

41126  
98



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON**

**"APLICACION DE UN CONTROLADOR GRAFICADOR EN  
UNA ETAPA DE LA PRODUCCION DE LA CERVEZA"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO ELECTRICO ELECTRONICO**

P R E S E N T A N :

**JAIME RIVERA BERNAL  
VICTOR MANUEL GARCIA MENDOZA**

ASESOR DE TESIS: ING. BENITO ZUÑIGA VILLEGAS

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

JUNIO DE 2003



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.

**PAGINACION  
DISCONTINUA**

*A MIS PADRES:*

Hoy di un paso más en mi vida, un paso como varios que he dado lleno de satisfacción y alegría.

Recuerdo todas las palabras, consejos e incluso regaños y gracias a esto soy lo que ustedes han querido y anhelado siempre.

Sin ustedes no hubiera podido llegar a concluir mis metas.

Sin ustedes hubiera muerto en el momento en que más quería vivir.

Siempre han sido mi único Ideal: Mi madre siempre estando detrás de mí y llevándome por el buen camino como cuando las aves llegan a su destino final. Mi padre siempre dándome el ejemplo exacto y llenándome de su sabiduría material y espiritual. Me enseñaron lo más grande del mundo: nunca desistir y esforzarse día a día para forjar una familia como lo somos hasta hoy los cinco. Nunca terminaré de agradecer lo que han hecho de mí y de mis hermanos. Me siento muy orgulloso de ustedes y siempre lo sentiré, conduciré mi vida con todo el amor que me han dado y con todos sus ejemplos.

Gracias por todas sus enseñanzas.

Gracias por darme la vida.

Gracias por ser los padres más maravillosos del mundo.

Este esfuerzo y ésta tesis es para ustedes.

*LOS AMO*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

B

*A MIS HERMANOS:*

Todos los momentos que hemos pasado juntos desde niños compartiendo lo que he aprendido hacia ustedes serán imborrables para mi mente. Contarán conmigo más que un hermano como un amigo que los estará escuchando y apoyando siempre. Tomen este esfuerzo como un compromiso a nuestros padres y ojalá ustedes puedan obtener logros como estos y muchos mas, en verdad se los deseo: Yadira y Ernesto.  
Gracias por apoyarme en todo momento.  
Para ustedes mi amor y este esfuerzo.

*LOS AMO*

*A MI TIA UVA (Q.E.P.D.):*

Aunque ya no estés conmigo, quiero darte las gracias por lo que hiciste en mi infancia, por cuidarme y preocuparte por nosotros.  
En donde quiera que estés te mando este esfuerzo que es para ti.

*SIEMPRE TE QUERRE*

*A MIS MAESTROS:*

Gracias por darme a lo largo de la carrera toda su paciencia y sabiduría que es parte de mi enseñanza. Gracias al Ing. Benito Zúñiga Villegas por habernos llevado durante todo este proceso.

*GRACIAS*

*A MI AMIGO JAIME:*

Por haber sido un amigo ejemplar en todos los sentidos, por haberme dado la oportunidad de tomar parte de esta tesis, por compartir experiencias como realmente lo hacen los amigos. Siempre contarás conmigo.

*GRACIAS*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

C

*A MI PADRE*

Antes que nada quiero que sepas que estas palabras no son copiadas de otros trabajos, por lo que todo es muy sincero y con mucho cariño. Así que, quiero que te sientas muy orgulloso de mi tanto como mi abuelo lo estuviera por ti, ya que siempre he tratado de seguir tus pasos y tu forma de ser, para tratar si no ser el mejor por lo menos estar entre los mejores en todos los aspectos de la vida; como tú. Con lo anterior quiero decirte que estoy muy orgulloso de que seas mi padre, y sobre todo que te agradezco por todo lo que me has dado, por todo lo que me has y seguirás enseñando para ser alguien en la vida y tener mucho éxito. En verdad créeme que solo viviré para agradecerte siempre por lo que soy y seré el resto de mi vida. Además de que eres realmente la persona que me ha motivado a seguir preparándome, quien desarrolló en mi ese coraje, ese orgullo de conseguir lo que deseo, ese apetito de lograrlo, etc. Gracias papá, y recuerda siempre; que todo lo que hago o haga, está la intención de que estés orgulloso de mi, debido a que eres la persona a quien realmente admiro en la vida. De nueva cuenta gracias, por estar aquí conmigo y espero lo sigas estando siempre.

Finalmente compartiré unas líneas, las cuales siempre que leo me motivan y me llenan de ganas para intentar nuevos retos. Además de que son una gran verdad y por ello espero le sirvan a muchas personas y sobre todo, para que se den cuenta de lo afortunado que soy al tener como padre a una excelente persona digna de admirar y que se merece todo mi respeto y admiración. Y recuerda que para mi siempre serás el mejor, y en cada montaña que logre conquistar quiero que estés allí como lo haces siempre.....

*TE AMO*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## UN SER TRIUNFADOR

“ La gente triunfadora sabe lo que desea en cada aspecto de su vida. Quien no sabe a donde va, ya llegó, porque cualquier lugar es su destino. Una persona que no se fija metas es arrastrado por los vientos y mareas, corriendo peligro de hundirse en el inmenso mar de la humanidad.

El éxito no se mide en riquezas, sería un error llamar triunfadora a una persona sólo por el hecho que ésta posea riquezas o prestigio o por ambas cosas. El verdadero éxito se consigue cuando la persona logra equilibrar todos los aspectos de su vida: intelectual, familiar, económico, profesional o laboral. Durante el paso de la vida, los niveles de cada aspecto varían para generar el equilibrio entre ellos. Este equilibrio a su vez, genera la felicidad que es lo que interesa en nuestras vidas.

Es vital que las personas se impongan metas para cada aspecto de su vida, con la finalidad de alcanzar ese equilibrio tan deseado; motivo por el cual es de suma importancia realizar un plan de vida, un plan que contemple lo que uno desea lograr el día de mañana.

Para lograr esto, la planeación es el secreto del éxito, como lo hacen las grandes empresas. Nunca se es demasiado viejo para hacer planes, todos los jefes deberían de motivar a sus colaboradores para que éstos se impongan metas, aunque sean de un día para otro, o de una semana para otra, esto les servirá de práctica y adquirirán el habito de la planeación.

Por lo anterior, se les invita a que se fijen metas, pero que sean metas que correspondan a su grandeza, aunque deben ser alcanzables. No hay peor cosa que imponerse objetivos tan fuera de nuestro alcance, porqué lo único que se lograría sería la frustración y abandono del camino para alcanzar el éxito.

A mi manera de ver, la vida debe tomarse como un deporte, como una carrera de fondo. Es mejor verla de esta manera y no como una pesada carga, además el deporte se disfruta cuando se realiza siempre convencido y un trabajo es despreciado cuando se hace de mala gana.

El éxito lo podemos equiparar como cuando un alpinista ha alcanzado la cima de una montaña. Antes de iniciar la pesada subida, éste se prepara física y mentalmente, elabora después un plan de ascenso con varias alternativas por si alguna presentarse dificultades que no pueda superar, cuando inicia el ascenso lo hace paso a paso, tomando descansos programados, una vez que conquista la cima empieza a planear la conquista de otra montaña más alta o más difícil.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

¿ Cual es tu montaña y a dónde deseas llegar en cada aspecto de tu vida ?

Todo lo que te propongas lo vas a lograr, siempre y cuando creas en tus potenciales y sobre todo, si no te asustas con los obstáculos que se vayan presentando en tu vida. Sin duda si te lo propones, encontrarás al fin tu verdadero camino."

*Pedro Rivera*

*A MI MADRE:*

A ti también te agradezco mucho, de hecho tú eres el complemento de lo que ahora estoy empezando a ser. Ya que sin ti, sin tus consejos, tu cariño y amor que nunca encontraré en otra mujer, no hubiera logrado nada. De hecho también estoy muy orgulloso de ti, por la forma en que nos das todo tu amor, y sobre todo por la forma de cuidarnos y desearnos siempre lo mejor. Hasta aquí, solo es un momento de los muchos que quiero que también te sientas orgullosa de mi, ya que espero y trataré de que sean muchos más.

Y aunque no lo creas, tu fuiste la percusora, la persona que siempre me estuvo diciendo, quien me hizo ver la realidad de la vida y que me ponía como ejemplo y motivación a mi padre. Gracias mamá, todo lo que soy y seré también es por ti, por lo que espero que con estos momentos este cumpliendo como hijo. También a ti te pido que siempre estés conmigo, y recuerda que me harás falta el resto de mi vida; así que quiero que siempre estés allí...en esos momentos importantes en mi vida y espero nunca defraudarte. Gracias por todo.

*TE AMO*

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

F

*A MIS HERMANOS:*

A ustedes ya que de una u otra forma somos de la misma sangre, de los mismos padres, y que vivimos y convivimos con ellos, por eso espero que con este trabajo y momento reflexionen y les sirva de motivación; ya que siempre he tenido como mentalidad y tal vez como objetivo, el tratar de ponerles el ejemplo y ser la prueba de que ustedes también pueden. Recuerden por favor, que la única forma de pagarles todo a nuestros padres, es haciendo que se sientan orgullosos de nosotros. Se que ustedes son igual o mejores que yo, y por esa simple razón también conquisten esas montañas y traten de buscar nuevos y más grandes retos. Finalmente, gracias Marco A., Sergio y Víctor H. Por estar en esta conquista conmigo.

*LOS QUIERO MUCHO*

*A MIS PROFESORES:*

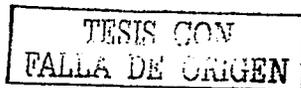
En una forma general, también les agradezco a todos y cada uno de los profesores de la ENEP Aragón; de los cuales recibí mi preparación profesional. En especial al Ing. Benito Zúñiga Villegas con quien tuve la oportunidad de cursar algunas materias a lo largo de mi carrera, y que al final de la misma me acepto la invitación de ser el asesor para este trabajo de tesis.

*GRACIAS ING. ZUÑIGA*

*A MI COMPAÑERO  
Y AMIGO:*

Gracias Victor M. García M. Por demostrarme que eres una persona en la cual puedo confiar y que tengo la fortuna de conocer desde hace muchos años. Además te agradezco por creer en mi y colaborar fuertemente en la realización de este trabajo de tesis, el cual tal vez no hubiera logrado sin tu ayuda.

*GRACIAS VICTOR*



G

# **"Aplicación de un controlador graficador en una etapa de la producción de la cerveza"**

Capitulado.-

Objetivos y justificación.....	iii
Introducción.....	iv
I.- Conceptos y métodos en el control de sistemas.....	1
I.1.- Clasificación de los controles automáticos	
I.2.- Elementos de control automáticos industriales.....	1
I.2.1.- Controles actuantes	
I.2.2.- Acciones de control	
I.2.3.- Acción de dos posiciones o de si-no	
I.3.- Acción de control proporcional.....	5
I.4.- Acción de control integral.....	6
I.5.- Acción de control proporcional e integral.....	7
I.6.- Acción de control proporcional y derivativo.....	7
I.7.- Acción de control proporcional y derivativo e integral.....	9
I.8.- Efectos del elemento de medición en el comportamiento del sistema.....	9
I.9.- Controles proporcionales.....	10
I.9.1.- Sistemas neumáticos	
I.9.2.- Amplificadores neumáticos de tobera-aleta	
I.9.3.- Válvulas de accionamiento neumáticas	
II.-Etapas de la elaboración de la cerveza.....	13
II.1.- Historia de la cerveza.....	13
II.2.- Proceso de elaboración de la cerveza.....	21
II.2.1.- Definición de Cerveza	
II.2.2.- Materias primas	
II.3.- Elaboración.....	22
II.3.1.- Cebada y Malteo	
II.3.2.- Malteo	
II.3.3.- Limpieza y selección	
II.3.4.- Molienda	
II.3.5.- Maceración	
II.3.6.- Filtración	
II.3.7.- Cocción	
II.3.8.- Sedimentación	
II.3.9.- Enfriamiento	
II.3.10.- Inoculación de levadura y aireación	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

II.3.11.- Fermentación	
II.3.12.- Maduración	
II.3.13.- Dilución y filtrado	
II.3.14.- Tanques de almacenamiento de producto	
II.3.15.- Envasado	
III.- Planta de Dilución.....	32
III.1.- Funcionamiento de un sistema de dilución.....	32
III.1.1.- Ozonador	
III.1.2.- Tanque de mezcla	
III.1.3.- Destructor de ozono	
III.1.4.- Bombas de transferencia	
III.1.5.- Intercambiador de calor	
III.1.6.- Deareador	
III.1.7.- Calentadora	
III.1.8.- Válvula neumática de control de temperatura	
III.1.9.- Bomba de producto	
III.1.10.- Válvula neumática a la descarga de la bomba de producto	
III.1.11.- Carbonatador	
III.1.12.- Enfriador	
IV.- Elementos de control utilizados en la automatización del deareador.....	43
IV.1.- Controlador-gráficador ABB Kent Taylor, modelo COMMANDER 1900	
IV.2.- Transmisor de presión (WIKA)	
IV.3.- Termómetro de resistencia "RTD" (PT-100)	
IV.4.- Transductores I/P (corriente / presión)	
IV.5.- Sensor de nivel tipo inductivo "PATRIOT".	
V.- Aplicación del tema de tesis en el control del deareador.....	78
V.1.- Configuración del hardware para señales de campo.	
V.2.- Programación de las señales de campo.	
VI.- Conclusiones.....	94
Bibliografía.....	96

**Objetivos:**

- Reemplazar métodos de operación manual por un sistema automático de control.
- Tener evidencia para cumplir con estándares y normas de calidad.
- Optimizar recursos y tener así mayor productividad.
- Bajar el riesgo de accidentes, a los cuales estaban expuestos los operadores.

**Justificación:**

La propuesta de tesis se realiza de acuerdo a la necesidad de resolver áreas de oportunidad, dentro de una industria cervecera. La oportunidad de implementar un sistema de control el cual fue diseñado, instalado, configurado; da una grata satisfacción personal debido a que uno se da cuenta de la capacidad para resolver problemas y necesidades dentro de grandes industrias mexicanas. Una de las bases más importantes de esta propuesta de tesis, fue la capacitación teórica y práctica recibida durante nuestra preparación universitaria; ya que dichos conocimientos hacen que se comprenda un sistema de control y por ende se proponga la mejor solución de acuerdo a las herramientas del conocimiento adquirido en las aulas. Finalmente cabe mencionar, que es un gran logro y un gran reto para demostrar así, el buen nivel académico que tiene la Universidad Nacional Autónoma de México, y que uno como egresado forma parte del desarrollo tecnológico de la industria mexicana.

## **Introducción.-**

En la época de globalización que estamos viviendo, las empresas cada día se enfrentan a niveles muy altos de competitividad, donde los procesos de mejora continua se han convertido en una de las herramientas vitales para mantenerse en el mercado, por lo que les es necesario estar en constante innovación, actualizando sus sistemas de calidad, modernizando sus equipos de control en sus procesos y sobre todo capacitando a su personal, además de implementar otras herramientas y métodos que las hagan más productivas.

Un sistema de calidad de una empresa, es sin duda la filosofía que orienta los esfuerzos de todos sus integrantes, para mejorar en forma continua sus procesos de trabajo, garantizando de esta manera que los productos y servicios que provee excedan las expectativas del cliente.

En este sentido, la educación juega un papel muy importante en el proceso humano-social a través del cual se incorporan a los individuos y grupos, los valores y conocimientos de una sociedad determinada. También se puede definir como el proceso social básico para que las personas adquieran la cultura de la sociedad donde se desarrollan.

De esta manera, la educación es la base del desarrollo y perfeccionamiento del hombre, es la plataforma en la que sociedad y empresa fincan su crecimiento.

Actualmente, dentro del proceso de globalización los niveles de competitividad se rigen por nuevas reglas, en las que se encuentran: la información, la rapidez y el elemento que sobrepasa es la tecnología que se adquiere a través del conocimiento.

Para lograr estos elementos tan importantes, las instituciones educativas como la Universidad Nacional Autónoma de México, juegan un papel primordial, ya que mediante sus planes de estudio y sus profesores altamente preparados al contar con amplia experiencia en el campo laboral, tienen como objetivo primordial el preparar a sus alumnos, dándoles las herramientas necesarias, para enfrentarse a los retos que cada vez son más difíciles en el ámbito laboral.

Hablando muy concretamente, las carreras de ingeniería resaltan, sobre todo las que se imparten en esta Institución, y muy específicamente la carrera de ingeniería electrónica, donde se nos capacita en el manejo de la instrumentación, previéndonos de los conocimientos teóricos sobre el comportamiento de los sistemas de control, así como el funcionamiento práctico de los diferentes dispositivos electrónicos, entre otras muchas aplicaciones de la electrónica, que

nos ayudará a tener los conocimientos necesarios para así poder comprender, implementar, diseñar o mejorar sistemas de control.

Cabe destacar que a consecuencia de esos métodos de enseñanza, adquirimos una preparación profesional, que nos ayudará a poder enfrentar problemas dentro y fuera de las empresas. Todo esto aunado a nuestra experiencia laboral que es precisamente donde nacen las propuestas y surgen las ideas para contribuir al desarrollo del Sistema de Calidad de una empresa, que a su vez, esas ideas o propuestas benefician en forma muy importante a las empresas, ya que la intención de la mejora continua se encuentra en la confiabilidad y facilidad del trabajo, en que los equipos de control deben ser de fácil manejo, y sobre todo que los hagan cada vez más productivos.

Por consiguiente, este proyecto de tesis está diseñado para la aplicación de un controlador-gráficador marca ABB Kent Taylor, modelo COMMANDER 1900, que servirá para reemplazar métodos de control manual, ya que debido a sus características de funcionamiento, se adapta de forma adecuada; además de ser un equipo fácil de operar y de mantenimiento muy sencillo. Por otro lado, cuenta con dos sistemas de control de suma confiabilidad ya que son muy estables; y que decir de las ventajas obtenidas, al tener la capacidad de configurar e interpretar nuestras variables de proceso que queremos controlar o monitorear.

La aplicación de este proyecto de tesis se encuentra en una etapa donde se prepara agua por medio de la deaeración, es decir, el proceso en el que se tiene como primer paso la ozonificación del agua, para posteriormente bullirla, y finalmente carbonatarla. De esta manera preparamos el agua que se ocupará en la dilución de la cerveza.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO I**

---

# **CONCEPTOS Y MÉTODOS EN EL CONTROL DE SISTEMAS**

TESIS COM  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO I

### CONCEPTOS Y MÉTODOS EN EL CONTROL DE SISTEMAS

#### Introducción

Un control automático compara el valor efectivo de salida de una planta con el valor deseado, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La forma en que el control automático produce la señal de control recibe el nombre de *acción de control*.

En este capítulo se presentan las acciones de control básicas utilizadas comúnmente en los controles automáticos industriales. Primero se introduce el principio de operación de los controles automáticos y los diversos métodos de generación de las señales de control, como la derivada o la integral de la señal de error.

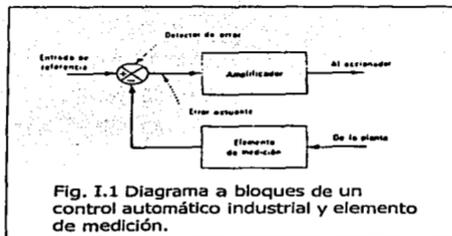
**I.1 Clasificación de los controles automáticos.** De acuerdo con su acción de control se pueden clasificar los controles automáticos industriales en:

1. Controles de dos posiciones o de si-no
2. Controles proporcionales
3. Controles integrales
4. Controles proporcionales e integrales
5. Controles proporcionales y derivados
6. Controles proporcionales y derivados e integrales

La mayoría de los controles automáticos industriales usan como fuentes de potencia la electricidad o un fluido a presión que puede ser aceite o aire. También se pueden clasificar los controles automáticos según el tipo de fuente de energía usada en su funcionamiento en controles neumáticos, hidráulicos o electrónicos. Que tipo de control usar depende de la naturaleza de la planta y sus condiciones de funcionamiento, inclusive consideraciones de seguridad, costo, disponibilidad, confiabilidad, precisión, peso y tamaño.

