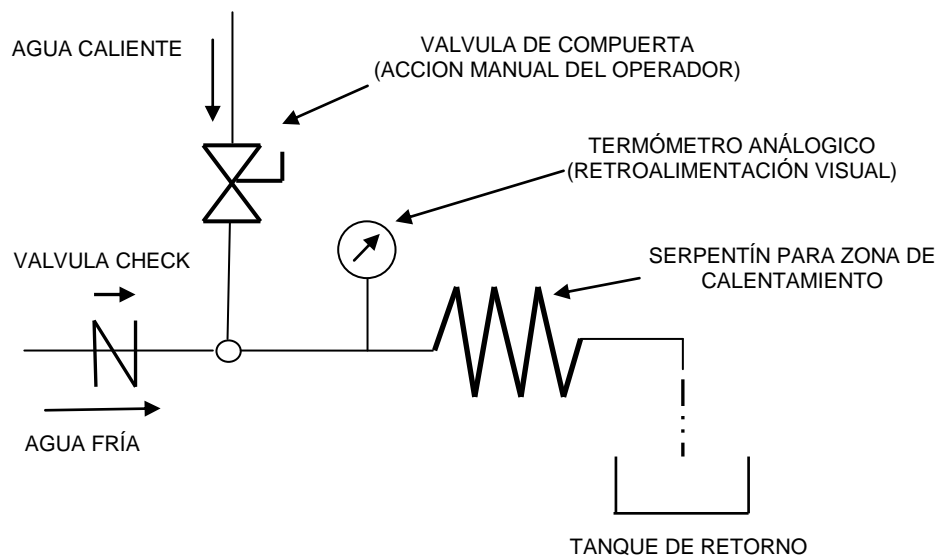
Posteriormente se propició una discusión entre los participantes para concluir sobre las ideas más relevantes, para utilizarlas en la implementación del proyecto.

#### 4.4 Observación del proceso

Previo a las etapas del diseño se solicitó al gerente general de la compañía, una explicación del funcionamiento de la máquina, el flujo del producto, los parámetros del proceso, las partes que integran la máquina, las principales actividades que el operador realiza durante el arranque, la preparación, la carga de la materia prima, el ajuste de las válvulas manuales para el control de las temperaturas, así como su verificación (visual) en termómetros análogos y la limpieza de la máquina al terminar el lote de producción.

Se realizaron las anotaciones correspondientes para llegar a conclusiones importantes que llevaron a un servidor a fortalecer la propuesta técnica para la solución del problema, motivo de este trabajo.

Como conclusión de la observación del proceso se muestra en la figura 4.3 el sistema de control de temperaturas con el que en un inicio contaba la máquina temperadora de chocolate.



**FIG. 4.3 SISTEMA DE CONTROL MANUAL DE TEMPERATURA**

Consiste en un intercambiador de calor que usa agua caliente para calentar agua fría. En operación manual, la cantidad de agua caliente que ingresa al serpentín depende de la posición de la válvula de compuerta (de acción manual). Para controlar la temperatura manualmente, el operador observa la temperatura indicada en el termómetro analógico y al compararla con el valor de temperatura deseado, abriría o cerraría la válvula para admitir más o menos cantidad de agua caliente.



Cuando la temperatura ha alcanzado el valor deseado, el operador simplemente mantendría esa regulación en la válvula para mantener la temperatura constante.

Con el control automático, el controlador de temperatura lleva a cabo la misma función. La señal de medición hacia el controlador desde el transmisor de temperatura (o sea el sensor que mide la temperatura) es continuamente comparada con el valor deseado (set-point) programado en el controlador.

Basándose en una comparación de señales, el controlador automático puede decir si la señal de medición está por arriba o por debajo del valor deseado y acciona la válvula de acuerdo a ésta diferencia hasta que la medición (temperatura ) alcance su valor final.

Mediante el uso de esta metodología se logró comprender la acción de control que la máquina requiere para lograr el temperado del chocolate, que llevó a la confirmación de la hipótesis respecto de la instalación de un sistema de control de temperaturas automático y de lazo cerrado.

## Capítulo 5






### Investigación de componentes comerciales

Se realizó la investigación de los componentes comerciales. En la actualidad existe información disponible en los catálogos técnicos.

El resultado de esta investigación se ve reflejado en las tablas 5.1, 5.2 y 5.3 comparativas, donde se muestran los controladores automáticos de temperatura, sensores y actuadores, que se consideraron para dar cumplimiento al objetivo de este trabajo.

Las opciones que se consideraron en la configuración e implementación del sistema de control, objeto de este trabajo se pueden observar en la última columna de cada tabla (columna 5).

TABLA 5.1 TABLA COMPARATIVA PARA CONTROLES DE TEMPERATURA

OPCIÓN CARACT	1	2	3	4	5
MARCA	WATLOW	OMEGA	OMEGA	PANASONIC	ATTO
MODELO	CV-70	CN 3101	CN 1622	KT-9	CPM 15
TIPO	DIGITAL PID	DIGITAL PID	DIGITAL PID	DIGITAL PID	ANALOGO PID
RANGO	0 A 70 °C	-10 A 350 °C	-10 A 400 °C	-30 A 600 °C	0 A 150 °C
SENSOR	RTD, TC	RTD, TC	RTD, TC, 0-10V 4-20 mA.	RTD, TC, 0-10V 4-20 mA.	TC (J,K,R,S)
DISPLAY	DIGITAL SIMPLE	DIGITAL DUAL	DIGITAL DUAL	DIGITAL DUAL	ANALOGICO DUAL
RESOLUCIÓN	1 °C	1 °C	1 °C	1 °C	1 °C
EXACTITUD	+/- 0.2 %	+/- 0.2 %	+/- 0.5 %	+/- 0.2 %	+/- 0.5 %
PRECIO (MN)	\$ 7,200.00	\$ 8,230.00	\$ 8,330.00	\$ 5,230.00	\$ 4,350.00
NORMAS	EN 61010 UL 916	EN 61010 UL 916	FM APROVED UL LISTED	ISO STANDARD	NOM-016
PROVEEDOR	USA	USA	USA	JAPON, USA	MEX, USA
IMAGEN					

EN: European Standards





UL: Underwriter Laboratories

FM approvals: The FM APPROVED mark, which is backed by scientific research and testing, tells customers your product conforms to the highest standards.

ISO: International Organization for Standardization.





NOM: Norma oficial Mexicana

TABLA 5.2 TABLA COMPARATIVA PARA SENSORES DE TEMPERATURA

OPCIÓN CARACT	1	2	3	4	5
<b>MARCA</b>	WATLOW	WATLOW	OMEGA	ATTO	TEIGSA
<b>MODELO</b>	OS-36	TJ-36	OS-36	AT-34	TG-03
<b>TIPO</b>	INFRAROJO, SIN CONTACTO	TERMOPAR TIPO J, K Y N	BULBO CON CABEZAL A ROSCA NPT TIPO K	DE OJO, TIPO "J" Y "K"	ABRAZADERA A BRIDA TC TIPO "J"
<b>RANGO</b>	-18 A 85 °C	-20 A 899 °C	0 A 1300 °C	-20 A 450 °C	0 A 150 °C
<b>TIEMPO RESPUESTA</b>	85 ms	5s	0.5 s	2.0 s	0.5 s
<b>EXACTI TUD</b>	+/- 2 % DEL RANGO NOMINAL	NO ESPECIFICADA	+/- 5 % DEL RANGO NOMINAL	+/- 10 % DEL VALOR NOMINAL	+/-5% DEL RANGO NOMINAL
<b>PRECIO (MN)</b>	\$ 7,200.00	\$ 500.00	\$ 2,750.00	\$ 720.00	\$ 650.00
<b>NORMAS</b>	ESPEC'S ASTM	ESPEC'S ASTM	ESPEC'S ASTM	DIN 43710	DIN 43710 y 43712
<b>PROVEEDOR</b>	USA	USA	FRA	USA	MEX, USA
<b>IMAGEN</b>					

ASTM: American Society for Testing and Materials

**TABLA 5.3 TABLA COMPARATIVA PARA ELECTROVÁLVULAS  
HIDRÁULICAS (AGUA)**

<b>OPCIÓN CARACT</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>MARCA</b>	CEME	STC	TUNING	TORK	ALCON
<b>MODELO</b>	4290	2W200- 3/4	970490	T-BHD	AC-236
<b>CONEXIÓN</b>	¾ " NPT	¾ " NPT	¾ " NPT	¾ " NPT	¾ " NPT
<b>VOLTAJE BOBINA</b>	220 VAC	220 VAC	220 VAC	110/220 VAC	110/ 220 VAC
<b>PRESIÓN MÁXIMA</b>	90 psi	100 psi	100 psi	87 psi	100 psi
<b>TEMPERATURA MAXIMA</b>	180°C	120 °C	180 °C	180 °C	200°C
<b>PRECIO (MN)</b>	\$ 1,340.00	\$ 2,730.00	\$2, 340.00	\$ 1,860.00	\$ 420.00
<b>NORMAS</b>	ISO 10631:1994	ASME A404	ISO 10631:1994	TSEK, ISO 9001:2000	NOM, ISO 9001:2000
<b>PROVEEDOR</b>	USA, MEX	USA	USA	MEX	MEX
<b>IMAGEN</b>					

ISO: International Organization for Standardization  
ASME: American Society of Mechanical Engineers  
TSEK: Quality sufficiency certificate. (Turquía)  
NOM: Norma Oficial Mexicana

## 5.4 Resultados obtenidos

### Controles de temperatura:

Se determina el uso del control de temperatura marca “Atto.”, Mod. CMP 15, debido a las siguientes razones:

Es de fácil programación por parte del operario, por ser de tipo analógico. En la visualización de la temperatura actual utiliza LEDS de colores, que brindan al operador una fácil visualización del estado actual de la variable a controlar. No utiliza galvanómetro, por lo que está libre de fallas en partes mecánicas. El rango de temperatura de trabajo es estrecho, por lo que tiene buena resolución. Acepta termopares de diversos tipos. Está certificado bajo una norma oficial mexicana, lo cual garantiza el buen desempeño del instrumento. Es de distribución Nacional. Es de precio accesible.

### Sensores de temperatura:

Se determina el uso del sensor de temperatura marca “TEIGSA” Mod. TG- 03, debido a las siguientes razones:

Es de construcción robusta, de acero inoxidable, por estar montado a las bridas de la máquina permite libertad de desensamble de brida sin necesidad de quitar el sensor. Esto representa una ventaja cuando se da mantenimiento preventivo a la máquina. El rango de temperatura de trabajo es estrecho, por lo que tiene buena resolución. Están fabricados bajo las normas DIN 43710 y DIN 43712. El precio es accesible y el fabricante es Nacional.

### Electroválvulas hidráulicas:

Se determina el uso de la electroválvula hidráulica marca “ALCON” modelo AC-236 debido a las siguientes razones:

- Rango amplio de voltaje de operación de la bobina.
- Precio muy accesible.
- Proveedor Nacional.

## Capítulo 6

# Diagnóstico de componentes. Resultados obtenidos

El diagnóstico como concepto se refiere al acto de conocer la naturaleza de un problema o falla de un componente eléctrico, electrónico o mecánico, mediante la observación y análisis de su respuesta.

La conclusión de este proceso es el dictamen técnico del componente, según los resultados obtenidos al hacer las pruebas de los componentes.

Es importante realizar un diagnóstico de los componentes que integran el sistema de control objeto de este trabajo, ya que al hacerlo se previene una o varias fallas en el sistema ya integrado a la máquina, que pudieran ocasionar un gran número de problemas difíciles de localizar durante la puesta en marcha y en la operación regular del equipo.

En este trabajo se realizó el diagnóstico de los componentes mecatrónicos en el laboratorio, utilizando equipos de calibración y medición, para lograr el fin deseado.

Se tomarán referencias para hacer las comparaciones correspondientes con los resultados que arrojen las pruebas hechas a los componentes.

A continuación se detallan los diagnósticos hechos a cada uno de ellos:

### **6.1 Control de temperatura**

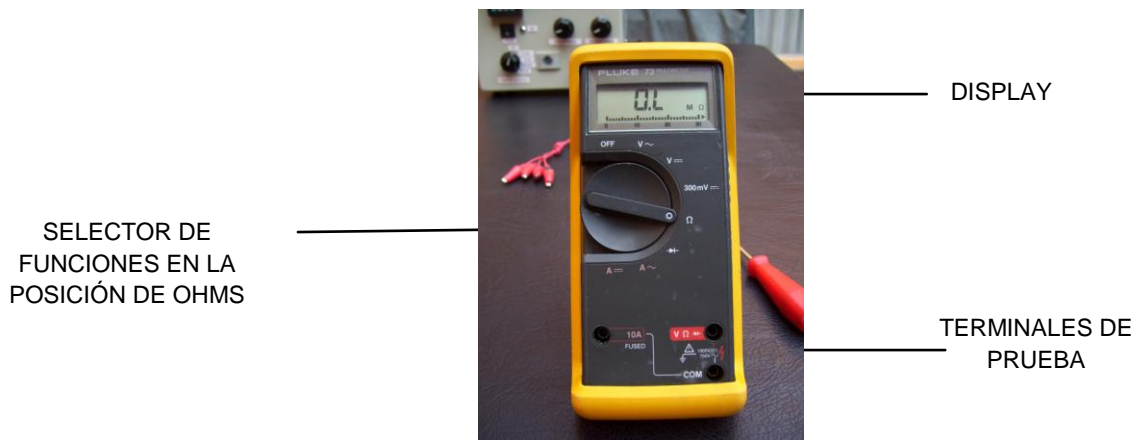
Instrumento de referencia: Equipo patrón para calibración de controles de temperatura marca "SIMCAL" modelo SIM-01-CAL.

Principio de funcionamiento: Proporciona una salida de mV proporcional a la temperatura indicada en el display.

Imágenes de los instrumentos. Funciones utilizadas

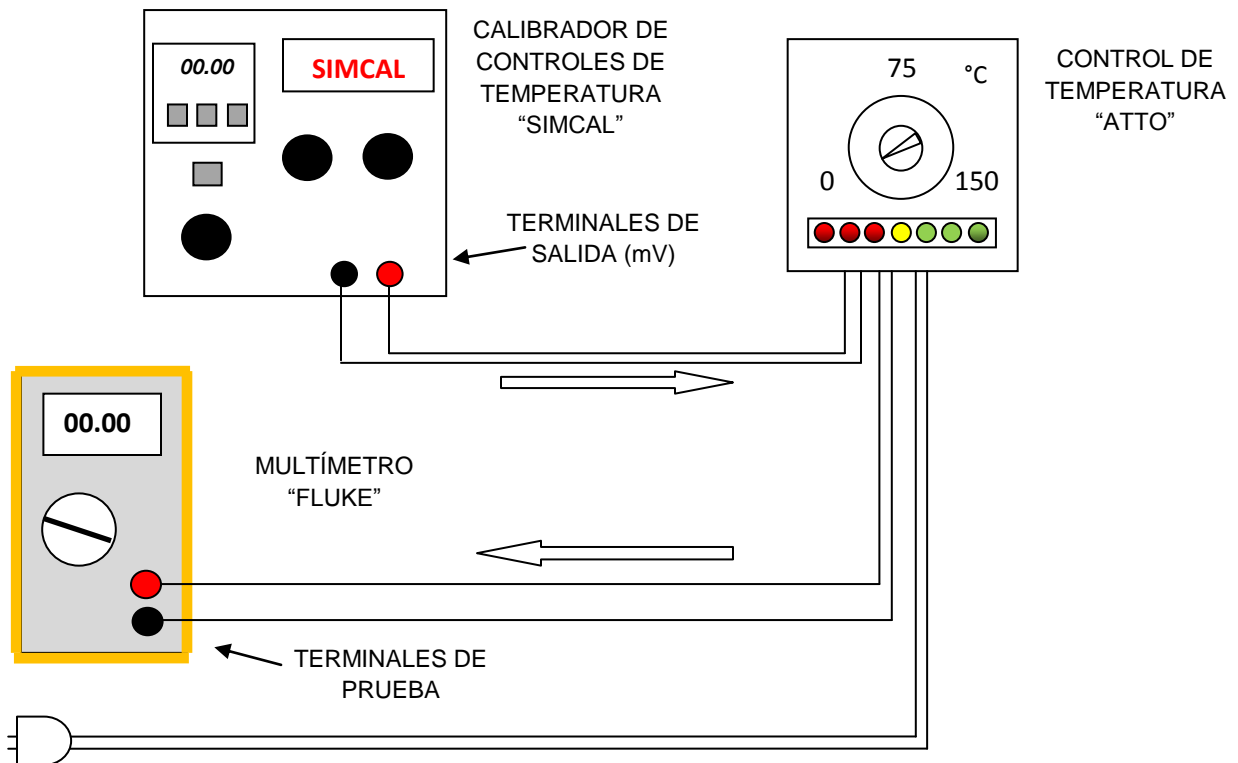


**FIGURA 6.1 CALIBRADOR DE CONTROLADORES DE TEMPERATURA Y SENSORES MARCA SIMCAL MOD. SIM-01-CAL.**



**FIG. 6.2 MULTÍMETRO MARCA FLUKE MODELO 73**





ALIMENTACIÓN 110 VCA AL CONTROL DE TEMPERATURA.