**I.2 Elementos de control automáticos industriales.** Un control automático debe detectar la señal de error actuante, que habitualmente se encuentra a un nivel de potencia muy bajo, y amplificarla a un nivel suficientemente alto. Por tanto, se requiere de un amplificador. La salida del control automático va a actuar sobre un dispositivo de potencia, como un motor neumático o válvula, un motor hidráulico o un motor eléctrico.

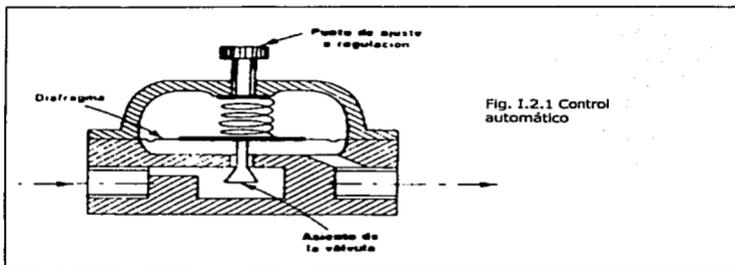
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



En la figura I.1 se tiene un diagrama a bloques de un control automático industrial y un elemento de medición. El control en sí consiste en detector de error y un amplificador. El elemento de medición es algún dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable adecuada, como un desplazamiento, presión o señal eléctrica, que pueda usarse para comparación de la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento se encuentra en el camino de la realimentación de lazo cerrado. Hay que convertir el punto de ajuste o regulación del control a una referencia de entrada de las mismas unidades que la señal de realimentación del elemento de medición. El amplificador efectúa la amplificación de la potencia de la señal de error actuante, la que a su vez opera sobre el accionador. (Frecuentemente se usa un amplificador juntamente con algún circuito de realimentación adecuado para modificar la señal de error actuante amplificándola y a veces derivándola o integrándola para lograr una señal de control mejor.) El accionador es un elemento que altera a la planta de acuerdo con la señal de control, de manera que se pueda poner en correspondencia la señal de realimentación con la señal de referencia de entrada.

**I.2.1 Controles actuantes.-** En la mayor parte de los controles automáticos industriales se usan unidades independientes como elemento de medición y como accionador. Sin embargo, en los muy simples, como en los controles autoactuantes, ambas unidades están reunidas en una sola. Los controles autoactuantes utilizan tomada del elemento de medición y son muy simples y económicos.

En la Fig. I.2.1 se puede ver un ejemplo de control autoactuante. El punto de ajuste queda determinado por el ajuste de la fuerza en el resorte. El diafragma mide la presión controlada. La señal de error actuante es la fuerza neta que actúa sobre el diafragma. Su posición determina la apertura de la válvula.



El funcionamiento del control autoactuante es el siguiente:

Supóngase que la presión de salida es inferior a la presión de referencia, según lo determina el punto de ajuste o regulación. Entonces la fuerza del resorte hacia abajo es superior a la fuerza ascendente de la presión, produciéndose un desplazamiento del diafragma hacia abajo. Esto aumenta el flujo y, por tanto, la presión de salida. Cuando la presión hacia arriba iguala a la fuerza del resorte hacia abajo, el vástago de la válvula permanece estacionario y el flujo es constante. Inversamente, si la presión de salida llega a ser mayor que la presión de referencia, se reduce la apertura de la válvula y disminuye el flujo a través de la misma. En un control como éste, el flujo a través de la apertura de la válvula es aproximadamente proporcional a la señal de error actuante.

**I.2.2.- Acciones de control.-** En los controles automáticos industriales son muy comunes los seis tipos siguientes de acción básica de control: de dos posiciones o si-no proporcional, integral, proporcional e integral, proporcional y derivativo y proporcional y derivativo e integral. En este capítulo se han de analizar los seis. Es importante comprender las características básicas de las diversas acciones para que el ingeniero de control pueda elegir la más adecuada para determinada aplicación.

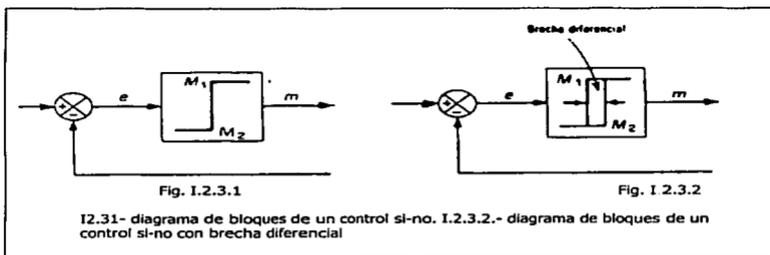
**I.2.3.- Acción de dos posiciones o de si-no.-** En un sistema de control de dos posiciones, el elemento accionador tiene solamente dos posiciones fijas, que en muchos casos son simplemente conectado y desconectado. El control de dos posiciones o de si-no es relativamente simple y económico, y por esta razón, ampliamente utilizado en sistemas de control tanto industriales como domésticos. Sea la señal de salida del control  $m(t)$  y la señal de error actuante  $e(t)$ .

En un control de dos posiciones, la señal  $m(t)$  permanece en un valor máximo o mínimo, según que la señal de error actuante sea positiva o negativa, de modo que:

$$m(t) = \begin{cases} M_1 & \text{para } e(t) > 0 \\ M_2 & \text{para } e(t) < 0 \end{cases}$$

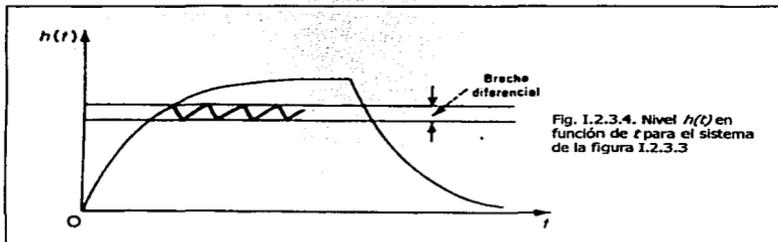
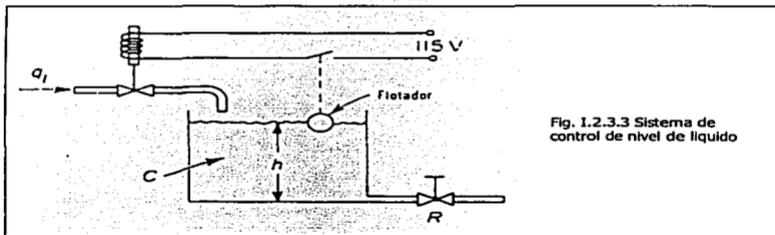
Donde  $M_1$  y  $M_2$  son constantes. Generalmente el valor mínimo  $M_2$  es o bien cero o  $-M_1$ . Los controles de dos posiciones son generalmente dispositivos eléctricos, donde habitualmente hay una válvula accionada por un solenoide eléctrico. También los controles neumáticos proporcionales con muy altas ganancias actúan como controles neumáticos de dos posiciones y se lo denomina a veces controles neumáticos de dos posiciones.

Las figuras I.2.3.1 y I.2.3.2 presentan los diagramas de bloques de controles de dos posiciones. En el rango en el que se debe desplazar la señal de error actuante antes de que se produzca la conmutación se llama brecha diferencial. En la Fig. I.2.3.2 se indica una brecha diferencial. La brecha diferencial hace que la salida del control  $m(t)$  mantenga su valor hasta que la señal de error actuante haya pasado levemente del valor cero. En algunos casos, la brecha diferencial es un resultado de fricción no intencional y movimiento perdido; sin embargo normalmente se lo provee deliberadamente para evitar la acción excesivamente frecuente del mecanismo de si-no.



Sea el sistema de control de nivel de líquido que se ve en la fig. I.2.3.3; con el control de dos posiciones, la válvula está o bien abierta o cerrada. El caudal de entrada de agua es una constante positiva o cero. Como se ve en la fig. I.2.3.4 la señal de salida se mueve continuamente entre los dos límites requeridos para que el elemento accionador se desplace de una posición fija a la otra.

Se hace notar que la curva de salida sigue una de las dos curvas exponenciales; una que corresponde a llenado y la otra a vaciado. Una oscilación como ésta entre dos límites es típica respuesta característica de un sistema de control de dos posiciones



De la Fig. 1.2.3.4 ve que se puede reducir la amplitud de la oscilación de salida reduciendo la brecha diferencial. Esto, sin embargo, aumenta la cantidad de conmutaciones por minuto y reduce la vida útil del componente. Hay que determinar el valor de la brecha diferencial por consideraciones de exactitud deseada y duración de los componentes.

**1.3 Acción de control proporcional.**- Para un control de acción proporcional, la relación entre la salida del controlador  $m(t)$  y la señal de error actuante  $e(t)$  es:

$$m(t) = K_p e(t)$$

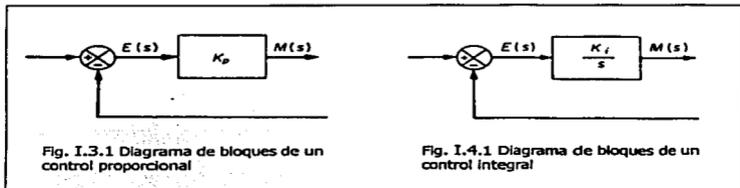
o, en magnitudes transformadas de Laplace

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p$$

donde  $K_p$  se denomina sensibilidad proporcional o ganancia. Cualquiera que sea el mecanismo en sí, y sea cual fuere la potencia que lo alimenta, el control proporcional esencialmente es un amplificador con ganancia ajustable. En la Fig. I.3.1 se puede ver un diagrama de bloques de este control.

**I.4 Acción de control integral.** En un control con acción integral, el valor de la salida del controlador  $m(t)$  varía proporcionalmente a la señal de error actuante  $e(t)$ , es decir:

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i e(t)$$



o

$$m(t) = K_i \int_0^t e(t) dt$$

Donde  $K_i$  es una constante regulable. La función de transferencia del control integral es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$

Si se duplica el valor de  $e(t)$ , el valor de  $m(t)$  varía dos veces más rápido. Para un error actuante igual a cero, el valor de  $m(t)$  se mantiene estacionario. La acción de control integral recibe a veces el nombre de control de reposición. La figura I.4.1 muestra un diagrama de bloques de este control.

**I.5 Acción de control proporcional e integral.** La acción de control proporcional e integral queda definida por la siguiente ecuación:

$$m(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

o la función de transferencia del control es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Donde  $K_p$  representa la sensibilidad proporcional o ganancia y  $T_i$  el tiempo integral. Tanto  $K_p$  como  $T_i$  son regulables. El tiempo integral regula la acción de control integral, mientras una modificación en  $K_p$  afecta tanto a la parte integral como a la proporcional de la acción de control. A la inversa del tiempo integral  $T_i$  se le llama frecuencia de reposición. La frecuencia de reposición es el número de veces por minuto que se duplica la parte proporcional de la acción de control. La frecuencia de repetición se mide en términos de repeticiones por minutos. La Fig. I.5a muestra un diagrama de bloques de un control proporcional e integral. Si la señal de error actuante  $e(t)$  es una función escalón unitario como se ve en la Fig. I.5b, la salida de control  $m(t)$  pasa a ser la indicada en Fig. I.5c

**I.6 Acción de control proporcional y derivativo.** La acción de control proporcional y derivativa queda definida por la siguiente ecuación:

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

y la función de transferencia es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s)$$

Donde  $K_p$  es la sensibilidad proporcional y  $T_d$  es el tiempo derivativo. Tanto  $K_p$  como  $T_d$  son regulables. La acción de control derivativa, a veces denominada control de velocidad, es cuando el valor de salida del control es proporcional a la velocidad de variación de la señal de error actuante. El tiempo derivativo  $T_d$  es el intervalo de tiempo en el que la acción de velocidad se adelanta al efecto de acción proporcional.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

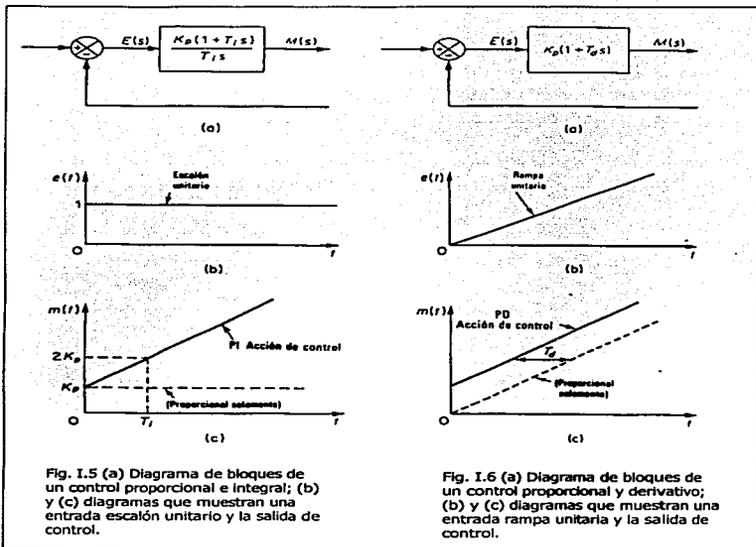


Fig. 1.5 (a) Diagrama de bloques de un control proporcional e integral; (b) y (c) diagramas que muestran una entrada escalón unitario y la salida de control.

Fig. 1.6 (a) Diagrama de bloques de un control proporcional y derivativo; (b) y (c) diagramas que muestran una entrada rampa unitaria y la salida de control.

La Fig. 1.6a presenta un diagrama de bloques de un control proporcional y derivativo. Si la señal de error actuante  $e(t)$  es una función rampa unitaria, como se ve en la Fig. 1.6b, la salida del control  $m(t)$  es la que puede verse en la Fig. 1.6c. Como puede verse en esta Fig. 1.6c, la acción de control derivativo tiene carácter de anticipación. Sin embargo, por supuesto, la acción derivativa nunca puede anticiparse a una acción que aún no ha tenido lugar. Mientras la acción de control derivativo tiene la ventaja de ser anticipadora tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede producir efecto de saturación en el accionador.

Hay que notar que nunca se puede tener una acción de control derivativo sola, porque este control es efectivo únicamente durante períodos transitorios.

**I.7 Acción de control proporcional y derivativo e integral.** La combinación de los efectos de acción proporcional, acción de control derivativa y acción de control integral se llama acción de control proporcional y derivativa e integral. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un control con ésta acción de control combinada está dada por:

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

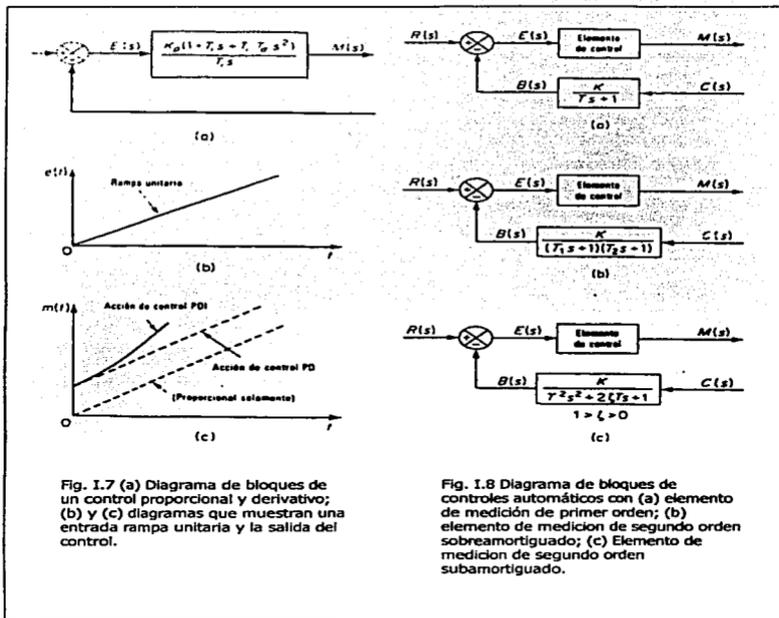
o la función de transferencia es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right)$$

Donde  $K_p$  representa la sensibilidad proporcional,  $D_{DT}$  el tiempo derivativo y  $T_i$  el tiempo integral. En la figura I.7a se puede ver el diagrama de bloques de un control proporcional y derivativo e integral. Si  $e(t)$  es una función rampa unitaria como la figura I.7b, la salida de control  $m(t)$  es el que puede verse en la figura I.7c.

**I.8 Efectos del elemento de medición en el comportamiento del sistema.**

Como las características dinámicas y estáticas del elemento de medición afectan la indicación del valor efectivo de la variable de salida, el elemento de medición juega un papel importante en el comportamiento global del sistema de control. El elemento de medición generalmente determina la función de transferencia en el camino de realimentación. Si las constantes de tiempo del elemento de medición son despreciablemente pequeñas en comparación con otras constantes de tiempo de sistema de control; la función transferencia del elemento de medición simplemente se convierte en una constante. Las figuras I.8a, (b) y (c) muestran diagramas de bloques de controles automáticos con elemento de medición de primer orden, sobreamortiguado de segundo orden o subamortiguado de segundo orden, respectivamente. La respuesta de un elemento de medición térmico, frecuentemente es del tipo sobreamortiguado de segundo orden.

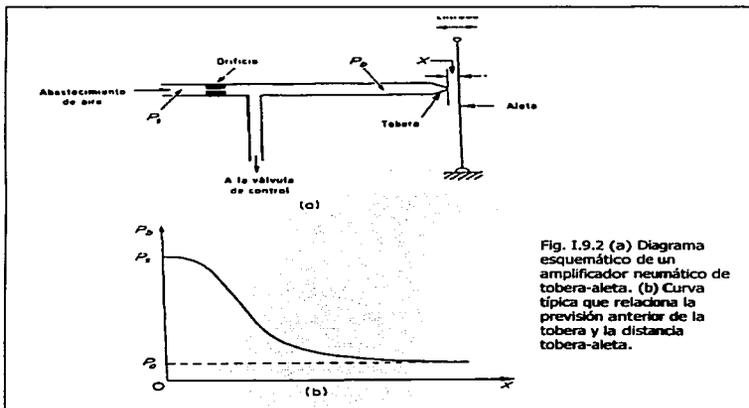


## I.9 Controles proporcionales

**I.9.1 Sistemas neumáticos.** Los controles neumáticos de baja presión fueron desarrollados para sistemas de control industrial y se los ha usado extensamente en procesos industriales. Las razones de la amplia utilización de los sistemas de control neumático son sus características a prueba de explosiones, simplicidad y facilidad de mantenimiento.

**1.9.2 Amplificadores neumáticos de tobera-aleta.** En la figura 1.9.2(a) se ve el diagrama esquemático de un amplificador neumático de tobera-aleta. La fuente de energía para este amplificador se toma de una alimentación de aire a presión constante. El amplificador de tobera-aleta convierte pequeñas modificaciones en la posición de la aleta en grandes cambios en la presión antes de la tobera. Así, entonces se puede controlar una salida de gran potencia con la muy pequeña potencia necesaria para posicionar la aleta.