**FIG. 6.3 CIRCUITO DE PRUEBA**

Procedimiento de prueba:

Alambrar el circuito como se muestra en la figura 6.3, sin energizar los instrumentos.

Conecte las terminales de salida del calibrador "SIMCAL" a las terminales de entrada de la señal del sensor (Termopar tipo "J"), observando la polaridad adecuada.

Conectar las terminales de prueba del multímetro "Fluke" a la salida de contacto (de relevador) del controlador de temperatura.

Conectar el cable de alimentación de CA. No energice el controlador.

Encienda el calibrador "SIMCAL" y coloque las perillas en las posiciones adecuadas para generar una salida de milivolts. En el display aparecerá la temperatura correspondiente al nivel de salida en las terminales del instrumento.

Encienda el multímetro "Fluke" y coloque el selector en la posición de "ohms".

Gire la perilla del potenciómetro para regular el nivel de salida de mV en el calibrador "SIMCAL" hasta que aparezca en el display una lectura de temperatura dentro del rango en el cual deseamos realizar las pruebas. (Por ejemplo, en el caso de nuestra aplicación es conveniente elegir un rango de 5 a 50°C, debido a que dentro de él se encuentra el rango de temperaturas en el proceso).

Gire la perilla de set point del control de temperatura hasta alcanzar un valor cercano al ajustado en el calibrador.

Encienda el control de temperatura.

Varíe mediante la perilla del calibrador la temperatura, para comprobar el punto donde el control realiza el cambio en el estado del contacto de salida.


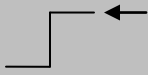
Verifique el buen funcionamiento del contacto de salida del control de temperatura siguiendo el siguiente criterio: circuito abierto: resistencia infinita; circuito cerrado: resistencia muy cercana al valor “cero ohms”. (Si en circuito cerrado el contacto indica una lectura superior a 0.6 ohms, el contacto se considera defectuoso).

Ajuste la perilla del set point del control de temperatura a diferentes valores, en un rango cercano al de trabajo de la máquina.

Los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio para los controles de temperatura se muestran en la tabla 6.1.

Nota: Para fines prácticos se muestran solamente los resultados obtenidos en un control de temperatura.

**TABLA 6.1 RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO PARA CONTROL DE TEMPERATURA**

TEMP REF. SIMCAL (°C)	TEMP SET POINT CONTROL (°C)	TEMP CORTE ASCENDENTE (°C) 	TEMP CORTE DESCENDENTE (°C) 	RESULTADO
3 a 7	5	4	6	Ok
8 a 12	10	9	11	Ok
13 a 17	15	14	16	Ok
18 a 22	20	19	21	Ok
23 a 27	25	24	26	Ok
28 a 32	30	29	31	Ok
33 a 37	35	34	36	Ok
38 a 42	40	39	41	Ok
43 a 47	45	44	46	Ok

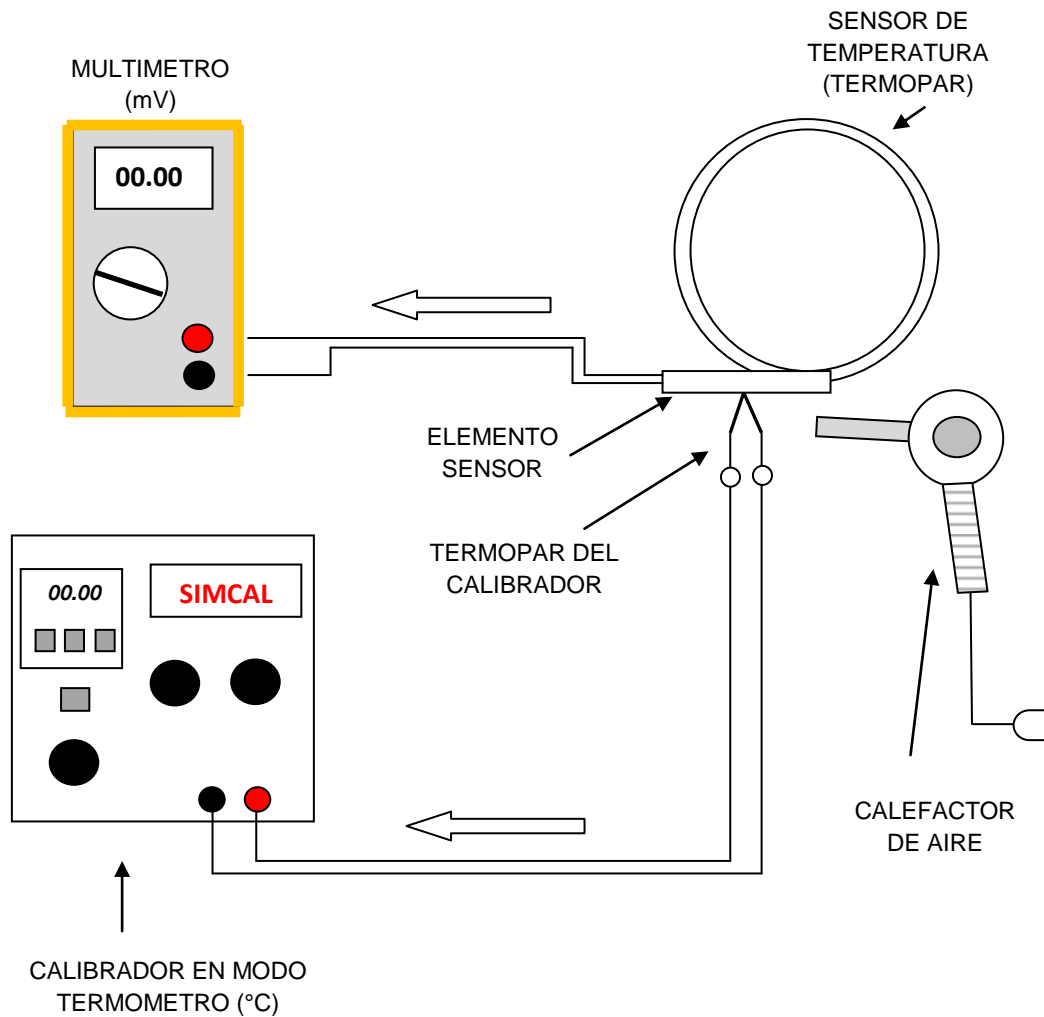
Se concluye que los controles de temperatura están en condiciones normales de trabajo.

## 6.2 Sensor de temperatura

Instrumento de prueba: Multímetro marca Fluke modelo 73.

Imágenes del instrumento: Se muestra en la sección anterior “diagnóstico del control de temperatura”.

Funciones utilizadas: Escala de mili volts.



**FIG. 6.4 CIRCUITO DE PRUEBA PARA EL SENSOR DE TEMPERATURA**

Procedimiento de prueba:

Alambrar el circuito como se muestra en la figura 6.4. Ahora el calibrador de temperaturas se configura en el modo termómetro (se debe posicionar el selector en "TC IN", que significa entrada de termopar. En esta función, el instrumento recibirá la señal del termopar del calibrador. Este termopar se deberá colocar físicamente junto con el elemento sensor de temperatura que deseamos probar.

El tipo de la prueba será por comparación, utilizando la tabla 6.2 de referencia normalizada por la ASTM que se muestra a continuación.

Nota: Se utilizó únicamente el rango de temperaturas de la aplicación en este trabajo.

**TABLA 6.2 VALORES DE TEMPERATURA (°C) VS EMF (mV)**

TEMP (°C)	EMF (mV)	TEMP (°C)	EMF (mV)
5.0	0.25	30.0	1.54
10.0	0.50	35.0	1.80
15.0	0.77	40.0	2.06
20.0	1.02	45.0	2.32
25.0	1.28	---	---

Encienda el multímetro y coloque la perilla en la posición de mV.

Encienda el calibrador SIMCAL para visualizar en el display la temperatura detectada por su termopar.

Acondicione la temperatura de los sensores de tal manera que se puedan enfriar o calentar en el rango de 5 a 45°C. (Nota: Se puede utilizar un atomizador de aire comprimido para enfriar los sensores o una pistola de aire caliente para elevar la temperatura (como lo muestra la figura).

Los resultados obtenidos de las pruebas se muestran en la tabla 6.3. El error máximo se observa en la prueba de 15°C. (1.29 %)

**TABLA 6.3 RESULTADOS OBTENIDOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO PARA SENSOR DE TEMPERATURA**

TEMP (°C) (SIMCAL)	Emf (mV) (MULTÍMETRO FLUKE)	RESUL TADO	TEMP (°C) (SIMCAL)	Emf (mV) (MULTÍMETRO FLUKE)	RESUL TADO
5.0	0.25	Ok	30.0	1.54	Ok
10.0	0.50	Ok	35.0	1.80	Ok
15.0	0.78	Ok	40.0	2.05	Ok
20.0	1.02	Ok	45.0	2.32	Ok
25.0	1.29	Ok	---	---	---

### 6.3 Electroválvula hidráulica

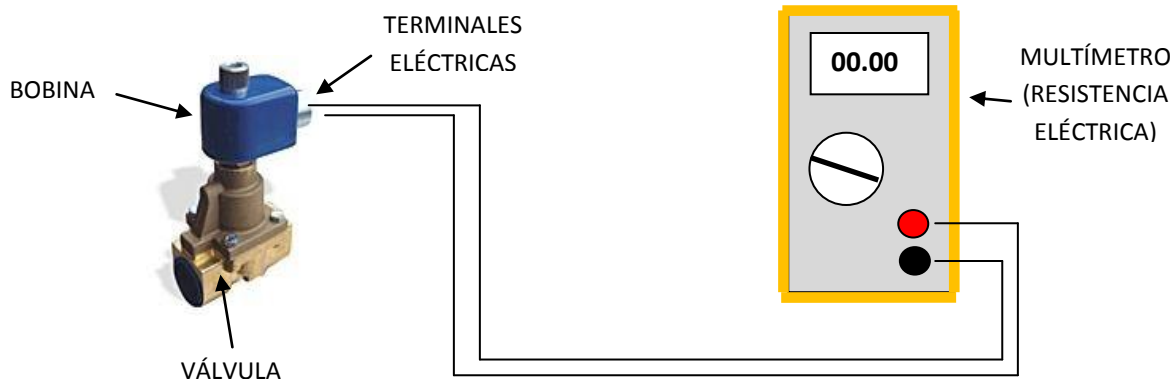
Instrumento de prueba: Multímetro marca Fluke modelo 73.

Imágenes del instrumento: Se muestra en la sección anterior “diagnóstico del control de temperatura”.

Funciones utilizadas: Escala de ohms.

Prueba 1:

Resistencia de la bobina.



**FIG. 6.5 CIRCUITO DE PRUEBA PARA ELECTROVÁLVULA HIDRÁULICA. RESISTENCIA DE LA BOBINA**

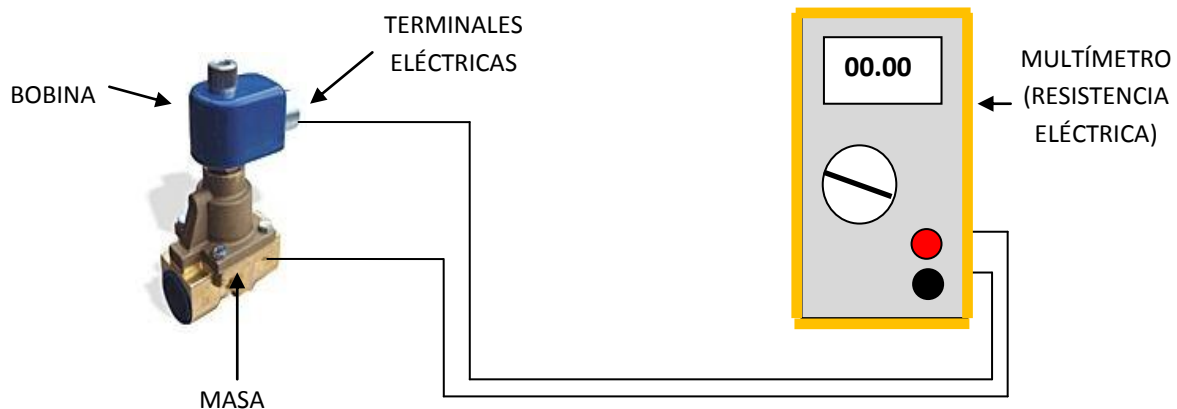
Procedimiento de prueba:

Se conectan las terminales del multímetro directamente a las terminales eléctricas de la electroválvula. Generalmente el fabricante especifica en la hoja técnica la resistencia eléctrica que debe tener la bobina de accionamiento de la electroválvula. En este caso el valor nominal es de 175 +/- 3 ohms.

El valor medido es: 174 ohms.

Resultado de la prueba: Satisfactorio.

Prueba 2: Aislamiento de la bobina a masa.



**FIG 6.6 CIRCUITO DE PRUEBA PARA ELECTROVÁLVULA. RESISTENCIA DEL AISLAMIENTO**

Esta prueba es importante ya que se puede prevenir un corto circuito a tierra si la resistencia del aislamiento de la bobina está defectuosa.

Procedimiento de prueba:

Primero se conecta una de las terminales eléctricas de la bobina a la terminal del multímetro.

Se ajusta el selector de escala a la posición máxima de resistencia.

Posteriormente se conecta la otra terminal del multímetro a la masa metálica de la bobina.

El valor de resistencia que nos debe indicar el multímetro deberá ser máxima (O.L. o infinito).

Valor medido de resistencia: O.L. (infinito).

Resultado de la prueba: Satisfactorio.

## Capítulo 7

# Integración de componentes.

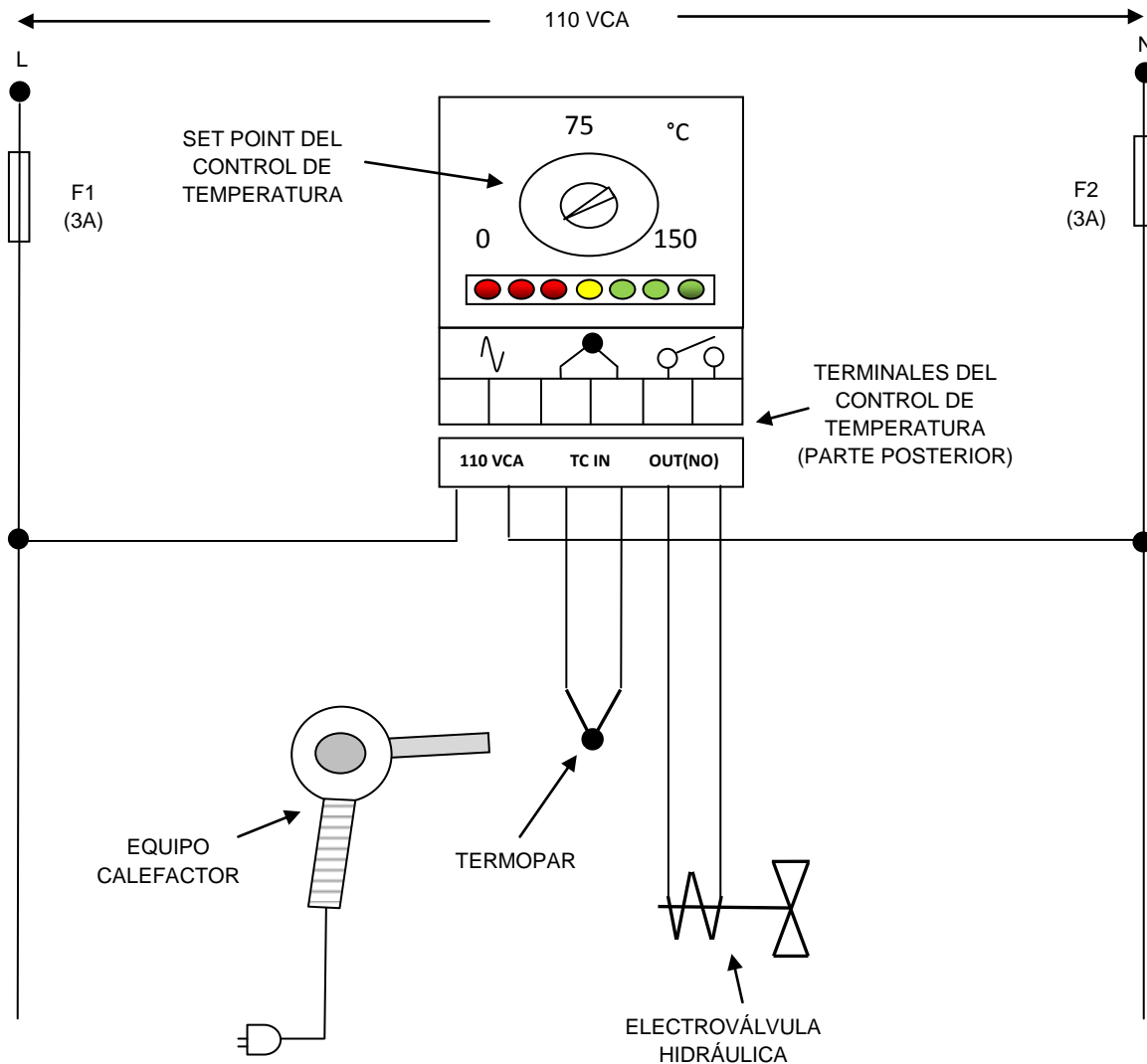
El presente capítulo trata de la integración de componentes desde dos puntos de vista:

Integración de componentes físicos en el laboratorio. Es importante realizar pruebas del comportamiento en el sistema de control a nivel prototipo, en el laboratorio. Lo anterior con el fin de realizar las pruebas necesarias para hacer una “simulación” del sistema de control en un entorno donde se pueda comprobar la respuesta del sistema ante las variaciones externas (como lo son el set- point del operador, la temperatura detectada por el sensor, la respuesta del actuador, etc.). Esta práctica nos llevará a experimentar y conocer de una manera sencilla, el comportamiento del sistema, en un laboratorio donde se interconecten y se tengan a la mano todos los componentes del sistema.

Integración de componentes en la máquina. Una vez realizados los ensayos en el laboratorio, se cuenta con la experiencia suficiente para instalar los componentes en la máquina y así estar preparados para las pruebas y ajustes necesarios. Es importante aclarar que estas pruebas y ajustes se realizaron, pero no se incluyen en el alcance de este trabajo.

### **7.1 El sistema de control de temperaturas, como prototipo de laboratorio. Resultados obtenidos**

Una vez realizado el diagnóstico de todos los componentes que se utilizan en el sistema de control de temperaturas, se procede a interconectarlos con la finalidad de realizar un prototipo para simular la acción de control de temperaturas.



**FIG. 7.1 CIRCUITO DE LA INTEGRACIÓN DE COMPONENTES**

Simulación de la acción del control de temperaturas.

Al asegurar que los componentes del sistema de control se encuentran integrados, se conecta la alimentación de 110 VCA. El set point se ajusta a 40°

La electroválvula en este momento deberá permanecer encendida, es decir, simulando que el agua caliente está fluyendo a través de ella.

Se eleva gradualmente la temperatura con el equipo calefactor (generador de aire caliente). Se observa un corrimiento en los leds indicadores tendiendo hacia el led central (amarillo). Cuando el led amarillo está próximo a encender, es decir que cualquiera de los leds adyacentes se enciende, esto significa que la temperatura detectada en el sensor es muy cercana a la que se ajustó en el set point (error mínimo). Al encenderse el led amarillo, existe una indicación de que la temperatura detectada en el termopar es igual a la del set point (error cero).

En estas condiciones, la electroválvula se desactiva (apagada), impidiendo el paso de agua caliente a la máquina.



Se aumenta nuevamente la temperatura del set point, por ejemplo a un valor de 60°C, y se repite el procedimiento anterior, para comprobar que al alcanzar el termopar la temperatura programada, la electroválvula vuelve a desactivarse (cerrada).

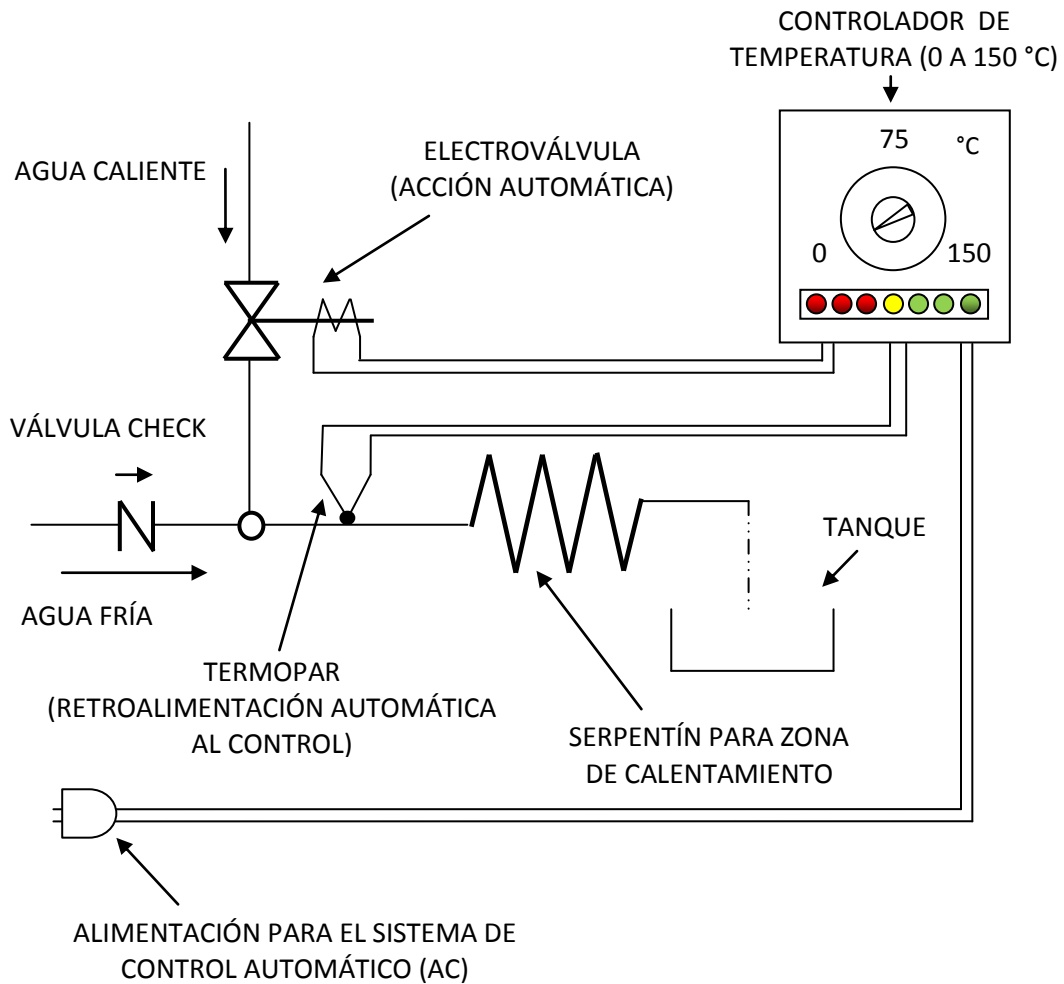
Resultados obtenidos.

En esta prueba, se asume que la calibración tanto del control de temperatura como del termopar que se usará en el proceso son correctas, dado que ya se realizó previamente una prueba de comparación (calibración) del control de temperatura contra un instrumento patrón (SIMCAL), así como con referencia a la tabla de milivolts (emf) contra temperatura (°C). (Ver capítulo 8, secciones “Diagnóstico de control de temperatura” y “Diagnóstico de sensor de temperatura”)

Al realizar las pruebas descritas en la sección anterior, se concluye que el sistema funciona adecuadamente a los cambios de temperatura registrados en el sensor, comparados contra la indicación visual de los leds, y del accionamiento oportuno de la electroválvula.