En la figura 1.9.2a, se alimenta aire a presión a través del orificio, y se lo proyecta por la tobera hacia la aleta. El valor usual de presión de alimentación  $P_3$  en estos controles es de unas 20 psig (libras/pulg<sup>2</sup> manométricas). El diámetro del orificio es del orden de 0.010 pulg y el de la tobera del orden de 0.015 pulg. El diámetro de la tobera debe ser mayor que el del orificio para el correcto funcionamiento del amplificador. La aleta queda apoyada contra la abertura de la tobera y la presión antes de la tobera  $P_2$  es controlada por la distancia entre la tobera y la aleta X. Al acercarse la aleta a la tobera, aumenta la oposición al flujo de aire a través de la tobera, con el resultado de que aumenta la presión antes de la tobera  $P_2$ . Si la tobera queda totalmente cerrada por la aleta, la presión anterior  $P_2$  se hace igual a la presión  $P_3$  de alimentación. Si se separa la aleta de la tobera, de modo que la distancia sea grande (del orden de 0.01 pulg), prácticamente ya no hay restricción al flujo y la presión  $P_2$  anterior en la tobera toma un valor mínimo que depende del dispositivo tobera-aleta.



Nótese que como el chorro de aire ejerce fuerza contra la aleta, es necesario hacer el diámetro de la tobera lo más pequeño posible.

En la Fig. I.9.2b, se ve una curva típica que relaciona la presión anterior de la tobera  $P_b$  con la distancia de la aleta a la tobera X. Se utiliza la porción empinada y casi lineal de la curva para el funcionamiento efectivo del amplificador de tobera-aleta. Como el rango de desplazamiento de la aleta está restringido a un valor pequeño, la modificación en presión de salida también es pequeña, a menos que la curva resulte ser muy empinada.

El amplificador de tobera-aleta convierte un desplazamiento en una señal de presión. Como los sistemas de control de procesos industriales requieren grandes salidas de potencia para operar válvulas accionadoras neumáticas grandes, la amplificación de potencia del amplificador de tobera-aleta generalmente no es suficiente. Por tanto, frecuentemente se emplea un relé neumático como amplificador de potencia en conexión con el amplificador de tobera-aleta.

**I.9.3 Válvulas de accionamiento neumáticas.** Una característica de los controles neumáticos es que emplean casi exclusivamente válvulas de accionamiento neumático. Una válvula de accionamiento neumático puede brindar gran potencia de salida. (Como accionador neumático necesita una gran entrada de potencia para producir una salida de potencia grande, es necesario disponer de suficiente cantidad de aire comprimido.) En las válvulas accionadoras neumáticas prácticas, la característica de la válvula puede no ser lineal; es decir, el flujo puede no ser directamente proporcional a la posición del vástago de la válvula y también puede haber otros efectos no lineales, tales como histéresis.

En el análisis que sigue se han de considerar pequeñas variaciones en las variables y linealizar la válvula de accionamiento neumático. Se define a la pequeña variación en la presión de control y al correspondiente desplazamiento de la válvula, como  $p_c$  y  $x$ , respectivamente. Como una pequeña modificación en la fuerza de presión neumática aplicada al diafragma reposiciona la carga, consistente en el resorte, fricción viscosa y masa, la ecuación de equilibrio de fuerzas se convierte en:

$$Ap_c = mx + fx + kx$$

Donde

$m$  = masa de la válvula y vástago de la misma  $I$  = coeficiente de fricción viscosa

$f$  = constante del resorte

$k$  = Constante del resorte

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO II**

---

# **ETAPAS DE LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## CAPITULO II

### ETAPAS DE LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

#### II.1.- Historia de la cerveza.

##### Prehistoria.

Desde la prehistoria, ya se hacían bebidas fermentadas de sustancias naturales. Los primeros hombres elaboraban esta bebida a partir de raíces, cereales y otras materias feculentas; además de frutos silvestres triturados y sometidos a un elemental proceso de fermentación del que resultaba un líquido que consumían con deleite para relajarse, o en ceremonias de significado religioso.

Para desencadenar el proceso de fermentación, los pueblos primitivos solían recurrir a la masticación de la sustancia empleada, ya que, la saliva, sacarifica la fécula (convierte los almidones en azúcares) y ayuda a proporcionar el fermento alcohólico; después para endulzar y aromatizar el producto se valían de miel, bayas de enebro, semillas de zanahoria silvestre y otras sustancias, que más tarde serían suplidas por el lúpulo.

##### Antiguas Civilizaciones.

Según los arqueólogos, hablar de cerveza nos remite a "la receta más antigua del mundo", ya que, sus orígenes se encuentran paralelamente al nacimiento de la agricultura. Una vez que los hombres dominaron el cultivo de los cereales, estos se emplearon para obtener bebidas fermentadas. Los primeros indicios encontrados datan de por lo menos seis mil años, con los sumerios y egipcios. Las excavaciones de las ciudades antiguas de estas culturas, prueban a través de numerosos escritos y dibujos, la fabricación y comercio de la cerveza.

De acuerdo a la opinión europea, la historia de la cerveza va de la mano con la del pan, identificada también como pan líquido. Posiblemente durante milenios la fabricación de alimentos constituyó una sola actividad.

##### Mesopotamia.

Según unas tablillas de arcilla halladas en Sumeria (pueblo asentado en la baja Mesopotamia y creador de la civilización babilónica), se ha conestado la existencia de una cerveza denominada *sikaru*, además de casas de cerveza dirigidas por mujeres, algunos de estos testimonios fueron escritos cinco mil años antes de nuestra era.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se ha encontrado también que para los sumerios, la elaboración de la cerveza tenía un carácter religioso y era realizado exclusivamente por mujeres que recibían el rango de sacerdotisas.

Los babilonios adoraban a una diosa de la cerveza, a la que llamaban "Nidaba". También rendían homenaje a "Ninurta" diosa de la cebada, ambas divinidades se consideraban propicias para las curaciones, relacionadas como diosas de la medicina. El uso de la cerveza fue tan común en este pueblo (reconocido como cuna de la civilización), que a veces entraba como pago en especie de los salarios. El líquido se fabricaba en grandes vasijas de barro, en las cuales se machacaba una especie de pan fabricado especialmente para esta bebida, agregando también malta molida y fermentada de cebada. La bebida se sazonaba con canela y a veces se le añadía una mezcla de dátiles o de miel.

En Babilonia, el rey Hammurabi (1730-1686 a.C.), dispuso normas para la fabricación de esta bebida, que incluían la concentración adecuada, su precio y las sanciones para quienes la adulteraran. Asimismo, Nabucodonosor, rey de Babilonia en el periodo de los 605 y 562 a.C., empleaban grandes cantidades de cerveza en sus ritos religiosos y decía : "He hecho correr sobre el altar de Marduc y de Sapanitu torrentes de cerveza".

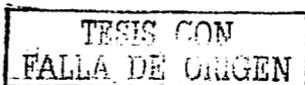
### **Egipto.**

Los egipcios también hicieron de la cerveza su bebida nacional por excelencia. Según la mitología egipcia, fue Osiris, dios de la agricultura, quien enseñó a la humanidad el arte de fabricar cerveza. El gobierno de los faraones se beneficiaba cobrando impuestos sobre al consumo de cerveza, alcanzando a recabar sumas considerables, ya que, existían expendios de cerveza por todo el territorio.

Al principio, obtenían la cerveza a partir de la fermentación de trigo, que más tarde fuera sustituido por otros cereales como la cebada, de ahí que recibiera el nombre *de zythum*, que significa vino de cebada. Enterraban la cebada en recipientes de germinación; la papilla de malta fermentada por la acción de levaduras salvajes, posteriormente se mezclaba con frutos, en especial dátiles, endulzando con miel y perfumando con canela.

A diferencia de los sumerios, los fabricantes egipcios de cerveza eran varones, a los cuales se les eximía de prestar el servicio militar y tanto soldados como autoridades recibían cerveza como parte de su paga.

La cultura egipcia, dejó numerosos dibujos, bajorrelieves e infinidad de jeroglíficos encontrados en las tumbas dentro de las pirámides. Guardaban la costumbre de depositar junto a sus difuntos, los objetos esenciales de los que se servían en vida, lo que les haría más agradable el viaje al otro mundo, por lo que en ocasiones se ponían cántaros de cerveza, semillas de cebada y copas para beber el reconfortante líquido.



En la tumba de Tutankamon, se encontraron vasos que el faraón utilizaba para beber cerveza. Ramsés III, también tuvo especial predilección por la cerveza; reconocía que había regalado 466, 908 cántaros de cerveza.

Se cuenta que las más bellas egipcias en esta época, sobre todo las reinas y princesas, utilizaban la espuma de cerveza para lograr un cutis lleno de frescura; un prodigio en aquella región tan desértica. También les servía para evitar el envejecimiento de la piel; parecía proceder de la legendaria "Fuente de la Juventud".

Remontándonos al oriente, se cuenta con pruebas de que entre los años 3000 y 2000 a.C., los chinos bebían tres clases de cerveza: la *shu*, obtenida por la fermentación del mijo; la *li*, una cerveza de arroz suave e incolora; y la *chin* elaborada con candelá, una variedad de trigo, clara y amarga, que requería un proceso de elaboración más largo. Además de estos tres tipos, elaboraban el *sake*, una bebida de fermentación de arroz, que aún a la fecha goza de una gran popularidad tanto en China como en Japón.

### Periodo Clásico.

De la Mesopotamia y el Egipto, la utilización de la cerveza se extendió a los países próximos al mar Egeo, Grecia, Imperio Romano, Germania y Galias. Al finalizar el siglo 1 de nuestra era, llegó a ser la bebida usual entre los galos, enseguida la de los germanos, invasores de las Galias, y de aquí, se propagó a los pueblos del norte, donde se convirtió en la bebida preferida de todo el pueblo. Esta cerveza la preparaban partiendo de la avena y cebada malteada.

Los romanos adoptaron la cerveza, misma que llamaban *cervesia*. El término paso al latín y siglos después dio origen a las palabras cerveza, en español; cerveza en catalán, y *cerveja*, en portugués. Además existieron dos vocablos: *cervoise*, en francés, y *cervigia*, en italiano, que cayeron en desuso.

La *cervesia* romana se convirtió en acompañante de la comida cotidiana, mientras que la sidra y el vino quedaron reservados para contadas ocasiones. Tan popular fue su consumo que la vieja palabra fue sustituida por *Biber*, equivalente de "bebida" en latín; se convirtió en la bebida más importante. De esa palabra en latín descienden los términos *beer*; en inglés; *bier*, en alemán; *birra*, en italiano; *biere*, en francés, y *birra*, en griego moderno.

En Grecia, el mismo Hipócrates (377 a.C.), el médico más grande de la antigüedad y a quien se le atribuye el origen de la medicina, prescribía a sus pacientes beber cerveza, ya que, consideraba a esta bebida con cualidades vigorizantes que beneficiaban la salud de las personas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sobre todo, la recetaba a quienes padecían fiebres eruptivas, como diurético y para combatir la anemia.

En el siglo VII, el emperador romano Carlomagno, era muy aficionado a la cerveza, (gusto que heredó de su bisabuelo Dagoberto, llamado el patrón de la cerveza); se encargó de organizar en los conventos y granjas la fabricación de esta bebida y dictó las primeras leyes relativas al oficio cervecero. Más tarde su hijo Luis de Debonnaire, con ayuda de los monjes de Picardía, fundó en Westfalia, la Abadía de Corbey, dedicada a la fabricación de cerveza y al estudio y experimentación de los mejores métodos para producirla. A estos monjes se les atribuye la implantación del sistema bávaro (alemán) de fabricación.

En Europa, fue notable que donde se cultivaba cebada o candeal se empezó a fabricar cerveza. En la zona ocupada por la actual Dinamarca, se han encontrado recipientes con restos de una bebida fermentada, compuesta por cereales, miel y bayas de arrayán o mirto.

La bebida típica de las tribus bárbaras era el *mier*, tradicional brebaje fermentado de diversos granos. Antes de conocer el lúpulo, los europeos del norte utilizaban hierbas aromáticas y plantas silvestres, logrando una cerveza más ligera, de poca duración y no propia para ser transportada.

#### **Edad Media.**

Durante este periodo, hacer cerveza era una mezcla de arte y misterio. Los detalles de su proceso eran celosamente guardados por los maestros cerveceros y sus hermandades gremiales, que llegaron a elaborar la *cerevisia monacorum*, cerveza de monjes, considerada el antecedente más cercano a la cerveza actual.

En el año 900 d.C., los monjes ingleses descubrieron que si le agregaban lúpulo a la cocción, la cerveza adquiría un sabor amargo y aroma más agradable. Durante esta época, la cerveza era la bebida habitual en los conventos donde se distinguía "la cerveza de los padres", bebida fuerte que consumían los monjes, y "la cerveza del convento", más ligera, reservada a las religiosas.

En esta época, la cerveza cobró singular arraigo en el norte de Europa, haciéndose en el siglo XIII sinónimo de bebida. Hacer cerveza era labor familiar, frecuentemente encomendada a la mujer, o en su caso, un privilegio para algunos monasterios. Hubo monjes que cobraron fama por la cerveza que elaboraban; algunos de ellos a la fecha continúan elaborando esta deliciosa bebida.

En los pueblos germánicos entre 1252 y 1294, apareció un simpático rey de la cerveza; a quien se le rendían honores y se le festejaba, le llamaban "Gambirinus";

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

y se le representaba graciosamente vestido como bufón, sentado sobre un tonel de cerveza y con su frente coronada con ramas y lúpulos; a este rey germánico legendario se le atribuye la invención de la cerveza. Se le identificaba con el Duque de Bravante, Juan I, cuyo nombre Jean Primus, se hubiera convertido en Gambrinus. Juan I de Bravante, fue un gran protector de la industria cervecera, ya que combatió el hambre en sus dominios mediante el cultivo de la cebada favoreciendo indirectamente la fabricación de la cerveza.

En los siglos XIII y principalmente entre el XIV y el XV, surgen las primeras grandes factorías cerveceras, entre las que sobresalen las de Hamburgo y Zittau.

A finales de la edad media, las tierras alemanas poseían cerca de quinientos claustros en los cuales se elaboraba y comercializaba cerveza. Como dato curioso, durante la cuaresma estaba prohibido el vino, por lo que se bebía cerveza

En 1516, el duque bávaro Guillermo IV emitió la llamada "Ley de Pureza", con la que obligaba a producir la cerveza exclusivamente con cebada malteada, levadura, lúpulo y agua. Desde entonces, estos ingredientes son considerados en el mundo los distintivos para que una bebida reciba tal nombre. Por otro lado, la Carta Magna de Inglaterra, especificaba la medida adecuada de la venta y consumo de esta bebida. Debido a esta tradición cervecera, uno de los oficios más antiguos de ese país es el de conner o cortador de cerveza.

### **Renacimiento.**

Durante las prolongadas travesías, el agua era impotable, y buscando prevenir a los marineros contra las enfermedades, todos los barcos llevaban cerveza. En este período, surgen con gran fuerza las ciudades o burgos, y con ellos los cerveceros.

A nuestro continente, la cerveza llegó con los descubridores españoles, portugueses (a Centro y Sudamérica) e ingleses y holandeses (a Norteamérica), quienes introdujeron sus usos y costumbres alimenticias. Cuando Colón llegó al Nuevo Mundo (1492), encontró que los nativos fabricaban bebidas fermentadas, principalmente de maíz. Las cuales elogió comparándolas a la cerveza de Inglaterra.

La cerveza elaborada a partir de cebada hace su aparición en México y en toda América en 1544. Alfonso de Herrera, miembro de la expedición de Cortés y emisario de éste ante Carlos V, recibe del monarca la autorización para producir cerveza en las Indias.

En 1623, la Compañía Holandesa de las Indias Orientales estableció la primera cervecería en Estados Unidos, ubicada en Manhattan, hoy Nueva York.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Hacia el siglo XVIII, numerosas casas cerveceras habían proliferado por toda América y su producto había sustituido a las bebidas autóctonas. La conquista se había consumado.

Cómo curiosidad histórica cabe citar que la cerveza contribuyó al establecimiento de los peregrinos del "Mayflower" en Nueva Inglaterra. Su destino era la colonia de Virginia, sin embargo, en el cuaderno de la bitácora se anotó que no tenían tiempo para mayores búsquedas ya que habían escaseado sus provisiones y en especial la cerveza.

Uno de los principales manuscritos que existen en la biblioteca pública de Nueva York, es la receta personal de George Washington para hacer cerveza.

### **Revolución Industrial.**

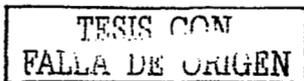
La introducción del termómetro y la producción de cerveza pálida *lager* tuvo en Pilsen (Checoslovaquia) hacia finales del siglo XVIII. Gracias al suministro de agua adecuada en este lugar se producían las cervezas más exitosas.

Con la llegada de la industrialización y el crecimiento de la demanda, se empiezan a instalar cervecerías comerciales y en 1841, se inicia en Viena la primera producción comercial de cerveza *lager*. La popularidad de las cervezas *lager* en Alemania, se extendería por todo el continente sustituyendo a la levadura *ale* de fermentación alta.

La invención de la máquina de vapor, la introducción de las máquinas frigoríficas, la comprensión científica de la fermentación, la protección de la cerveza por tratamiento térmico (pasteurización), etc., marcaron un paso clave hacia la industrialización de la producción de la cerveza.

Actualmente, la fabricación de la cerveza se ha convertido en uno de los giros industriales más importantes en el mundo, ya que, no solo ha mantenido la tradición de una de las bebidas más antiguas del mundo, sino también ha perfeccionado su proceso, desarrollando nuevas tecnologías para su elaboración; además de considerar los enormes beneficios de empleos directos e indirectos.

Más relevante que el origen de la cerveza es el establecimiento y desarrollo en el territorio mexicano de una industria que deja sentir su presencia en el competidísimo mercado internacional.



## La cerveza en México.

En la época prehispánica, existían ciertas bebidas que dentro de lo rudimentario de su preparación, tenían cierta similitud con la cerveza. Una de ellas era el *tesguino*, llamado también *tejuino* o *izquiate*, que es de un claro color ambar, más denso que ligero, y que se bate con un molinillo antes de beberse para que levante gran espuma. Los coras y los tarahumaras del norte de México, la empleaban mucho antes de la llegada de Córtes (1519).

Cuenta la tradición que a mediados del siglo XV la princesa Atotoztli hija del emperador Azteca Xocoyotzli, le llevó a su padre una vasija de una bebida que ella misma había preparado a base de gramíneas, la cual nombró como *sedelta* o *sendecho*. Desde entonces, el emperador fomentó entre sus súbditos el consumo de aquella bebida de moderación preferible al pulque.

Durante la conquista, el sabio Orozco y Berra, decía que el *sendecho* era semejante al *bier* de los antiguos germanos, solo que estos utilizaban la cebada en lugar del *maíz* y del que aseguraban los cronistas que "daba al cuerpo vigor, quitaba males y no embriagaba".

La historia de la primera fábrica de cerveza que se estableció, no sólo en nuestro territorio, sino en toda América, se remonta a los años que siguieron a la caída de la antigua Tenochtitlán. En efecto, cuando el conquistador Alfonso de Herrera fue a la corte de España por orden de Cortés, a llevar al Emperador Carlos V una gran variedad de presentes, le pidió la merced de que le dejara elaborar cerveza en México. El 6 de junio de 1542, el Rey autorizó la producción de cerveza en las Indias, tal como se identificaba a nuestro país.

Según el original de esta capitulación debía traer Herrera todos los instrumentos y materiales necesarios para la elaboración de esta bebida; asimismo, se le solicitó sembrar en las tierras del nuevo mundo, las semillas propias para ello.

Por otro lado, a Don Alfonso de Herrera, se le dio la libertad de vender su producto en todos los lugares y cantidades que quisiera, tanto a españoles como a indios.

Años más tarde, en 1544, Herrera notificó a su Majestad, que en la capital de la Nueva España, había puesto una buena fábrica de cerveza, la cual iba subiendo en prosperidad; que bebían desde el mismo Virrey, los numerosos españoles que se encontraban hasta los naturales de la tierra, que según su versión, la consideraban mejor que sus pulques.

Una de esas restricciones fue la aplicación de fuertes impuestos sobre la cerveza nacional, lo que limitó el establecimiento de más centros de producción y propició una mayor importación de la bebida.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Cuando desapareció la cervecería del Portal, no se desarrollaron otras en México, sino hasta el siglo XIX y hasta entonces quedó el pulque como principal bebida fermentada.

Con la Independencia de México y después de duros años de inestabilidad y guerra comenzó el ascenso industrial. Es así, que la industria cervecera no cobró importancia sino hasta el siglo XIX, momento en el que empiezan a surgir algunos ensayos de fabricación de cerveza. Entre los primeros establecimientos destacan: Cervecería La Pila Seca (1825, de corta vida). En 1849, Cervecería la Candelaria, utilizaba una malta secada al sol y preparada a base de cebada mexicana y piloncillo, no sobrevivió cuando tuvieron que hacer frente a la producción de cervezas mejores. En 1860 se establece Cervecería San Diego, la cual operó hasta 1889.

Más tarde en 1865, Augusto Marendaz, funda Cervecería Toluca; después Santiago Graf adquirió en 1875, la pequeña cervecería construida en Toluca, modificó los procedimientos de fabricación y produjo cerveza de fermentación alta (*ale*) que tuvo éxito; en 1885 importó maquinaria de fabricación de hielo desde Alemania y comenzó a fabricar auténtica cerveza de fermentación baja (*lager*), hecho con el cual, se convirtió en la primera fábrica mexicana, que elaboró este tipo de cerveza, además muy parecida a la que se elabora en la actualidad. El éxito de ésta cerveza fue de inmediato y pudo obtener financiamiento adecuado para levantar la primera cervecería grande y moderna en México: La compañía Cervecera de Toluca y México, que trabajó hasta 1930.

Las bases de la que se convertiría con el tiempo en una importante industria nacional, se fincaron en el año de 1890, con la fundación de la Cervecería Cuauhtémoc en Monterrey Nuevo León. En este mismo año, se fundó Cervecería La Perla en Guadaluajara, Jalisco, siendo la segunda fábrica mexicana de cerveza de fermentación baja.

En 1894, se fundó Cervecería Moctezuma en Orizaba, Veracruz, edificada en las faldas del Pico de Orizaba. Hacia 1896 se fundaron la Compañía Cervecera de Chihuahua y la Cervecería de Sonora. En 1900 se organizó una empresa en Mazatlán, Sinaloa actualmente la Cervecería del Pacífico. También en 1900 se estableció la Cervecería Yucateca en la ciudad de Mérida, Yucatán. Al finalizar este ciclo donde se marca el giro cervecero en México, en 1925, surge orgullosamente la empresa Cervecería Modelo, S.A. de C.V.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **II.2.- Proceso de la elaboración de la cerveza.**

### **II.2.1.- Definición de cerveza.**

Es una bebida elaborada por la fermentación de soluciones obtenidas de cereales y otros granos que contienen almidón. La mayor parte de las cervezas se elaboran con cebada malteada a la que se da sabor con lúpulo.

Existen tres características muy importantes que distinguen a la cerveza del resto de las bebidas alcohólicas:

Tiene menor porcentaje de alcohol (4-6° GL).

El alcohol se encuentra diluido en agua pura y cristalina.

Tiene nutrientes, que le proporcionan la malta, el lúpulo y la levadura.

### **II.2.2.- Materias primas.**

Aparte de la malta, los materiales cerveceros que más se utilizan actualmente son los que se derivan de los cereales de maíz y del arroz, aunque a veces se usan granos de sorgo, trigo y cebada. A diferencia de la industria de licores destilados, que utilizan granos de cereales de núcleo entero como ingredientes básicos, la producción de bebidas de malta emplea granos de cereales que han sido previamente procesados en alguna medida antes de ser entregados para su utilización en la cervecería. En este sentido, todos los adjuntos usados en la fabricación de cerveza son productos elaborados, derivados de los diversos cereales.

A continuación se describen cada uno de los ingredientes:

**MALTA:** Se obtiene de la cebada mediante un proceso controlado de germinación llamado malteo, durante este proceso se desarrolla una matriz enzimática, que después ayudará a transformar los almidones en azúcares. Posteriormente la malta es secada con calor para detener su crecimiento y se tuesta para obtener su color y sabor característicos; dependiendo del grado de tostado será el color de la cerveza.

**ADJUNTOS:** Son cereales que contienen almidón como el maíz y el arroz, los cuales ayudan a producir una cerveza de color más claro y brillante, además de proporcionar una mayor estabilidad, garantizando una vida de almacenamiento más larga.

**LÚPULO:** Es una planta trepadora muy parecida a la parra que alcanza una altura de hasta seis metros. Su cultivo requiere de condiciones climáticas muy especiales, que dificultan su producción en México, por lo que se tiene que traer del exterior (EUA y Europa).

Del lúpulo se utilizan solamente las flores de la variedad femenina y son usadas en forma de extracto para brindar el sabor y aroma característico de esta bebida.

**LEVADURA:** Desde el punto de vista técnico e industrial, es uno de los microorganismos más importantes. La levadura es responsable de la fermentación de los azúcares, produciendo alcohol y gas carbónico, este último se recupera para después carbonatar la cerveza. En gran medida el metabolismo de la levadura es responsable del sabor y aroma de la cerveza, lo que se tiene un especial cuidado en su cultivo.

**AGUA:** Es uno de los ingredientes más importantes, que determina la calidad de la cerveza, es por ello que las antiguas cervecerías se ubicaban de acuerdo a las características del agua del lugar. El agua debe ser potable, transparente, incolora inodora y libre de cualquier sabor.

### **II.3.- Elaboración.**

Una vez identificadas las materias primas, conoceremos la cadena de transformaciones que dan como resultado, las genuinas cervezas modelo.

#### **II.3.1.- Cebada y Malteo.**

La cebada de malteo es el principal ingrediente utilizado en la producción de cerveza. En los Estados Unidos la más importante zona de cultivo de la misma es la región del medio oeste superior de Minnesota Occidental, Dakota del Norte y el este de Dakota del Sur. Dos son los tipos de cebadas de malteo que se utilizan mayormente: hexístico (6-hileras) y dístico (2-hileras). Existen opiniones diversas con relación a los méritos respectivos de cada tipo. En general, la cebada 2-hileras es más gruesa y con una cáscara más ajustada y delgada que la de 6-hileras.

La figura II.3.1 ilustra las diferencias de aspecto entre estos dos tipos importantes de cebada de malteo.

Las espigas de la cebada pueden tener ya sea seis hileras o dos hileras de granos. En la cebada hexística hay tres granos en cada nudo en lados alternados de la espiga y resultan dos hileras de granos. En la cebada dística únicamente un grano se desarrolla en cada nudo en lados alternados de la espiga y resultan dos hileras de granos.



Fig. II.3.1 Izquierda-Vista frontal y lateral de cebada 6 hileras.  
Derecha -Vista frontal y lateral de cebada 2 hileras.

**II.3.2.- Malteo:** Los granos de cebada reciben cierta cantidad de agua y aire para hacerlos germinar en varios días. Con esto, se aumenta su proporción de almidones, a partir de este momento se le llama malta o cebada malteada. Al crecer en el interior de cada semilla una pequeña raíz, la germinación es detenida de manera brusca mediante un intenso calor. Posteriormente, los granos se tostan de acuerdo al tipo de cerveza que se vaya a producir, ya que el nivel de tostado determina el color de una cerveza, entre más oscura se requiera, se necesita mayor tostado.

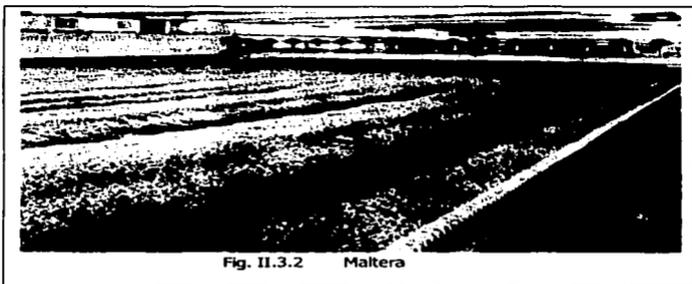


Fig. II.3.2 Maltera

**II.3.3.- Limpieza y Selección:** La malta almacenada en silos, es transportada a las tolvas de grano entero para su formulación y después pasa a las cribadoras, que son equipos donde a través de mallas metálicas, las impurezas y materiales ajenos son separados.

**II.3.4.- Molienda :** Se tritura la malta en diferentes grados, dejando la cáscara lo más entera posible ya que, luego servirá como cama filtrante para separar el mosto. La molienda de los granos se realiza con la finalidad de reducir su tamaño y facilitar la extracción de los almidones.

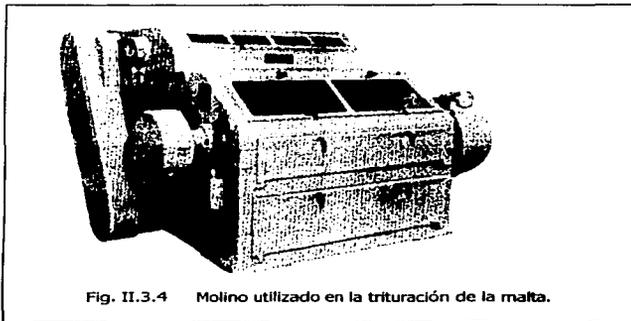


Fig. II.3.4 Molino utilizado en la trituration de la malta.

**II.5.- Maceración:** Una vez molida la malta, se mezcla con agua a temperatura y tiempos perfectamente definidos, con el objeto de permitir que diferentes enzimas desdoblén los almidones en azúcares fermentables. Enseguida, se añaden los adjuntos (arroz y grits), previamente cocidos; permanecen con la malta hasta lograr una completa conversión de los almidones. De esta mezcla se obtiene un líquido dulce color ámbar que se le identifica como mosto.

En la maceración se debe estar equipado con un registro preciso de tiempo-temperatura, acoplado con un controlador para una operación precisa. El controlador de calentamiento debe proveer el grado deseado de incremento de temperatura para lograr la ebullición y luego una reducción, para mantener la masa en ebullición vigorosa pero manejable. El sistema debe estar provisto de un sensor de temperatura de reserva y un control manual, que se utilizarán en el caso de una secuencia anormal del cocedor.

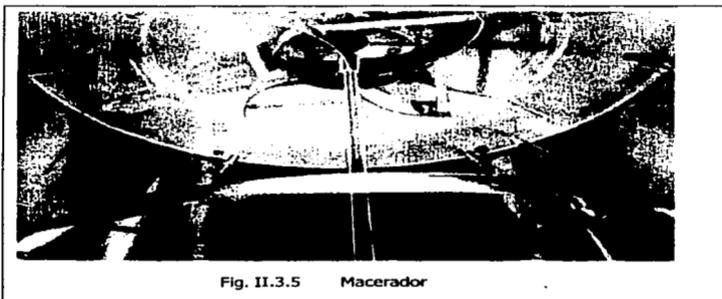


Fig. II.3.5 Macerador

**II.3.6.- Filtración :** La filtración es el sistema y recipiente de separación de mosto más ampliamente usado en la actualidad. Una tina de filtración es un cilindro vertical de gran diámetro en relación con su profundidad. Normalmente está construido con acero inoxidable o revestido de acero inoxidable, aunque todavía se siguen utilizando ollas de cobre. La parte de encima de la olla es normalmente esférica o cónica.



Fig. II.3.6 Olla de Filtrado.

Posteriormente, el producto de la maceración, pasa a unos tanques con falso fondo ranurado; donde se separa el bagazo del mosto, recuperando este último en las ollas de cocción.

**II.3.7.- Cocción :** El mosto ingresa a las ollas de cocción, donde se calienta hasta alcanzar el punto de ebullición; en esta etapa se adiciona lúpulo, en proporciones adecuadas, para darle el sabor amargo y aroma característico de la cerveza.

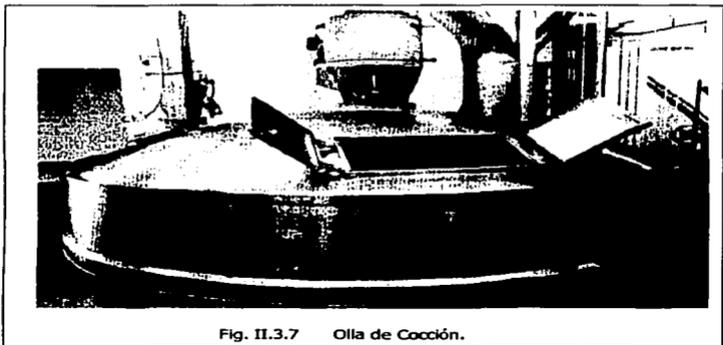


Fig. II.3.7 Olla de Cocción.

**II.3.8.- Sedimentación:** El mosto es bombeado desde la olla. Se usa el principio del Remolino, el tanque debe ser un cilindro vertical con un fondo plano. La tubería de ingreso debe estar colocada de tal manera que el mosto ingrese a través del costado del tanque en chorro horizontal, paralelo a una tangente en el punto de ingreso.

El principio del Remolino es que las partículas sólidas suspendidas en una masa de líquido en rotación emigrarán al centro y al fondo de un recipiente. Mediante el bombeo del mosto dentro del tanque, toda la masa gira, los grumos de "trub" emigran hacia el centro y fondo del tanque, donde se aglutinan para formar una torta.

El proceso es extremadamente sencillo y las velocidades normales de bombeo usualmente dan suficiente velocidad para arremolinar el mosto. No debe haber dentro del tanque obstrucciones que puedan inferir con el movimiento de remolino y producir contra flujos.

Normalmente se permite que el mosto descanse dentro del receptor durante un cierto período antes de extraerlo, para permitir la sedimentación óptima del "trub".

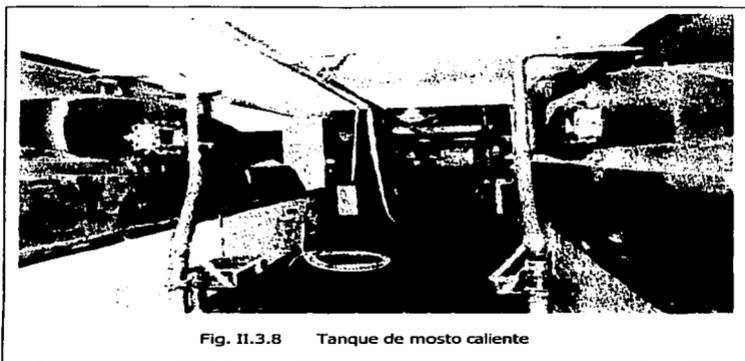


Fig. II.3.8 Tanque de mosto caliente

**II.3.9.- Enfriamiento:** El mosto pasa por los enfriadores que lo acondicionara a la temperatura adecuada para la fermentación.

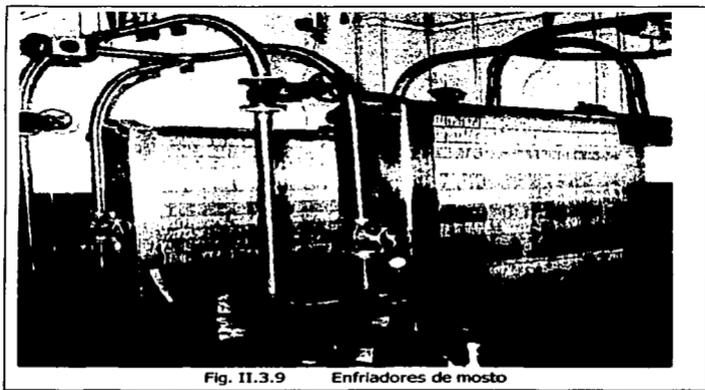


Fig. II.3.9 Enfriadores de mosto

**II.3.10.- Inoculación de levadura y aireación:** Durante la transportación del mosto a los tanques de fermentación, en línea se introduce la levadura y aire estéril.



Fig. II.3.10 Sistema aireador de mosto.

**II.3.11.- Fermentación:** Los fermentadores convencionales normalmente están ubicados en edificios denominados bodegas, construidos con paredes y pisos bien aislados, enlozados o pintados de manera que queden lisos. El edificio normalmente se enfría de acuerdo con el patrón deseado de temperatura para el proceso de fermentación.

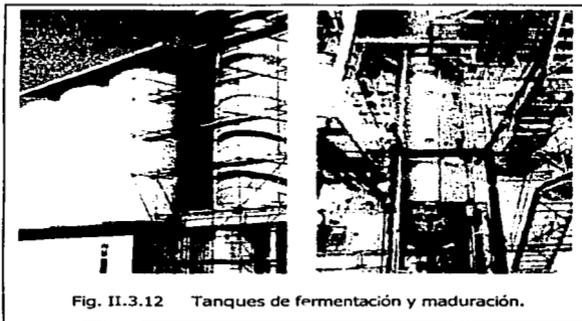


Fig. II.3.11 Tanques fermentadores de mosto

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Entrando en contacto con el mosto, la levadura se multiplica con rapidez gracias al oxígeno del aire. Después transforma los azúcares en alcohol y gas carbónico; esta etapa se lleva a cabo durante 7 días a una temperatura de 12°C. Al final del ciclo la levadura se asienta en el fondo del tanque y se separa de la cerveza para ser reutilizada. De este proceso se obtiene una cerveza verde o inmadura.

**II.3.12.- Maduración:** Una vez en el tanque de reposo la cerveza se madura durante un promedio de 20 días a una temperatura de entre 2 y 4°C, para que obtenga la consistencia y sabor esperados. En esta parte del proceso, se utiliza el método Kraussen, que consiste en adicionar levadura en su máxima actividad (proveniente de otros fermentadores), consumen los azúcares y metabolizan otros compuestos. Con esta segunda fermentación, se obtiene una carbonatación natural, además de un mayor cuerpo y suavidad en nuestras cervezas.



**II.3.13.- Dilución y filtrado:** En esta etapa es donde se diluye la cerveza concentrada obtenida de las salas de fermentación. La dilución se lleva a cabo de acuerdo a la marca de la cerveza, esto es, que se mezcla un porcentaje de cerveza concentrada con otro porcentaje de agua de dilución; para así poder obtener un producto casi terminado. Actualmente la dilución de la cerveza se realiza por métodos modernos de control, ya que de esta forma se garantiza una mejor dilución.

Una vez lograda la etapa de dilución, la cerveza se hace pasar a través de unos enfriadores de cerveza para posteriormente filtrarla.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la etapa de filtrado es donde se obtiene un producto limpio y claro libre de partículas orgánicas, ya que en el filtro de cerveza se cuenta internamente con mallas de acero inoxidable, las cuales se encuentran apiladas y recubiertas con tierras diatomeas. Así mismo, ya se puede considerar que se obtiene un producto terminado.