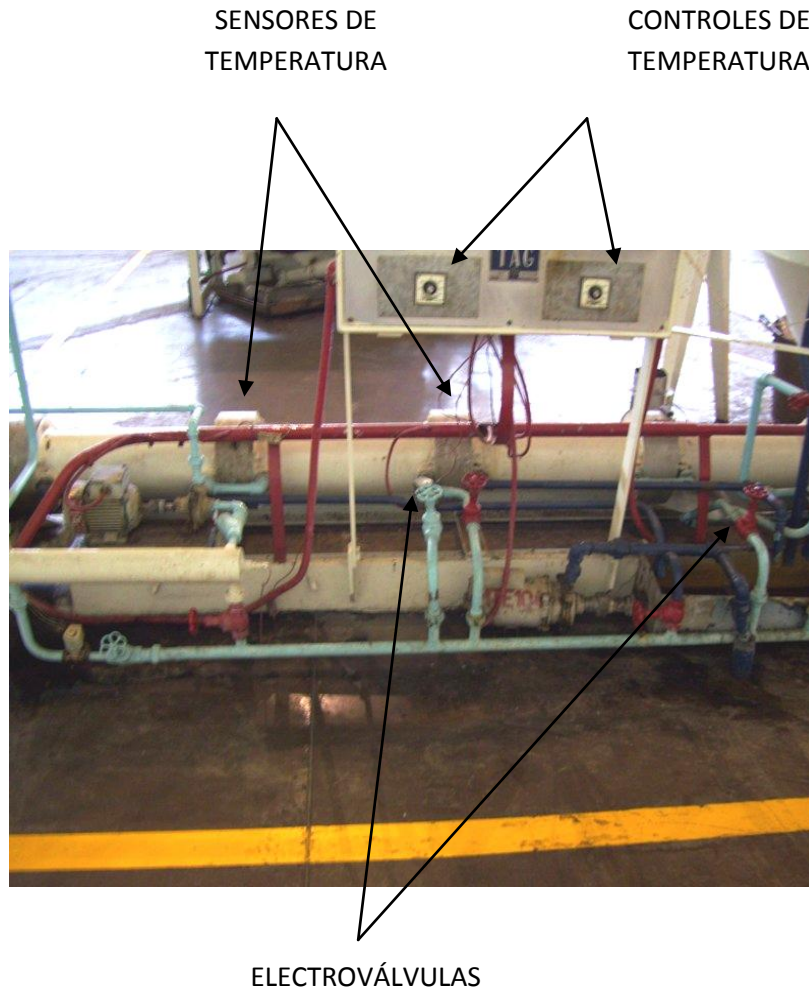
## **7.2 El sistema de control de temperaturas, integrado a la máquina. Resultados obtenidos.**

La figura 7.2 muestra la integración de los componentes para lograr en la máquina la función de control automático de temperatura.



**FIGURA 7.2 INTEGRACIÓN DE COMPONENTES MECATRÓNICOS**

La integración de los componentes instalados en la máquina temperadora se muestra en la figuras 7.3. Las figuras 7.4, 7.5 y 7.6 muestran las imágenes de los componentes de control. En la figura 7.7 se pueden apreciar con mayor claridad los tres sensores de temperatura instalados en las bridas de la máquina temperadora.



**FIG 7.3 COMPONENTES MECTRONICOS INTEGRADOS EN LA MÁQUINA TEMPERADORA**



**FIG. 7.4 CONTROL DE TEMPERATURA  
MARCA ATTO MOD CPM 15 DE 0 A  
150 °C**



**FIG 7.5 SENSOR DE TEMPERATURA  
MARCA TEIGSA MOD TG-03**



**FIG 7.6 ELECTROVÁLVULA MARCA ALCON MOD AC-236**



SENSORES INSTALADOS  
EN LAS BRIDAS

**FIG 7.7 VISTA POSTERIOR DE LA MÁQUINA TEMPERADORA**

### **7.3 Proceso de control automático de temperatura.**

Los sistemas de control se aplican en esencia para los organismos vivos, las máquinas y las organizaciones. Estos sistemas fueron relacionados por primera vez en 1948 por Norbert Wiener en su obra *Cibernética y Sociedad* con aplicación en la teoría de los mecanismos de control. Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados. Hoy en día los procesos de control son síntomas del proceso industrial que estamos viviendo.

Estos sistemas se usan típicamente en sustituir un trabajador que controla un determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador.

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

1. Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
2. Ser eficientes según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

### **7.4 Sistema de control de lazo cerrado**

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de lazo cerrado usan la retroalimentación desde la salida para ajustar la acción de control en consecuencia.

El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

Cuando un proceso no es regulable por el hombre.

El hombre no es capaz de manejar una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o distracción, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

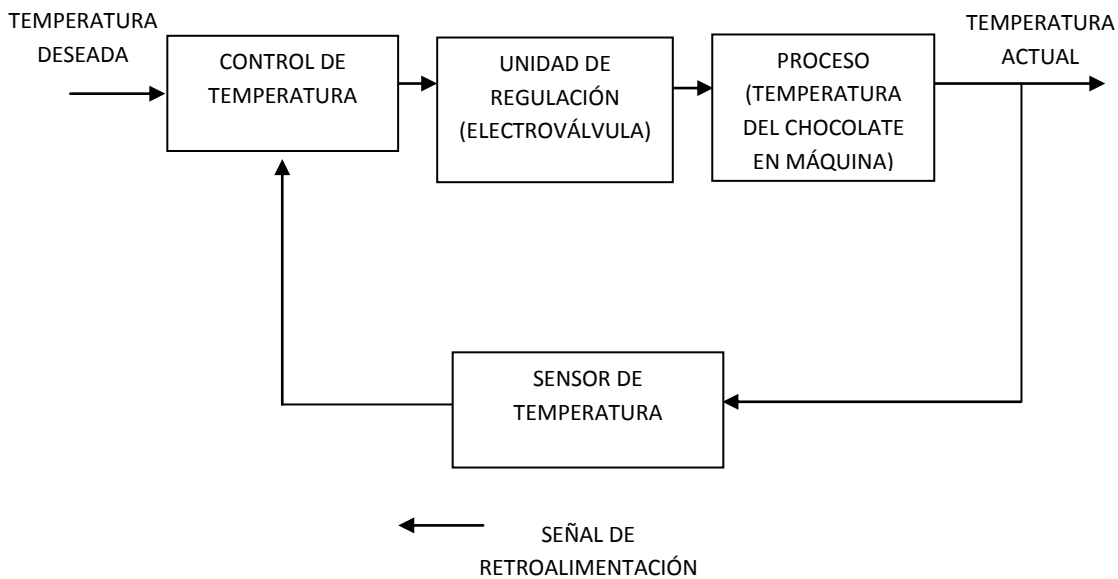
### **7.5 Características de un sistema de control de lazo cerrado**

Complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.

La salida se compara con la entrada y la afecta para el control del sistema.

Estos sistemas se caracterizan por tener un lazo de retroalimentación.

Son más estables a perturbaciones y variaciones internas.



**FIG. 7.8 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA DE CONTROL DE TEMPERATURAS EN LA MÁQUINA TEMPERADORA.**

Un sistema de control de lazo cerrado se puede representar de manera gráfica con la ayuda de los diagramas de bloques. A continuación se describe la función de cada bloque, así como de las entradas y salidas del sistema.

**Temperatura deseada:** También recibe el nombre de “set point” o valor de ajuste, o valor guía. Físicamente es la temperatura que el operador ajusta en la perilla del control de temperatura. Esta proporciona la información al sistema de control el valor deseado de la variable regulada.

**Control de temperatura:** Es el dispositivo electrónico que después de recibir la señal de comparación, aumenta o disminuye la señal de regulación, con la finalidad de mantener la temperatura actual en un valor lo más cercano posible al valor de la temperatura deseada.

**Unidad de regulación:** O también llamado “actuador”. Es el dispositivo que ejecuta la acción de regulación. En este caso, el control envía una señal eléctrica que “enciende” la electroválvula para permitir el paso del agua caliente a la máquina (serpentines de calentamiento). Cuando el valor de la temperatura actual ha alcanzado el valor de la temperatura deseada, dentro del control de temperatura se genera un error “cero”, obligando al actuador a cambiar su estado, y así interrumpir el caudal de agua caliente.

La salida del comparador electrónico es la señal de error. Esta señal se procesa y sirve para generar la señal eléctrica que saldrá del control hacia la unidad de regulación (actuador).

**Temperatura actual:** También se conoce como “señal regulada” o “valor real”; indica el valor actual que tiene la variable que se está controlando.

Proceso: También conocido como objeto a controlar, recibe modificaciones adecuadas entre las señales de entrada y de salida.

Sensor de temperatura: Detecta la variable a medir y la convierte en una señal eléctrica (transductor), que informa al control el valor actual de temperatura. Esta señal eléctrica se introduce al control en un comparador electrónico. Su valor se compara con el valor de la temperatura deseada.

El circuito formado desde la salida del sistema (temperatura actual) hacia la entrada del control es lo que conforma el lazo cerrado. Esta es la razón por la cual este tipo de sistema de control recibe el nombre de "sistema de control de lazo cerrado".

## Conclusiones

Mediante el uso de los componentes mecatrónicos de control propuestos e integrados en la máquina temperadora para el proceso industrial del chocolate, se logró rediseñar el sistema manual para controlar las temperaturas en la máquina temperadora en el proceso industrial del chocolate, mediante la integración de los componentes hidráulicos, electrónicos de control y sensores analógicos de tipo industrial, existentes en el mercado.