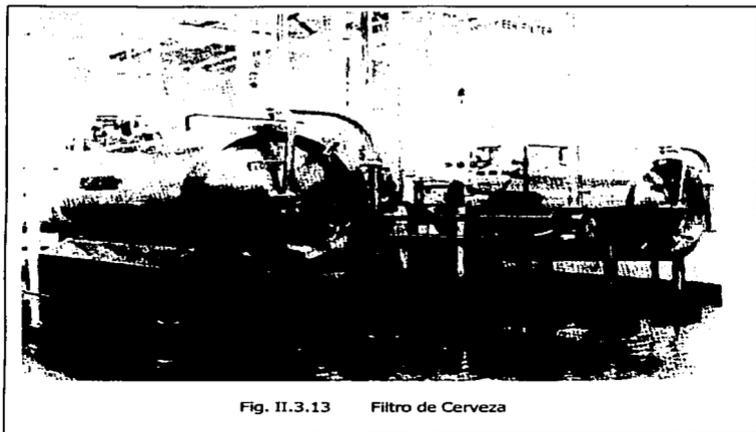


Fig. II.3.13 Filtro de Cerveza

**II.3.14.- Tanques de Almacenamiento de Producto:** En las cervecerías existe una bodega refrigerada grande ya sea en el Departamento de Envasado o en el Departamento de Producción de la cervecería. Esta bodega tiene varios tanques, que se utilizan para guardar la cerveza terminada antes del envasado. Frecuentemente esta sala es denominada la Bodega de Gobierno. La cerveza no debe dejarse en esos tanques por más de tres o cuatro días. La temperatura en esta sala debe mantenerse en 0-1 °C. La cerveza dentro de los tanques siempre debe hallarse bajo contrapresión, preferiblemente de CO<sub>2</sub>, que sea suficiente para mantener el nivel especificado de carbonatación cuando no se está utilizando.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### II.3.15.- Envasado

Una vez concluidos los procesos anteriores, se procede a envasar la cerveza, ya sean, en botellas, latas o barriles. Posteriormente, se pasteuriza para eliminar totalmente las bacterias y garantizar una larga vida durante su almacenaje. Este proceso integra las áreas que proveen el envase vacío y a las que almacenan el producto terminado.

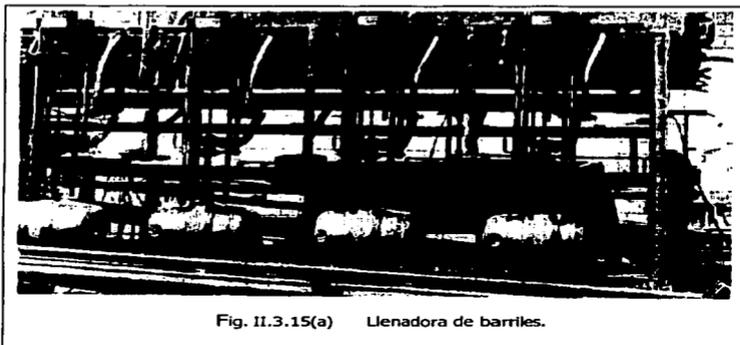


Fig. II.3.15(a) Llenadora de barriles.

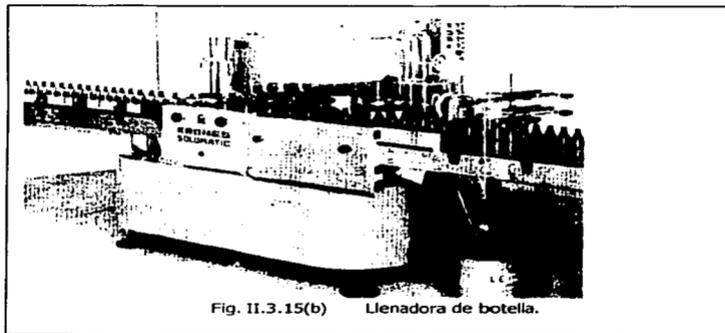


Fig. II.3.15(b) Llenadora de botella.

## **CAPITULO III**

---

### **PLANTA DE DILUCIÓN**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO III**

### **PLANTA DE DILUCION**

#### **III.1.- Funcionamiento de un sistema de dilución en la elaboración de la cerveza.**

El principal objetivo de la Planta de Dilución dentro de la compañía cervecera es, eliminar las posibles bacterias contenidas en el agua por medio de la ozonificación. Lo anterior se lleva a cabo a través de un proceso el cual tiene como primer paso el ozonificar el agua, en segundo lugar deaerar el agua, el tercer paso consistiría en carbonatar el agua y el cuarto y último paso es enfriar el agua para ajustar la cerveza concentrada, a las especificaciones de cerveza terminada según parámetros de calidad.

Una vez tratada el agua por medio de un sistema de dilución, ésta es almacenada en unos tanques ubicados en salas frías a una temperatura de aproximadamente 2°C. El uso final para esta agua carbonatada es en la dilución de la cerveza concentrada. Dicha dilución se realiza en el Departamento de Cuartos Fríos por medio de sistemas automatizados de dilución en línea.

Enseguida se describirá la función de cada uno de los elementos contenidos en un sistema de dilución:

1. Ozonador
2. Tanque de mezcla
3. Destructor de ozono
4. Bombas de transferencia
5. Intercambiador de calor
6. Deaerador
7. Calentadora
8. Válvula neumática de control de temperatura
9. Bomba de producto
10. Válvula neumática a la descarga de la bomba de producto
11. Carbonatador
12. Enfriador

TESIS CON  
FALLA DE IMAGEN

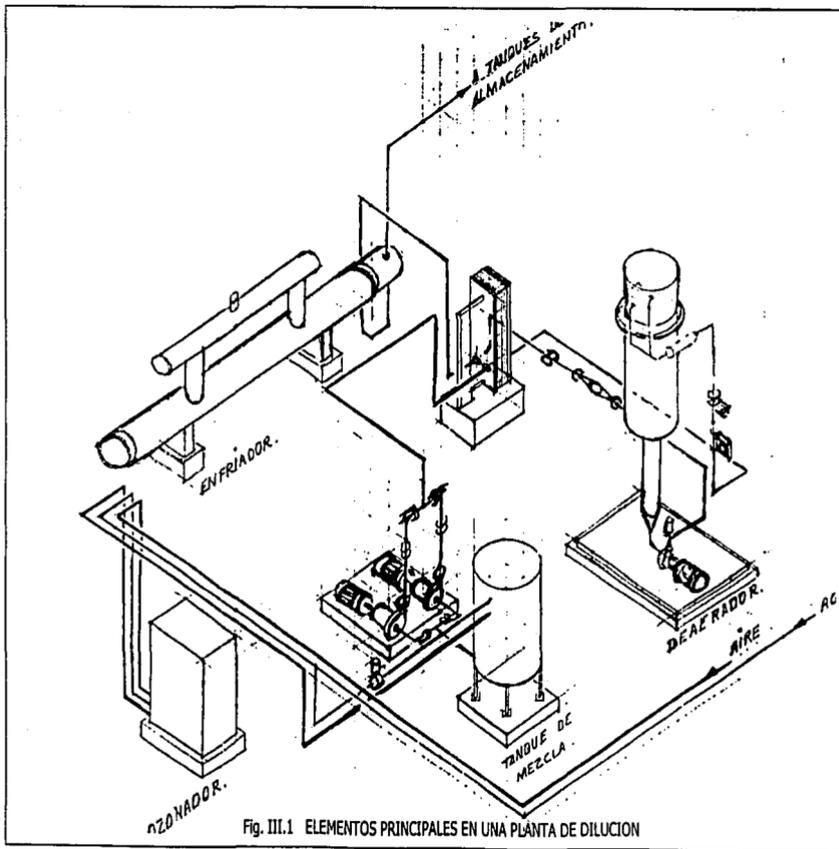


Fig. III.1 ELEMENTOS PRINCIPALES EN UNA PLANTA DE DILUCION

### III.1.1.- Ozonador

La función principal de este equipo es la de generar ozono. Ver figura III.1.1. Esta unidad generadora está diseñada para operarse a 110 volts/60Hz. Un transformador dentro del gabinete aumenta el voltaje primario hasta el voltaje necesario para la generación de ozono (20000 volts). El voltaje de entrada al transformador de alto voltaje se puede leer en el voltímetro instalado en el tablero.

Aumentando este voltaje primario, se aumentará la cantidad de ozono generado. (No se produce ozono cuando el voltaje disminuye de 40 volts).

Aire limpio y libre de aceite, es alimentado al sistema a una presión de 40 psi. El aire pasa a través del prefiltro, filtro coalescente y entra al secador, donde su punto de rocío es disminuido a -60°F. El aire seco se traslada a un postfiltro y después a un recipiente de gas que proporciona la capacidad del sistema. El aire pasa a un regulador de presión, donde la presión es reducida a 8 psi.

El medidor de flujo mide la razón de aire limpio y seco que fluye hacia el generador de ozono. Una válvula aliviadora de presión es localizada después del medidor de flujo y está calibrada a 15 psi, que es la presión máxima permitida en el generador. El aire entra al generador de ozono donde es expuesto a una descarga eléctrica que produce ozono del oxígeno presente en el aire.

El aire ozonado sale del generador, fluye a través de la válvula de control de flujo operada manualmente, y deja al ozonador vía el puerto de salida de ozono.



Fig. III.1.1 OZONADOR

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.1.2.- Tanque de mezcla

El ozono se inyecta en el agua a través de un difusor poroso que se encuentra instalado en la tubería de alimentación al tanque de mezcla.

El agua por tratarse entra al tanque de mezcla a través de una válvula motorizada, la cual es controlada por el switch de nivel montado en el tanque. Un manómetro indica la altura en pulgadas del agua en la sección central del tanque de mezcla.

Conforme se extrae agua del tanque, se llega a un nivel bajo, al cual se tiene ajustado el switch de nivel para cerrar, al cerrar este switch se acciona la válvula motorizada (abre) y se cambia el ozono para ser alimentado por la válvula solenoide de admisión al difusor poroso.

El agua entrando a través de la válvula motorizada que esta abierta, se mezcla con el ozono producido por los generadores e inyectado a través del difusor. El agua ozonada en la sección externa del tanque de mezcla, va subiendo de nivel hasta que se derrama hacia la sección central. Cuando el nivel del agua en la sección central llegue al punto alto, al cual se ha ajustado el switch de nivel, este se abre. Esto cierra la válvula para que el nivel de agua en la sección central vuelva a descender hasta el nivel bajo a que se ajusto el switch de nivel.

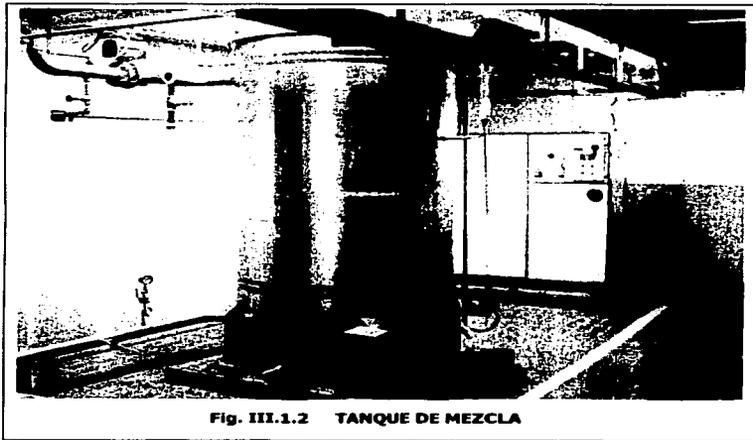


Fig. III.1.2 TANQUE DE MEZCLA

### III.1.3.- Destructor de ozono

Como su nombre lo indica, este aparato esta diseñado para convertir el ozono en oxígeno. Utiliza un material catalítico de metal de oxido (carulite 200), en combinación con elevadas temperaturas de operación para destruir el ozono. Está diseñado para ser usado en el tratamiento de gases en tanques de absorción y reacción que usan ozono en proyectos de tratamiento de agua.

La unidad cuenta con 3 compartimientos a través de los cuales el gas fluye durante el proceso. El primer compartimiento contiene un desalojador condensador de acero, para retirar el exceso de humedad del gas. El agua que es removida es desalojada por medio de una purga. Ver figura III.1.3.

Después del desalojador existen dos elementos de calentamiento (resistencias eléctricas), las cuales sirven para calentar el catalizador y el ozono a temperaturas de al menos 65°C. Después de pasar por estos elementos, el gas fluye a través del catalizador ya calentado, donde es destruido obteniéndose así el oxígeno. El oxígeno es expelido por la parte superior de la unidad.

El destructor de ozono opera automáticamente durante **todo** el tiempo que se encuentre conectado. La vida útil del catalizador dependerá de la naturaleza del gas que se introduzca a la unidad destructora. Si el gas tiene un alto contenido de dióxido de nitrógeno (Nox), la vida útil del catalizador será muy breve. El catalítico esta formado con dióxido de manganeso.

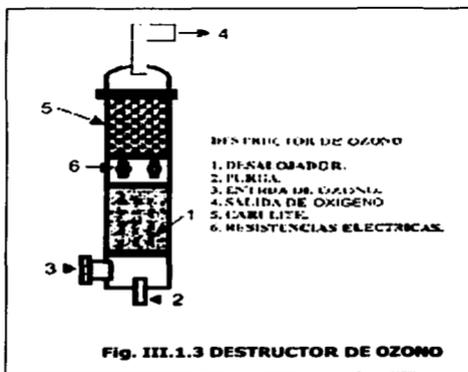


Fig. III.1.3 DESTRUCTOR DE OZONO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.1.4.- Bombas de transferencia

La función principal de este equipo, es la de aplicar la energía necesaria al agua ozonada en el tanque de mezcla, para poder llevarla hasta el deaerador a través del intercambiador de calor, medidor de flujo y calentadora. Ver figura III.1.4.



Fig. 111.1.4 BOMBAS DE TRANSFERENCIA

### III.1.5.- Intercambiador de calor

Es un intercambiador tipo de placas en el cual se logra la transferencia de calor de un medio caliente hacia un medio frío logrando un incremento de temperatura de este último y un decremento del primero. Ver figura III.1.5.

Su función dentro del sistema es la de aumentar temperatura del agua que va hacia la calentadora y enfriar el agua carbonatada que se dirige hacia el enfriador.



Fig. III.1.5  
INTERCAMBIADOR  
DE CALOR

### III.1.6.- Deareador

#### Descripción del sistema

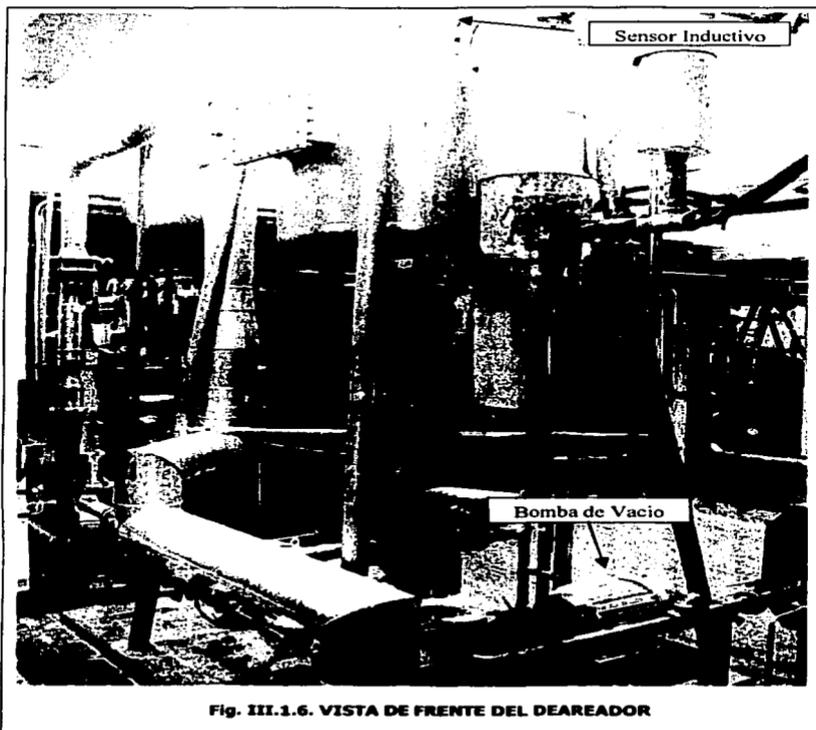
El agua en proceso entra al deareador a través de un medidor de flujo y una válvula de bola, la cual puede ser usada para el control de volumen después del calentador de agua. El agua debe ser calentada aproximadamente a 110 °F/43°C, la presión producida por la bomba de vacío depende de la temperatura del agua.

La lectura del manómetro de vacío debe referirse a una gráfica y ésta lectura debe corresponder al vacío correspondiente a la temperatura de la escala de la altitud correcta. El agua es esparcida dentro de la cámara de vacío y como el agua falsea hasta hervir el aire es desplazado, en adición con la atomización del agua que pasa a través de una cama de cerámica para incrementar la extracción del aire

Si este es alimentado en exceso, el manómetro indicará una lectura arriba de cero, cuando el agua es suficiente el manómetro indicará cero. Una bomba de vacío jala el aire desplazado a través de un enfriador-condensador de aire y dentro de este es succionado. La bomba tipo anillo, requiere para un servicio adecuado agua a una temperatura de 60°C y un volumen apropiado para su funcionamiento a máxima eficiencia. Algo de vapor de agua contenido en el aire es condensado en el enfriador de agua helada.

El flujo de agua alimentada se ajusta para mantener una presión de cero psi en la bomba. La bomba de proceso arranca automáticamente vía un switch de vacío, cuando el vacío dentro de la cámara del deareador rebasa el valor al cual esta calibrado.

El control de nivel de agua en el deareador es un sensor tipo inductivo que manda una señal eléctrica de 4-20 mA hacia el controlador graficador, y a su vez este regula la válvula electroneumática para controlar el nivel del agua en el deareador. Cuando el nivel de agua disminuye, la válvula comenzará a cerrar y el nivel se incrementará, esto hará que la válvula abra nuevamente. El controlador de nivel es de acción reversible; la señal de salida es de 20 mA para un nivel alto y de 4 mA para un nivel bajo de agua. Ver figura III.1.6.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### III.1.7.- Calentadora

La calentadora, es un intercambiador de calor del tipo casco y tubos en el cual mediante el suministro de vapor de agua elevamos la temperatura del agua que va a entrar al deaerador. Ver figura III.1.7.



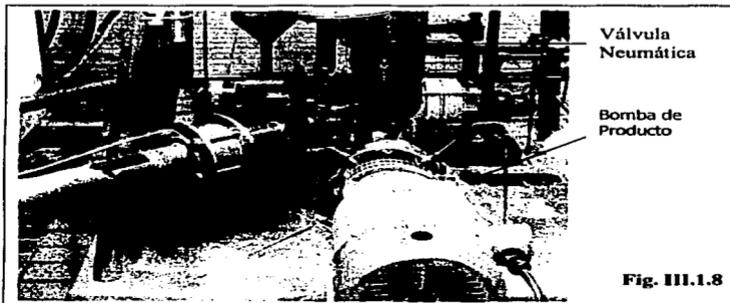
### III.1.8.- Válvula neumática de control de temperatura

Esta válvula neumática nos sirve para regular el paso de vapor hacia la calentadora y mantener constante la temperatura de agua de alimentación hacia el deaerador. Se alimenta una señal de aire hacia el diafragma del actuador de la válvula, el cual, por tener un área considerable se incrementa la fuerza que se ejerce sobre el vástago de la válvula, la cual vence la fuerza de los resortes y abre la válvula. Cuando disminuye la presión de aire que el controlador de temperatura manda la señal al diafragma del actuador para cerrar la válvula.

### III.1.9.- Bomba de producto

Este trabaja bajo el principio de agregarle energía a un líquido, para poder moverlo de un lugar a otro. Dentro de nuestro sistema, la bomba de producto le proporciona la energía necesaria al agua deareada para poder llegar hasta los tanques de almacenamiento.

Su estructura interna es similar a la de las bombas de transferencia. Solo cambia el tamaño por las diferentes presiones de descarga. Ver figura III.1.8.



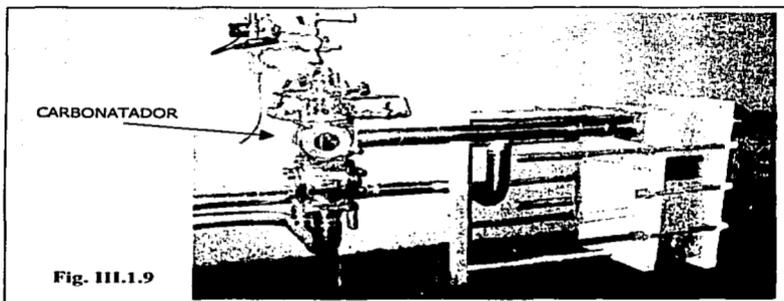
### III.1.10.- Válvula neumática a la descarga de la bomba de producto

El funcionamiento de esta válvula es similar a la válvula neumática que controla el suministro de vapor a la calentadora.

La diferencia que existe entre estas válvulas es que en ésta el asiento del vástago es semicónico. Ver figura III.1.8.

### III.1.11.- Carbonatador

En este equipo se logra la carbonatación del agua mediante el suministro de  $\text{CO}_2$  en estado gaseoso a una presión controlada. La inyección del  $\text{CO}_2$  en el agua se logra mediante un disco con orificios de diámetro pequeño donde el  $\text{CO}_2$  sale en forma de pequeñas burbujas. Ver figura III.1.9.



### III.1.12.- Enfriador

Es un intercambiador de calor en el cual enfriamos el agua ya deareada y carbonatada a una temperatura de 1.5 °C., y es de tipo casco y tubos.

El medio para lograr el enfriamiento es el amoníaco, el cual en su estado líquido se vaporiza para eliminar calor del producto refrigerado (agua). El amoníaco circula por fuera de los tubos y este enfriador es de tipo inundado. El agua circula a través de los tubos y en las tapas se le da un cambio de dirección, para mejorar la eficiencia del enfriador. Ver figura III.1.10



## **CAPITULO IV**

---

# **ELEMENTOS DE CONTROL UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACIÓN DEL DEAREADOR**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

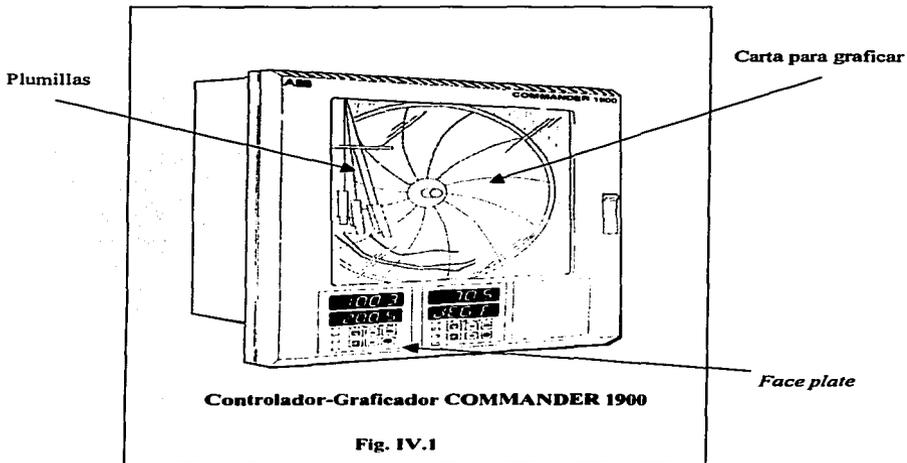
## CAPITULO IV

### ELEMENTOS DE CONTROL UTILIZADOS EN LA AUTOMATIZACION DEL DEAREADOR

#### IV.1.- Controlador-graficador ABB Kent Taylor, modelo COMMANDER 1900

Este controlador-graficador es usado como su nombre lo indica para "controlar y graficar" señales de campo provenientes de diferentes tipos de sensores como pueden ser:

- Termómetro de resistencia
- Sensor de nivel inductivo
- Transmisor de presión
- Transductores I/P (corriente / presión)

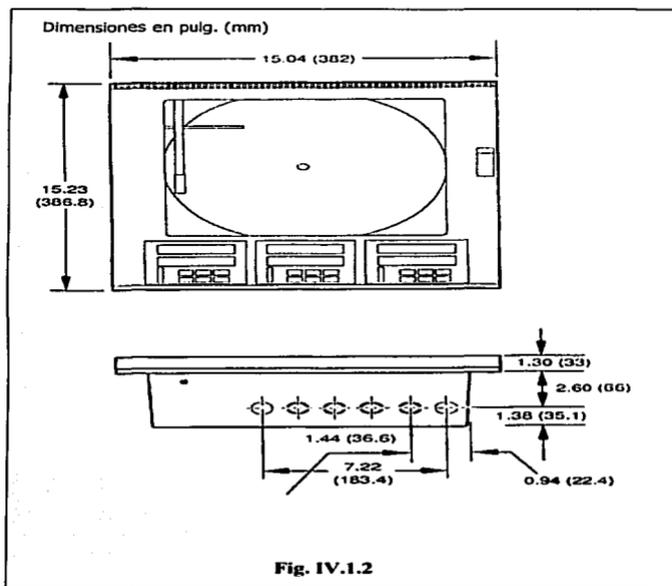


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Entre otras características generales del controlador-graficador COMMANDER, se puede mencionar que tiene capacidad de 1 a 4 plumillas para graficar las variables de proceso, de 1 a 3 *face plate* donde se observan las lecturas de las variables a monitorear o a controlar; además de que sirven para entrar a la programación y estar cambiando a los diferentes niveles de programación.

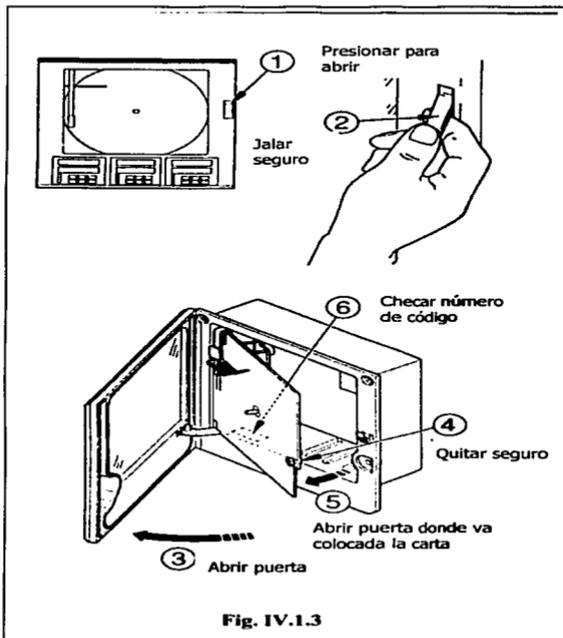
### Descripción de componentes del Controlador-graficador COMMANDER 1900.

Enseguida se muestra por medio de la figura IV.1.2 las dimensiones y la forma que tiene el controlador-graficador.



### Identificación de módulos de entrada

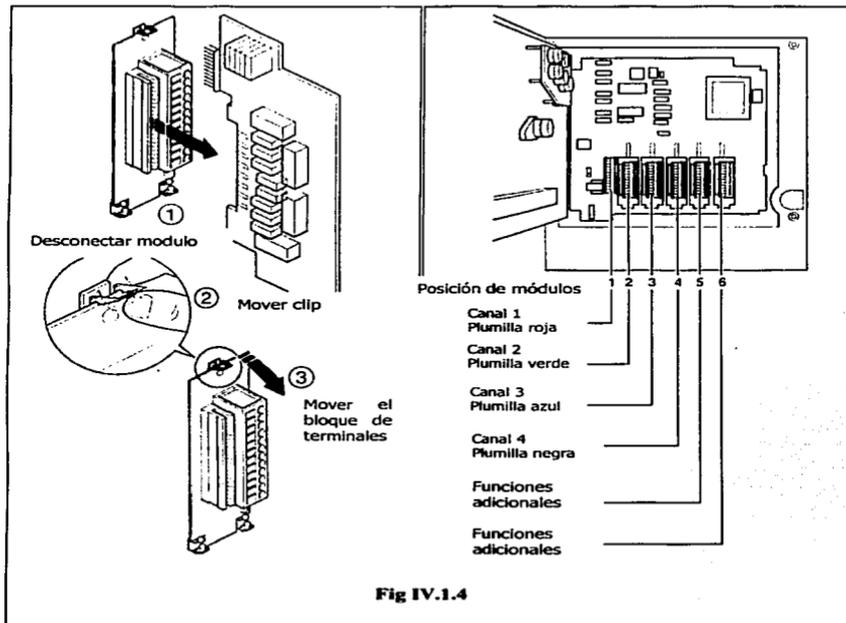
Para poder acceder y ver los módulos I/O, se tiene que abrir la puerta del controlador-graficador e identificar el chasis como se muestra en la figura IV.1.3.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Identificación de los canales

Las conexiones del canal 1 se realizan directamente en el block de terminales montada sobre la tarjeta madre del controlador-graficador. Otras conexiones de canales están diseñados para módulos de I/O de tipo estándar, ubicados en las posiciones 2, 3 y 4 como se muestran en la figura IV.1.4.

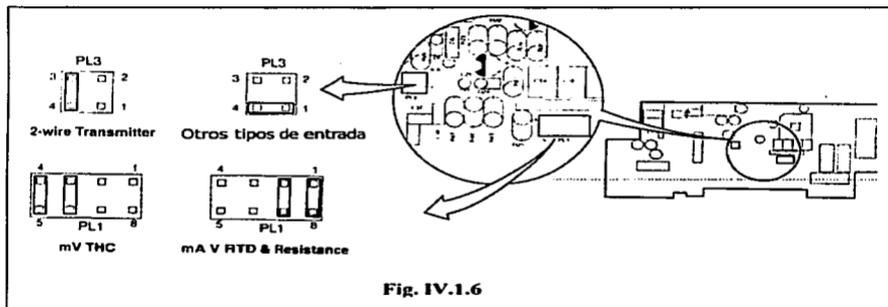
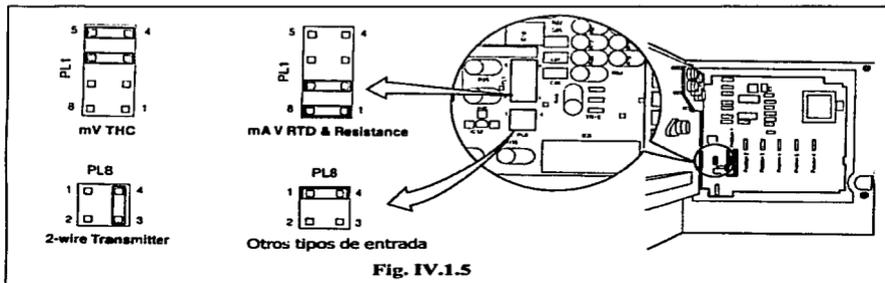


## Selección del tipo de entrada analógica

Los puentes mostrados en la siguiente figura, son utilizados para determinar el tipo de entrada que se va a configurar para tener lecturas ya sea de control o de monitoreo provenientes de sensores.

Canal 1. PL1 y PL8, se encuentran localizados sobre la tarjeta madre del controlador-graficador COMMANDER 1900. Ver figura IV.1.5.

Canal 2 al 4. PL1 y PL3. Ubicados sobre los módulos de las tarjetas, como se muestran en la figura IV.1.6.



## Voltaje y Corriente

Se muestra la forma y la posición correcta para instalar en el block de terminales los diferentes tipos de señal que puede interpretar el controlador-graficador COMMANDER 1900. De igual forma se describen las impedancias de entrada. Ver figura IV.1.7. y tabla IV.1.7.a.

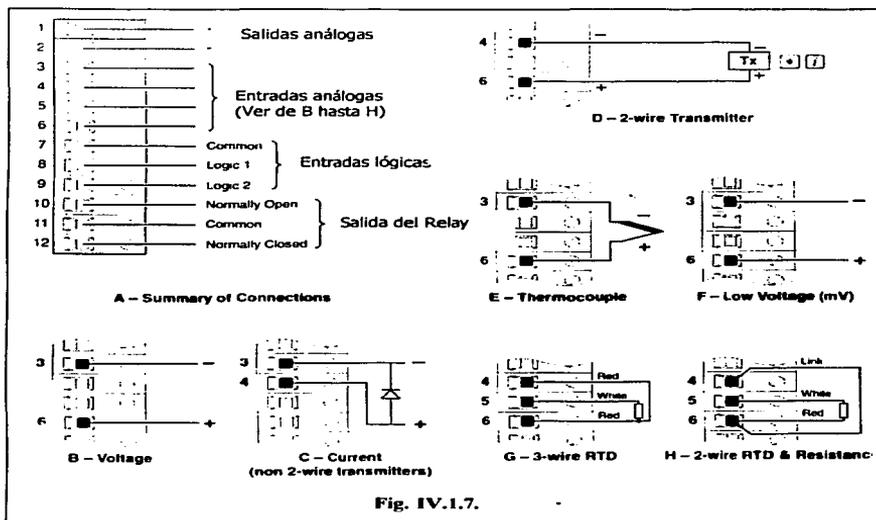


Fig. IV.1.7.

Low Voltaje (mV)	> 10 Mohms
Voltaje	> 10 Mohms
Corriente (mA)	100 ohms

Tabla IV.1.7.a

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Transmisor de dos hilos

La alimentación de C.D. para un transmisor a dos hilos, es proporcionada por el mismo controlador graficador a través de su terminal número 6(+) y una referencia número 4(-). Este caso solo aplica para sensores de campo que carecen de suministro de alimentación de C.D. propia, y que por lo tanto requieran de una fuente externa para alimentarse y por medio de los mismos hilos de alimentación transmita sus lecturas hacia un equipo de monitoreo o de control. Lo anterior lo podemos observar en la figura IV.1.8.

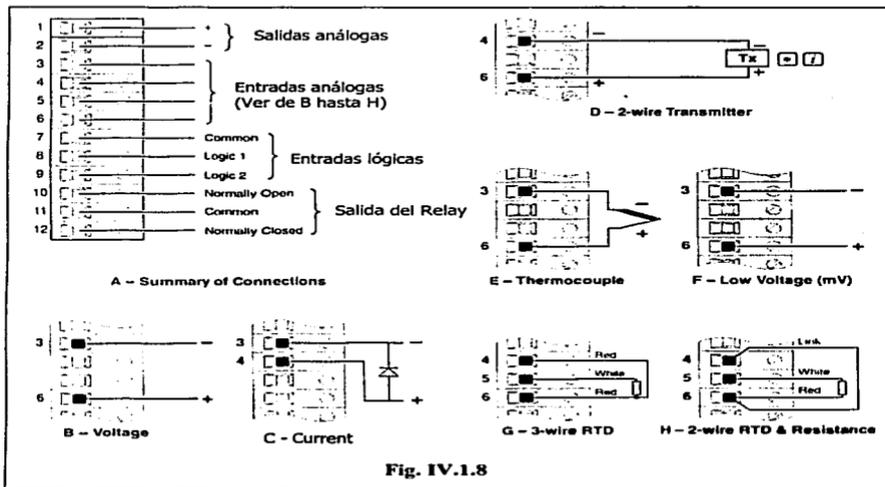


Fig. IV.1.8

## Termómetro de Resistencia (RTD)

Para tener lecturas de temperatura con mayor precisión en el controlador-graficador, es recomendable usar termómetros de temperatura a 3 hilos; una referencia y dos comunes.

En el caso particular de termómetros de temperatura a dos hilos, se emplea un puente entre las terminales 6 y 4 del block de terminales, para tener una compensación de resistencia y así, estabilizar las lecturas para que sean más estables y más confiables. Ver figura IV.1.8.

### Salidas Analógicas.

Las salidas analógicas son conectadas a las terminales 1 y 2 del block de terminales. Dichas salidas analógicas tienen polaridad y por lo tanto se debe de tener cuidado al conectar el equipo de control en estas terminales. Ver figura IV.1.8.

### Salida de Relevador

A continuación se describen las características técnicas de los relevadores del controlador-graficador.

Type	Single pole changeover	
Voltaje	250 V.A.C..	250 V.D.C.
Corriente	5 Amp. AC.	5 Amp. DC.
Loading (non inductive)	1250 VA	50 W

La forma de conectar en el block de terminales, se puede observar en la figura IV.1.8.

**Selector de alimentación de corriente alterna.** Ver figura IV.1.9.

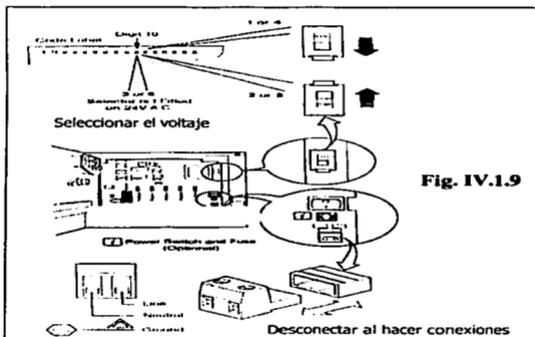


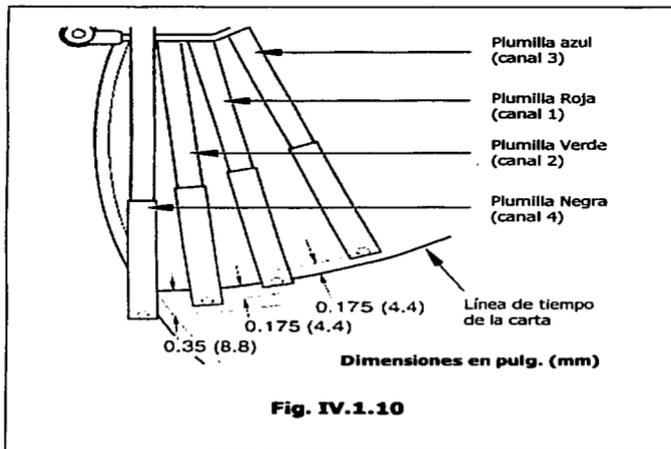
Fig. IV.1.9

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## Procedimiento para energizar el controlador-graficador COMMANDER 1900

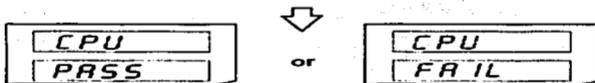
Precaución.- Verificar todas las conexiones, especialmente la conexión a tierra física, la cual debe de ser adecuada para el equipo.

1. Revisar que los sensores de entrada sean instalados de forma correcta.
2. Revisar las plumillas, las cuales deberán de instalarse de forma correcta, (ver figura IV.1.10)
3. Poner el conector de alimentación sobre el controlador-graficador.
4. La secuencia de inicialización se muestra en la figura IV.1.11. Además se observa a través de la *face plate* número 1.