Además se obtiene la aprobación del proyecto por parte del cliente, quien ha quedado satisfecho respecto de las necesidades que originalmente fueron detectadas, con la ayuda de la aplicación de las metodologías aprendidas durante el programa de la maestría.

Se continuó monitoreando el desempeño de la máquina posteriormente a la entrega del proyecto, obteniendo respuestas satisfactorias por parte del cliente.

Cabe mencionar que al entregar el proyecto al cliente y realizar las corridas de prueba y los primeros lotes de producción, los operadores de la máquina temperadora agradecieron de manera verbal a un servidor por la contribución en su trabajo al sistema de control de temperaturas instalado en la máquina temperadora.

El costo final del proyecto (tal como se planteó en el capítulo 2 en la sección que se refiere a la inversión por parte del cliente) fue de \$ 2,364.00 USD, que representa un 11.82% de la mejor propuesta planteada por otros proveedores, lo cual representa una ventaja financiera considerable.

Se considera que este trabajo puede ser una guía de utilidad para los profesionistas que deseen conocer y aplicar las metodologías para detectar las necesidades del cliente y proponer e implementar la integración de componentes electrónicos de control, electromecánicos y de senseo, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial.



## Bibliografía

1. Ogata K., 2002. Modern Control Engineering. Prentice Hall, 4a. Edición
2. Watlow Electric Manufacturing Company, RTD and Type J Thermocouple meat piercing sensor for food service applications, Internet: <http://www.watlow.com>, consultado en el mes de enero de 2007, clave del catálogo: GOR-R/T5000-126
3. Watlow Electric Manufacturing Company, Outsourcing Thermal System Integration, internet: <http://www.watlow.com>, consultado en el mes de enero de 2007, clave del catálogo. DEC-WSD-106
4. Watlow Electric Manufacturing Company, Power series Controllers, internet: <http://www.watlow.com>, consultado en el mes de enero de 2007, clave de catálogo WIN-PS-79
5. Watlow Electric Manufacturing Company, Take Control of Temperature and Process Technology, internet: <http://www.watlow.com>, Consultado en el mes de enero de 2007, clave de catálogo COR-CPC-48
6. Watlow Electric Manufacturing Company, Thin film Wafer sensors, internet: <http://www.watlow.com>, Consultado en el mes de enero de 2007, clave de catálogo GOR-TFWS-79
7. Watlow Electric Manufacturing Company, La solución a sus aplicaciones de Calor, control y Temperatura, internet: <http://www.watlow.com>, Consultado en el mes de enero de 2007, clave de catálogo MEX-COR-109
8. Watlow Electric Manufacturing Company, Temperature Measurement Products, , internet: <http://www.watlow.com>, Consultado en el mes de enero de 2007, clave de catálogo PC-9192
9. Garrido Escalante Víctor Manuel, 1990, Influencia de diferentes tipos de leche en barras de chocolate de leche (tesis UNAM, Ingeniería en Alimentos)
10. Vélez Ignacio, 2008, Estadística para Ingenieros y Administración, Marcombo, 2ª edición

# Anexo1. Soporte de conclusiones propuestas

A1. Documentos soporte de aprobación del proyecto por parte del cliente  
(Fábrica de Chocolate La Frontera, S.A. de C.V.)

  
Fábrica de Chocolate La Frontera, S.A. de C.V.

Sábado 21 de Noviembre del 2009


Ing. Miguel Ángel Gallegos Guerrero.

PRESENTE

Por este conducto y para los fines que a usted convengan, hago constar que se ha recibido a nuestra entera satisfacción en lo concerniente a las especificaciones de su propuesta técnica y financiera, la máquina temperadora marca Carle y Montanari que es propiedad de la empresa "Fábrica de Chocolate La Frontera", con las modificaciones realizadas por usted, consistentes en la instalación de tres sistemas de control de temperatura con componentes electrónicos y de control de tipo industrial.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente:

  
Ing. Victor Manuel Garrido Escalante  
Coordinador de Producción, Calidad y Desarrollo de Productos

Una empresa dirigida por Administración Técnica del Centro, S.C.

Periférico Norte No. 2040 Colonia Las Flores C.P. 78109 San Luis Potosí, S.L.P. Tel. (444) 823-33-44 Fax (444) 823-33-37

**Carta No 1. Recepción de la máquina a satisfacción del Cliente.**

San Luis Potosí, S.L.P. A 21 de Noviembre de 2009

**Ing. Miguel Ángel Gallegos Guerrero.**  
**PRESENTE**

Por este conducto y para los fines que a usted convengan, comunico a usted que posterior a la entrega de la máquina temperadora marca Carle y Montanari que es propiedad de "Fábrica de Chocolate La Frontera", en la cual usted realizó la automatización para el control de las temperaturas en las tres zonas de temperado, se ha realizado un monitoreo continuo con la finalidad de verificar el desempeño de la máquina, actividades que han arrojado resultados satisfactorios.

El personal encargado de la operación y el mantenimiento preventivo de la máquina realiza sus actividades de manera regular, sin problema alguno.

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Atentamente,

  
Ing. Manuel Gómez Compeán  
Gerente de Producción

Una empresa dirigida por Administración Técnica del Centro, S.C.

## A2. Encuesta para justificación de conclusión de tesis

### Conclusión propuesta por el sustentante:

*“Se considera que este trabajo puede ser una guía de utilidad para los profesionistas que deseen conocer y aplicar las metodologías para detectar las necesidades del cliente y proponer e implementar la integración de componentes electrónicos de control, electromecánicos y de senseo, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial”.*

### A2.1. Cuestionario de la encuesta aplicada:

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la *“Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate”*?

<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>POBRE</b>
------------------	--------------	----------------	--------------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>POBRE</b>
------------------	--------------	----------------	--------------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>POBRE</b>
------------------	--------------	----------------	--------------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>POBRE</b>
------------------	--------------	----------------	--------------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la Aplicación de la mecatrónica?

<b>EXCELENTE</b>	<b>BUENO</b>	<b>REGULAR</b>	<b>POBRE</b>
------------------	--------------	----------------	--------------

## A2.2 Parámetros generales de la encuesta

<b>Tipo de instrumento</b>	Encuesta
<b>Dirigida a</b>	Estudiantes del programa de Maestría en Ingeniería Mecatrónica, UNAM - ITSSLP,C, primera y segunda generación
<b>Total universo (estudiantes)</b>	24
<b>Muestra</b>	16 (66.6% del total)
<b>Ponderación del instrumento</b>	Excelente: 20 pts. BUENO: 15 pts. REGULAR: 10 pts. POBRE: 5 pts.
<b>Metodo estadístico</b>	Descriptivo, con análisis de pareto

A2.3 Documentos generados en la encuesta aplicada a los estudiantes de la Maestría en Ingeniería Mecatrónica, primera y segunda generación.  
(Nota: La muestra es de 16 encuestados)

①

Universidad Nacional Autónoma de México

**ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS**

Nombre del encuestado (opcional)	
Fecha <i>23/11/2009</i>	

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<b>BUENO</b>	REGULAR	POBRE
-----------	--------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<b>BUENO</b>	REGULAR	POBRE
-----------	--------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<b>BUENO</b>	REGULAR	POBRE
-----------	--------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<b>EXCELENTE</b>	BUENO	REGULAR	POBRE
------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

<b>EXCELENTE</b>	BUENO	REGULAR	POBRE
------------------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	
---------------	--

**Documento 1. Encuesta**

2

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Luis Damian Alcjo Fuentes
Fecha	24 / Nov / 09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)  
Puntaje total 80

Documento 2. Encuesta



Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	
Fecha	25 - Nov - 09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	BUENO	<del>REGULAR</del>	POBRE
-----------	-------	--------------------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	
---------------	--

Documento 3. Encuesta



Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Gerardo Antonio Ramirez Cerda
Fecha	20-NOV-09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	<del>POBRE</del>
-----------	-------	---------	------------------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO	<del>REGULAR</del>	POBRE
-----------	-------	--------------------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO	<del>REGULAR</del>	POBRE
-----------	-------	--------------------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	55 Ptos.
---------------	----------

Documento 4. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	JESUS GABRIEL MARTINEZ ZARGAS
Fecha	20 NOV. 2009

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	85 Ptos.
---------------	----------

Documento 5. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	
Fecha	20/NOV/09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	90 Ptos.
---------------	----------

Documento 6. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Adriana del Pilar Montoya Castro
Fecha	20 - Nov - 09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	85 pts.
---------------	---------