19 14  
E E S E

Prueba del instrumento.- Identifica el tipo de instrumento



Prueba del CPU.- Comprueba el funcionamiento del CPU



Prueba de configuración.- Comprueba la memoria contenida en la configuración del instrumento, entonces indica pass(bien) o fail(error)



Prueba de calibración.- Comprueba las memorias contenidas en los datos de calibración para cada entrada analógica y salida, entonces indica pass(bien) o fail(error)

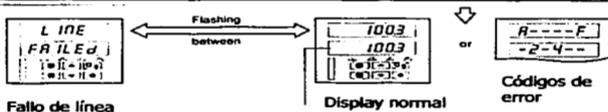
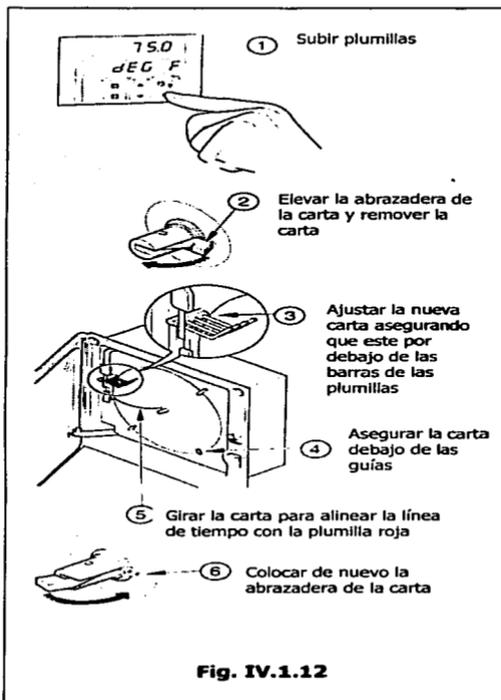


Fig. IV.1.11

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

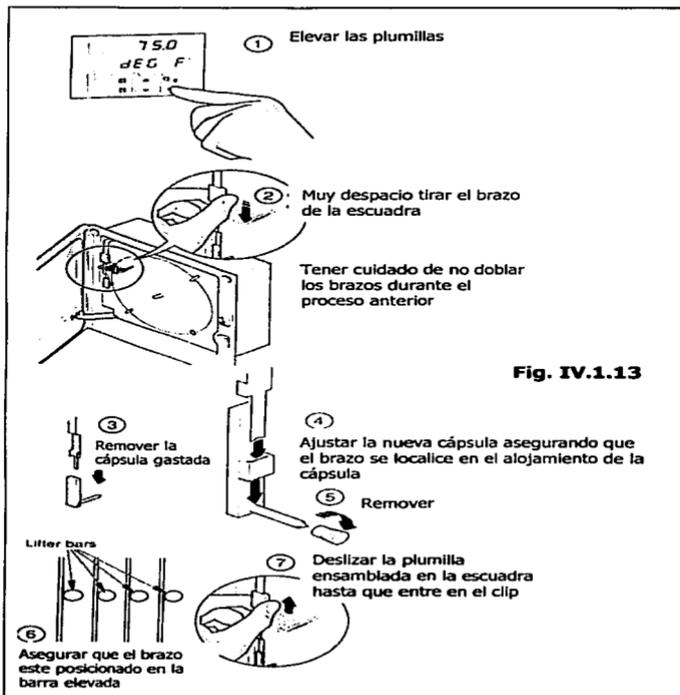
### Colocación y/o cambio de la carta del controlador graficador.

En la figura IV.1.12 se describe la secuencia de pasos que se deben de seguir para realizar un ajuste o un cambio de la carta del controlador-grficador.



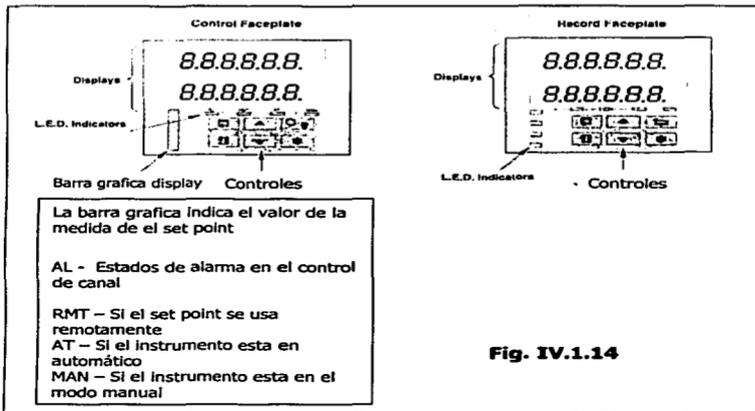
## Cambio de las cápsulas de las plumillas.

El siguiente procedimiento sirve además de cambiar las cápsulas, para llenar las mismas con tinta; es decir, son recargables las cápsulas. El procedimiento se describe en la figura IV.1.13.



## Display y controles.

Los led's del display y los controles de operación / programación están localizados sobre las "face plate" ubicadas sobre el panel frontal del controlador-graficador, ver figura IV.1.14.



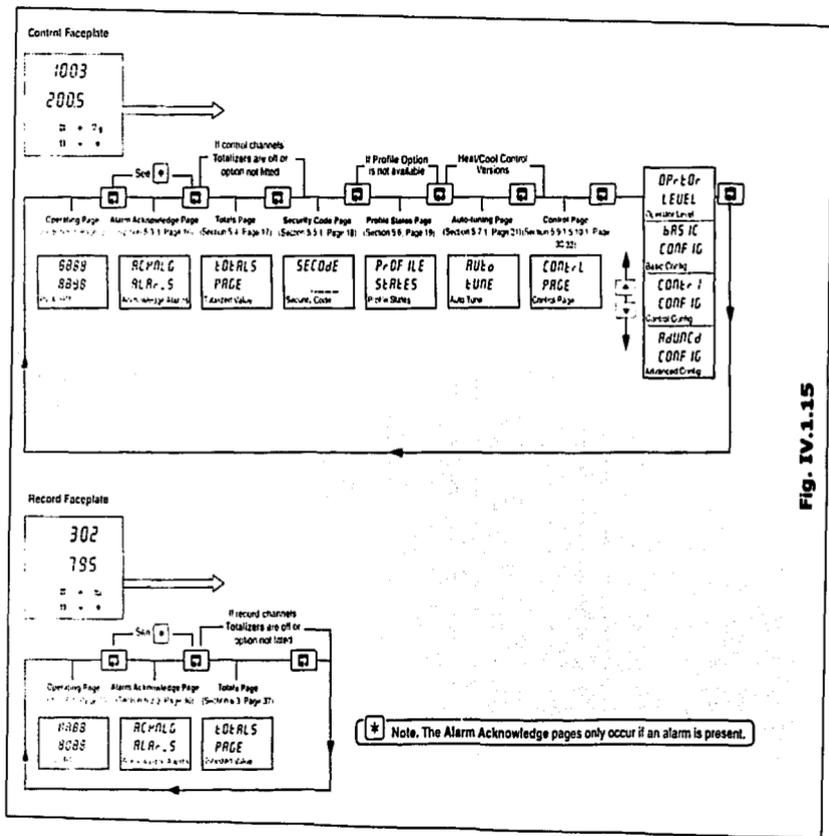
**Fig. IV.1.14**

Los displays están formados por dos renglones de 6 caracteres cada uno. Cuando los parámetros dentro de la página seleccionada son visualizados, en el display superior se muestra el parámetro a visualizar, mientras tanto que en el display inferior se muestra el valor de la variable o la selección para otros parámetros.

Las alarmas y los canales de estado están indicados a través de led's, los cuales se encuentran ubicados sobre la parte frontal de las "face plate" como se muestra en la figura IV.1.14.

El instrumento tiene menús de operación dedicados (ver figura IV.1.15). Estas páginas son usadas para un monitoreo general de las variables de proceso y no están afectadas por sistemas de seguridad para ser bloqueadas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## Introducción al control estándar.

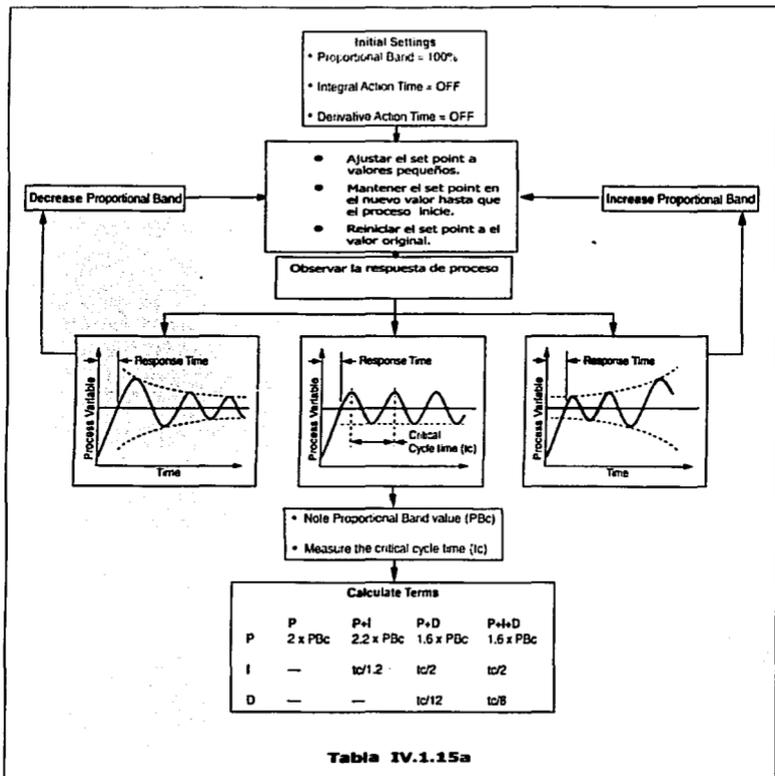


Tabla IV.1.15a

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

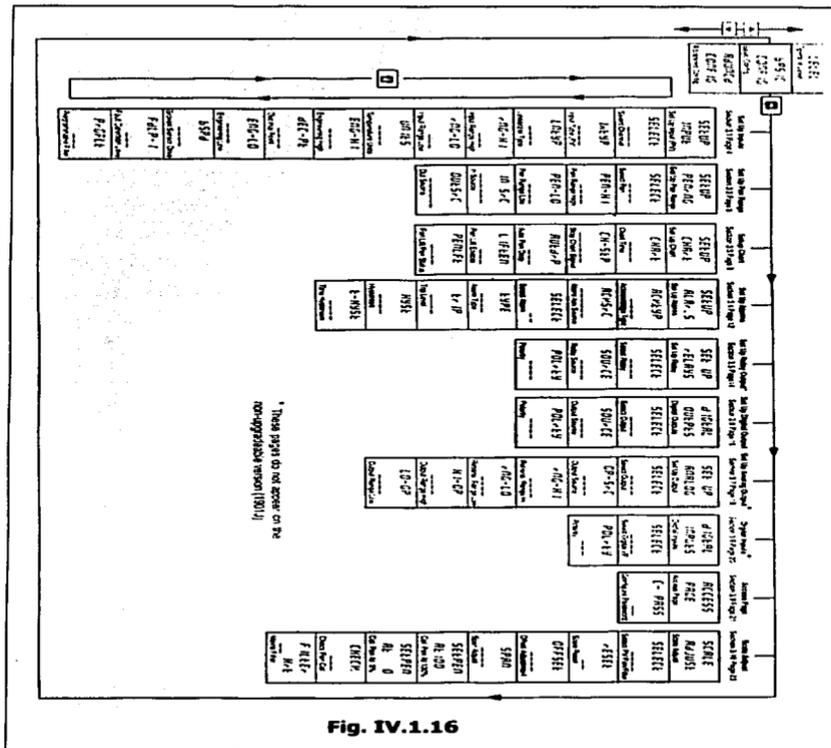
Respuesta	Contribuciones	Efecto de la respuesta de los valores		
		Alto	Bajo	
On/Off Histeresis	Ayuda a prevenir rápidos cambios en la señal de salida	El proceso tiene ondulaciones por arriba y por abajo del set point.	La variable de salida oscila rápidamente.	
Banda Proporcional	La estabilidad del control con un offset mínimo y un mínimo periodo de oscilación consistente con estabilidad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Más estable.</li> <li>Periodo mas largo.</li> <li>Offset más largo.</li> </ul>	La estabilidad decrece.	
Integral	Elimina el offset entre el proceso y el set point.	El tiempo para la variable para regresar al set point incrementa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La estabilidad decrecena.</li> <li>Los periodos de oscilación crecen.</li> </ul>	
Derivativa	Incrementa la estabilidad, permitiendo pequeñas bandas proporcionales y tiempos Integrales más largos para ser usados.  Reduce la altura del primer pico.  Reduce el periodo de oscilación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>La estabilidad decrece.</li> <li>El ruido del proceso es amplificado.</li> </ul>	La máxima contribución no se realiza.	

Tabla IV.1.15b

Efecto de las respuestas de control sobre el proceso.

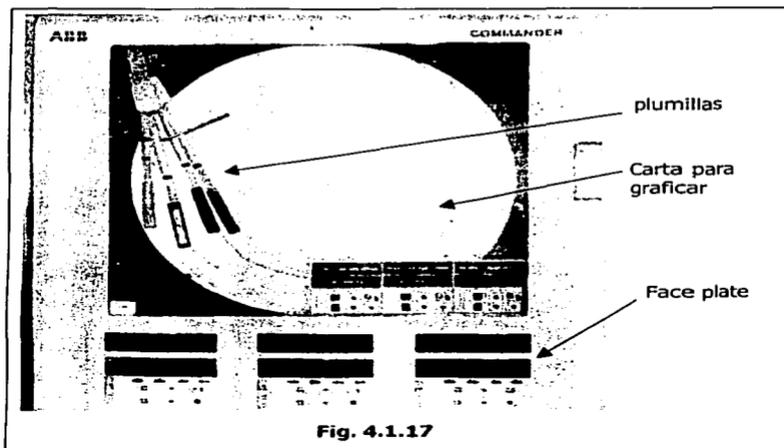
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los procedimientos de programación son usados para ser cambios en los valores de los parámetros de operación y ajuste de escala. Ver figura IV.1.16.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La programación de todos los canales se realiza a través del "face plate 1", ver figura IV.1.17.



### **Set up inputs (variable de proceso)**

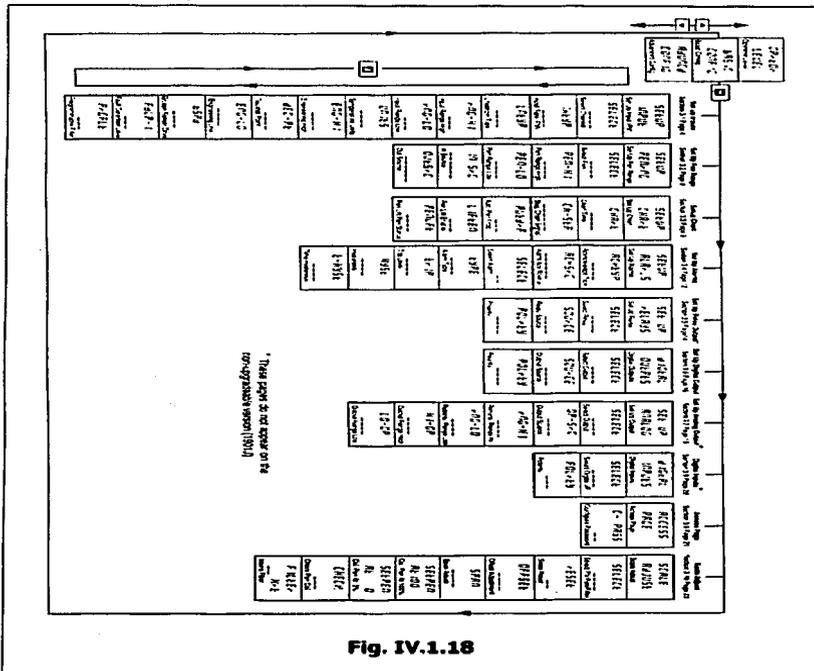
Información:

- Entradas universales.- mV, mA, V, THC, RTD y resistencia.
- Linealización.- Para algunos sensores de temperatura que en ocasiones son transmisores no linealizados y para algunas entradas de tipo eléctrico.
- Niveles y acciones de control programados de fábrica.
- Filtros digitales.- Utilizados para reducir los efectos de ruido sobre las señales de entrada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Ejemplo:**

- Entrada de corriente de 4-20 mA
- Mostrar en el display un rango de 0-200 psi.
- Detección por default en un nivel de 10% sobre los 200 psi (engineering/display range) y 10% por debajo de los 0 psi (engineering/display range).
- En el menú de configuración básica se tienen los siguientes submenús como se ve en la figura IV.1.18



TESIS CON FALLA DE ORIGEN

La figura IV.1.19 nos muestra los submenús del menú principal (*control config*).

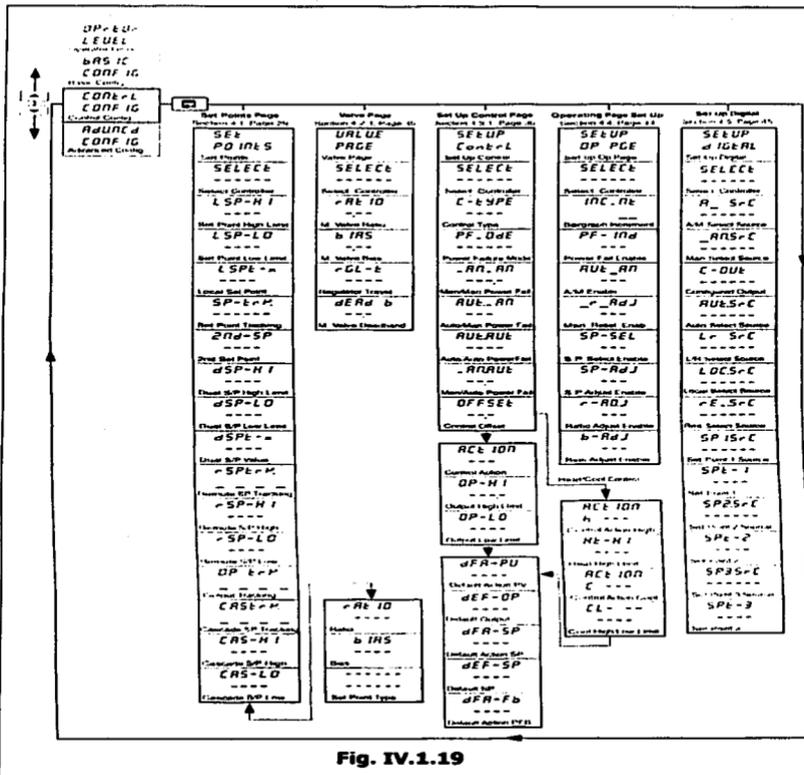


Fig. IV.1.19

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La figura IV.1.20 nos muestra los submenús del menú principal (*advanced config*).

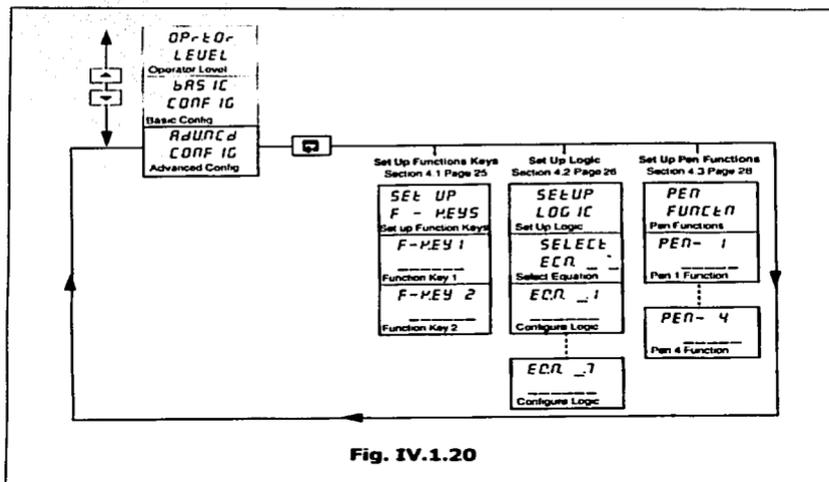


Fig. IV.1.20

## IV.2.- Transmisor de presión (WIKA)

Es un transmisor de presión relativa con sensor cerámico. Montado en caja inoxidable de formato pequeño con salida a 4-20mA por conector normalizado. Diseñado para aplicaciones de presión.