Documento 7. Encuesta



Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	
Fecha	20 Nov '09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR	POBRE
-----------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	60 pts.
---------------	---------

Documento 8. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Rodolfo López Martínez
Fecha	20-Nov-09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	BUENO	<del>REGULAR</del>	POBRE
-----------	-------	--------------------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	BUENO	<del>REGULAR</del>	POBRE
-----------	-------	--------------------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	BUENO	<del>REGULAR</del>	POBRE
-----------	-------	--------------------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	60 Ptos.
---------------	----------

Documento 9. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Jorge Rodríguez P.
Fecha	20 / NOV / 2009

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

<input checked="" type="checkbox"/> EXCELENTE	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> REGULAR	<input type="checkbox"/> POBRE
---	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

<input checked="" type="checkbox"/> EXCELENTE	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> REGULAR	<input type="checkbox"/> POBRE
---	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

<input checked="" type="checkbox"/> EXCELENTE	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> REGULAR	<input type="checkbox"/> POBRE
---	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<input checked="" type="checkbox"/> EXCELENTE	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> REGULAR	<input type="checkbox"/> POBRE
---	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

<input checked="" type="checkbox"/> EXCELENTE	<input type="checkbox"/> BUENO	<input type="checkbox"/> REGULAR	<input type="checkbox"/> POBRE
---	--------------------------------	----------------------------------	--------------------------------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	100 Pts
---------------	---------

Documento 10. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Maricela Vega Valdés
Fecha	20/XI/09.

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	75 PTDs.
---------------	----------

Documento 11. Encuesta



Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	BATAZAR URBEBE AGUIRRE
Fecha	20 NOV 2009

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	100 PTOs.
---------------	-----------

Documento 12. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Juan Antonio Castro Villela
Fecha	

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

<del>EXCELENTE</del>	BUENO	REGULAR	POBRE
----------------------	-------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	100 Ptos.
---------------	-----------

Documento 13. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	José Ulises Martínez Maldonado
Fecha	20 Nov / 2009

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	75 Ptos.
---------------	----------

Documento 14. Encuesta

Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	Ing. Edgardo Rosales Sierra
Fecha	23-NOV-09

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica Miguel A Gallegos Guerrero, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	BUENO ✓	REGULAR	POBRE
-----------	---------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO ✓	REGULAR	POBRE
-----------	---------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	BUENO ✓	REGULAR	POBRE
-----------	---------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	BUENO	REGULAR ✓	POBRE
-----------	-------	-----------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	BUENO ✓	REGULAR	POBRE
-----------	---------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador.)

Puntaje total	70 Ptos.
---------------	----------

Documento 15. Encuesta



Universidad Nacional Autónoma de México

ENCUESTA PARA JUSTIFICACIÓN DE CONCLUSIÓN DE TESIS

Nombre del encuestado (opcional)	
Fecha	20/11/09.

1. En términos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la maestría en Mecatrónica **Miguel A Gallegos Guerrero**, que se refiere a la "Automatización de los sistemas de control de temperaturas en una máquina para el proceso industrial del chocolate"?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

2. ¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

3. ¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratándose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

4. ¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

5. En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?

EXCELENTE	<del>BUENO</del>	REGULAR	POBRE
-----------	------------------	---------	-------

(El siguiente espacio es para ser llenado por el aplicador)

Puntaje total	75 pts.
---------------	---------

Documento 16. Encuesta

**ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE ENCUESTA  
CONCENTRADO DE RESULTADOS**

METODOLOGÍA DE ESTADÍSTICA: Descriptiva

PREGUNTA	REDACCION	ENCUESTA NO. / PUNTOS																TOTAL	%
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
1	En terminos generales: ¿Conoces el proyecto de tesis del alumno de la Maestría en Mecatrónica <b>Miguel Angel Gallegos Guerrero</b> , que se refiere a la <b>"Automatización de los sistemas de control de temperatura en una máquina para el proceso industrial del chocolate"</b> ?	15	15	5	5	15	20	15	20	10	20	15	20	20	15	15	15	240	75
2	¿Consideras que este trabajo puede ser una guía de utilidad para tomar referencias en la elaboración de tu tesis para la obtención del grado de maestría en mecatrónica?	15	15	15	10	20	20	15	15	15	20	15	20	20	15	15	15	260	81
3	¿Consideras que el trabajo de tesis mencionado te pudiera servir como guía para conocer la aplicación de algunas metodologías para detectar las necesidades del cliente, tratandose de un proyecto propuesto a una empresa del sector industrial?	15	15	15	15	15	15	15	15	10	20	15	20	20	15	15	15	250	78
4	¿Consideras que el trabajo de tesis en referencia te pudiera ser de utilidad si tuvieras la necesidad de proponer e implementar la integración de componentes mecatrónicos, para realizar una función de control de lazo cerrado, en un proceso industrial?	20	20	20	15	20	20	20	15	10	20	15	20	20	15	10	15	275	86
5	En términos generales: ¿Consideras que tiene alguna contribución el trabajo propuesto por el sustentante, desde el punto de vista de la aplicación de la mecatrónica?	20	15	20	10	15	15	20	15	15	20	15	20	20	15	15	15	265	83

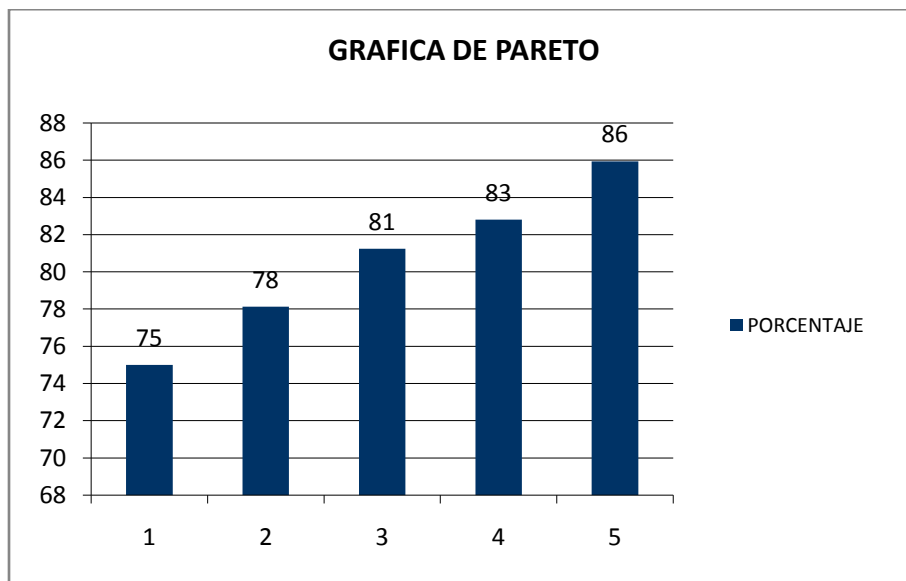
**Nota:** El diseño de la encuesta se basa en reactivos que se ubican en el nivel ordinal, lo cual significa que se asignó un valor a cada opción:  
 EXCELENTE 20  
 BUENO 10  
 REGULAR 15  
 POBRE 5

## A2.5 Tablas de resultados y grafica de pareto

PREGUNTA	PORCENTAJE	PREGUNTA	PORCENTAJE
1	75	1	75
2	81	2	78
3	78	3	81
4	86	4	83
5	83	5	86

TABLA ORIGINAL DEL  
CONCENTRADO DE RESULTADOS

TABLA DE PARETO DEL  
CONCENTRADO DE RESULTADOS



## A2.6 Análisis de los resultados y acciones propuestas

Los datos considerados de mayor relevancia observados en la gráfica de pareto, para tomar acciones convenientes que nos lleven a fortalecer y dar validez a la propuesta de conclusión de tesis, son los que se observan en las preguntas 1 y 4

**Pregunta 1:** Se observa que los encuestados tienen un nivel regular de conocimiento del trabajo del sustentante (75%).

**Acciones propuestas:** Realizar nuevamente la presentación del proyecto del sustentante, con la finalidad de propiciar el interés en los participantes sobre algún tema en particular del contenido, que contribuya al desarrollo de sus propios trabajos.

**Pregunta 4:** Se observa que los encuestados tienen un grado de interés importante (86%) en el conocimiento de los conceptos relacionados con la "integración de componentes mecatrónicos", las "funciones de control de lazo cerrado" y en "los procesos industriales".

**Acciones propuestas:** Reforzar el acercamiento con el sector industrial para ofrecer soluciones a sus líneas de producción o ensamble, a través de proyectos mecatrónicos ofrecidos por los alumnos y asesores del programa de Maestría en Mecatrónica.