- Medición de vacío y presión relativa y absoluta.
- Sensor cerámico capacitivo.
- Rangos 0 a 10 bar
- Protección contra sobretensiones transitorias e inversión de polaridad.
- Salida 4-20mA, conexión a 2 hilos.
- Caja inoxidable de protección.
- Conexión según DIN 43650

### **Descripción**

El transmisor de presión WIKA es un aparato destinado a convertir y transmitir una señal de presión, en una variación de corriente 4-20 mA sin necesidad de disponer de fuente de alimentación de campo, ya que solo precisa de dos hilos para alimentarse y enviar la señal convertida al medidor. Aprovecha los avances existentes en el campo de los sensores cerámicos capacitivos que permiten mantener unas excelentes prestaciones.

El WIKA es la gama superior de tipo profesional para todo tipo de fluidos compatibles con su membrana de cerámica alumina, para todo tipo de aplicaciones de 0 a 10 bar.

Estas ventajas se complementan con un buen comportamiento en el medio industrial, frente a las variaciones de temperatura, a los ruidos y señales parásitas, ofreciendo a cambio una gran estabilidad y un bajo rizado de la señal modulada.

### **Características técnicas**

Gases y líquidos:.....	sensor de cerámica capacitivo.
Captador.....	capacitivo con compensación de temperatura integrada.
Precisión:.....	$\pm 0.2$ % del SPAN
Conexión a proceso.....	1/2" GAS
Protección encapsulado.....	IP-65
Salida.....	4-20 ma.
Conexión eléctrica.....	2 hilos vía conector DIN
Tensión alimentación.....	entre 10 y 30 V D.C.
Carga máxima.....	600 ohms a 24 v
Linealidad.....	$\pm 0.2$ % del Span
Estabilidad.....	$\pm 0.2$ % del Span
Deriva térmica.....	$< 0.015$ % / °C

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

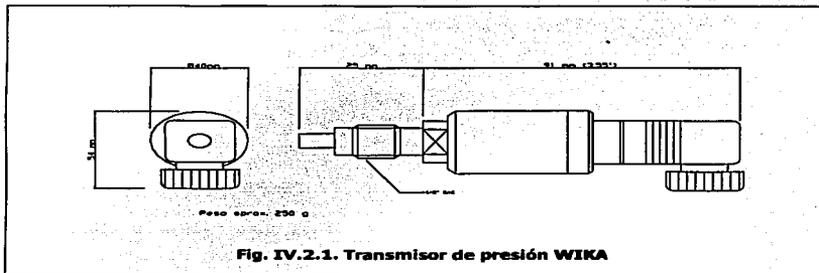
Margen de temp. Compensada.....-10 a 55°C

Temperatura de trabajo del sensor.....máx. -25 a +85° C

Unidades..... bar

Tiempo de respuesta.....< 3 ms

### **Medidas**



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

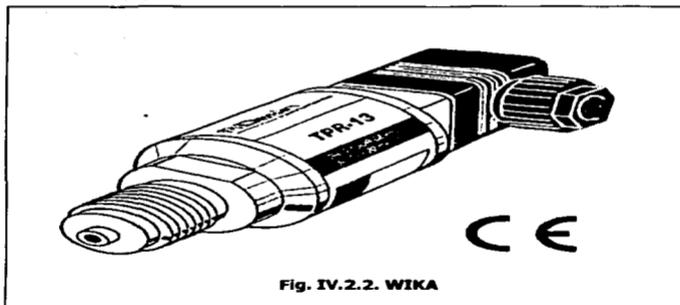


Fig. IV.2.2. WIKA

### IV.3.- Termómetro de resistencia, RTD (PT-100)

La medición de temperaturas por medio de un termómetro de resistencia, está basada en el fenómeno en que la resistencia de un conductor cambia cuando su temperatura varía, de manera tal que, para cada material conductor existe una relación bien definida entre su temperatura y su resistencia eléctrica.

El circuito básico de un sistema de medición de temperatura con termómetro de resistencia esta representado en la figura IV.3.1:

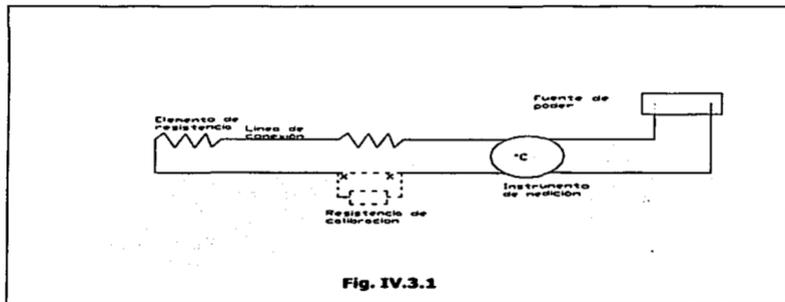


Fig. IV.3.1

Sus componentes son:

- *Elementos de resistencia*, que normalmente es un embobinado de alambre de material y calibre adecuados para esta aplicación.
- *Línea de conexión*, que conecta eléctricamente el elemento de resistencia al instrumento de medición.
- La resistencia de balance y la resistencia de calibración.
- El instrumento de medición con su fuente de poder.

La fuente de poder hace circular en el circuito una corriente eléctrica cuya intensidad es función de la resistencia del elemento, la cual a su vez, es función de su temperatura.

Entonces, el instrumento de medición, midiendo esta corriente mide indirectamente la temperatura a la cual está expuesto el elemento de resistencia. El cambio de resistencia eléctrica de un material, debido a su cambio de temperatura, es determinado por su coeficiente de temperatura que se define como sigue:

$$C_t = \frac{R_{100} - R_o}{100 \times R_o}$$

Donde:  $R_o$  = Resistencia a 0°C (ohms)

$R_{100}$  = Resistencia (ohms)

El embobinado del elemento de resistencia es calibrado con mucha precisión en un cierto valor de la resistencia a 0°C, normalmente a 100 ohms. Esta es la resistencia nominal del elemento.

### **Inserto de medición.**

Debido a la fragilidad del elemento de resistencia, no es conveniente colocarlo directamente en el tubo protector o termopozo del termómetro, sino es práctica normal montarlo en un inserto de medición que lo protege contra esfuerzos mecánicos y vibraciones.

El inserto de medición será, a su vez, instalado en el Tubo Protector o Termopozo. Los insertos son constituidos por un tramo de tubo de pared delgada, cerrado en un extremo y unido en el otro extremo al block terminal cerámico por medio de una pequeña brida.

El elemento de resistencia está colocado en el extremo cerrado (punta) del inserto en forma tal, de asegurar la máxima transmisión de calor. La extensión de interior, con sus aisladores, corre en el interior del tubo y se conecta a las terminales del block terminal.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **Tubo protector o Termopozo**

En algunos casos, el Inserto es utilizado directamente, sin protección adicional, pero en la mayor parte de las aplicaciones es indispensable un Tubo Protector o un Termopozo.

La forma, dimensiones y material del tubo protector o del termopozo, dependen de las condiciones de aplicación y son determinados por los requerimientos de resistencia al calor, a ataque químico y de resistencia mecánica, características de cada aplicación.

### **Línea de conexión externa**

La línea de conexión externa esta constituida por las líneas eléctricas que conectan el termómetro de resistencia al instrumento de medición.

Su resistencia tiene influencia sobre la medición y, consecutivamente, debe ser tomada en consideración cuando se balancea el circuito, para evitar errores de medición.

Cuando se pone en operación una nueva instalación, la resistencia real de la línea de conexión externa tiene que ser ajustada al valor especificado por el fabricante del instrumento de medición. Este valor viene siempre indicado en la carátula del instrumento. (Ejemplo: Resistencia Externa: 10 Ohms).

Para la línea de conexión externa se utiliza normalmente un cable de cobre de bajo voltaje, bien aislado, calibre 16 AWG en cada conductor, que tiene una resistencia a temperatura normal de aproximadamente 2 ohms por 100 metros de cable duplex.

Si la línea de conexión externa está expuesta a considerables cambios de temperatura que pueden provocar grandes cambios de su resistencia, conviene utilizar el sistema de conexión de tres alambres.

### **Resistencia de balance y de calibración**

En el sistema de conexión de dos alambres, el valor real de resistencia de la línea de conexión externa es ajustado al valor indicado en el instrumento por medio de la resistencia de balance que esta insertada en uno de los alambres de la línea.

El balance se hace por medio de una resistencia de calibración que se conecta en el circuito en lugar del termómetro de resistencia. La resistencia de calibración tiene un valor equivalente a una determinada temperatura y está hecha de un material cuyo coeficiente de temperatura es insignificante.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **Balanceo de circuito**

Para balancear la resistencia de circuito, se procede de la siguiente forma:

- Cortocircuitar la línea de conexión externa en el block terminal del termómetro de resistencia.
- Abrir la barra de corto circuito en la resistencia de calibración. En esta forma, la resistencia de calibración queda en el circuito en lugar del termómetro de resistencia.
- Después de conectar la fuente de poder, la aguja del instrumento de medición debe indicar la temperatura correspondiente a la resistencia de calibración.
- Si hay alguna diferencia, esta se debe compensar corrigiendo la resistencia de balance, hasta que la aguja del instrumento indique la misma temperatura representada por la resistencia de calibración.
- Para evitar violentas oscilaciones de la aguja del instrumento por interrupción del circuito de medición, la fuente de poder debe siempre ser apagada antes de desconectar las líneas al termómetro y debe ser conectada solamente después de haber hecho nuevamente las conexiones.
- Después de haber obtenido el balance correcto, la resistencia de calibración es nuevamente cortocircuitada o quitada del circuito.

## **Instalación de termómetros de resistencia**

El termómetro de resistencia (fig. IV.3.2) debe ser instalado en el medio del cual se quiere medir la temperatura, a una profundidad tal que el efecto de substracción de calor del tubo protector sea insignificante.

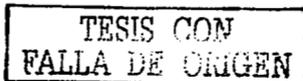
Se recomienda una profundidad de inmersión de 6 a 15 veces el diámetro del tubo protector, dependiendo de la conductividad de calor del medio.

En el caso de tubos, donde la profundidad de inmersión es limitada, por lo menos una vez y medio la longitud del elemento de resistencia debe ser sumergido en el medio.

En el caso de tubos de pequeño diámetro, esto se puede obtener solamente instalando la unidad contra la dirección del flujo, en ángulo o con un doblé.

Dado que el voltaje presente en el circuito de medición de un termómetro de resistencia es normalmente muy bajo, debe ponerse especial atención en las conexiones con la línea externa y con el instrumento para reducir al mínimo las resistencias de contacto. Contactos mal hechos y fallas de aislamiento pueden introducir errores en la lectura de la temperatura.

Las líneas de conexión no deben correr cerca de las líneas de voltaje.



En el caso de instrumentos de medición muy sensibles, con amplificadores, es recomendable usar cables con pantalla metálica para minimizar la posibilidad de interferencias externas.

### **Mantenimiento de termómetros de resistencia**

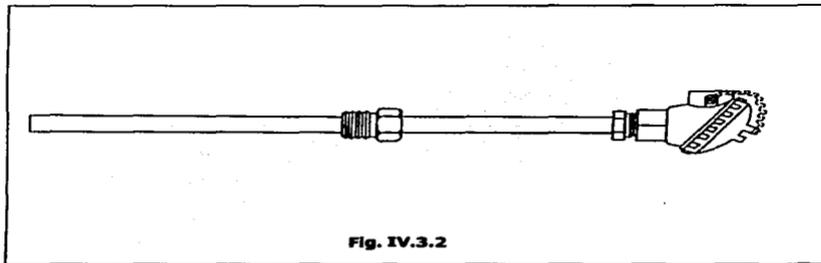
Los tubos protectores de los termómetros están sujetos al desgaste natural que depende del ambiente en el cual están instalados.

Por esta razón, deben inspeccionarse regularmente y los tubos protectores dañados deben ser sustituidos a tiempo para evitar daños al inserto de medición.

Todo el sistema de medición debe ser probado a intervalos regulares, cortocircuitando el termómetro de resistencia e introduciendo la resistencia de calibración para asegurarse de la exactitud del sistema.

Cuando se usan baterías para fuente de poder, su voltaje debe ser controlado a intervalos regulares.

Es indispensable mantener en perfectas condiciones todas las conexiones y uniones eléctricas a lo largo del sistema, así como los switch selectores que pudieran estar presentes.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### IV.4.- Transductores I/P (corriente / presión) (Posicionador electroneumático)

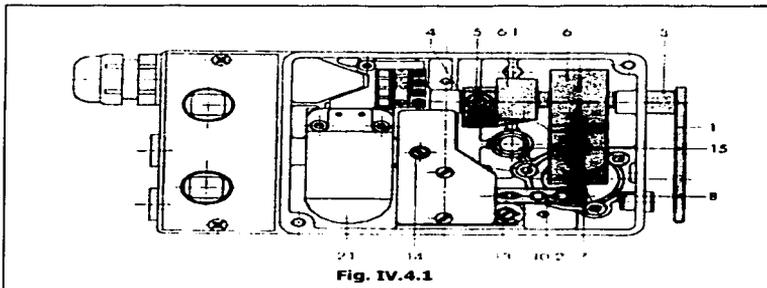
##### Construcción y principio de funcionamiento

El posicionador electro neumático sirve para coordinar la posición de la válvula (magnitud de regulación) y la señal de mando (magnitud de guía). Para ellos se compara la señal de mando procedente de un regulador o de una estación de maniobra con la carrera de la válvula y se envía como salida una presión de mando neumática (magnitud de salida).

El posicionador electro neumático se compone de un modulo convertidor electroneumático (21) y de la parte neumática con la palanca (1), eje (1.1) y resorte de medición, así como del sistema de maniobra con tobera, placa deflectora y amplificador.

La señal de corriente continua procedente del regulador (señal de entrada), por ejemplo: 4 a 20 mA, se conduce al modulo convertidor electro neumático (convertidor I/P) y se transforma allí en una señal proporcional de presión  $p_e$ .

Si varía la señal eléctrica varía también proporcionalmente la presión de aire  $p_e$  que se envía al sistema de maniobra neumático. La presión de aire  $p_e$  produce a su vez en la membrana de medición (8) una fuerza de mando, que se compara con la fuerza del resorte de medición (6). El movimiento de la membrana de medición (8) se transmite a través del pivote palpador (9.1) a la placa deflectora (10.2) y modula la separación de la tobera (10.1). Variaciones de la señal de mando  $p_e$  o de la posición de la válvula generan una variación de presión en el amplificador (12) conectado a continuación de la tobera, dando salida a una presión de mando  $p_{st}$  modulada que sitúa el husillo del obturador en la posición correspondiente a la magnitud de guía.





## **Conexiones neumáticas**

Las conexiones neumáticas pueden ser agujeros con rosca  $\frac{1}{4}$  NPT o ISO 228/1-G  $\frac{1}{4}$ . Pueden utilizarse enlaces normales para tubo metálico, de cobre o de plástico. El aire de alimentación debe ser seco y estar exento de aire y polvo. Deben observarse necesariamente las normas de mantenimiento para estaciones reductoras conectadas delante. Antes de conectar las tuberías de aire deben soplarse a fondo.

## **Manejo**

### *Correspondencia del posicionador con el accionamiento*

La correspondencia de accionamiento, magnitud de guía, sentido de actuación y posición de montaje pueden verse en las figuras 7 a 10. Cualquier modificación posterior como por ejemplo: cambio del sentido de actuación del circuito regulador de posición o cambio del accionamiento "husillo del accionamiento saliendo", en "husillo del accionamiento entrando" o viceversa conlleva también un cambio de posición de montaje del posicionador.

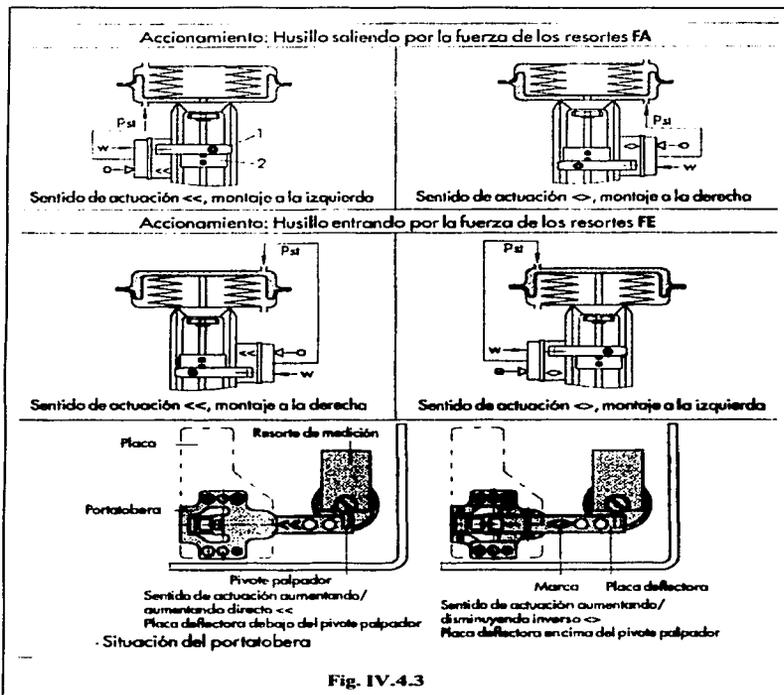
## **Determinación y cambio del sentido de actuación**

Al aumentar la señal de entrada (magnitud de guía), la presión de mando puede aumentar (sentido de actuación directo <<) o disminuir (sentido de actuación inverso >>). Del mismo modo se comporta al disminuir la señal de entrada, con sentido de actuación directo <<disminuye la presión de mando y con sentido de actuación inverso >> aumenta la presión de mando. En la placa deflectora (10.2) hay unas marcas para el sentido de actuación (<< y >>). Según la posición de la placa deflectora será visible el sentido de actuación con su marca.

## **Principio de trabajo y magnitud de guía**

La palanca y el resorte de medición montados en el posicionador corresponden a la carrera nominal de la válvula y a la magnitud de guía (señal de entrada) según la tabla que figura abajo. El span de la magnitud de guía es normalmente  $100\% = 16$  mA. Al ajustar el posicionador debe adaptarse la carrera a la magnitud de guía y viceversa. Con una magnitud de guía de por ejemplo 4 a 20 mA, debiendo recorrer también la carrera su margen total de 0 a 100%. El principio de trabajo está situado entonces en 4 mA y el valor final en 20 mA.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Para el mando de 2 válvulas de control, se subdivide en servicio Split-range la señal del regulador, de modo que con la mitad de la señal de entrada recorra cada una su carrera total (por ejemplo: la primera válvula ajustada de 4 a 12 mA y la segunda de 12 a 20 mA). Para evitar solapados habrá que tener eventualmente en cuenta tiempos muertos de  $\pm 0.5$  mA.

**Datos técnicos (todas las presiones en bar)**

Magnitud de regulación (carrera) en mm	7.5 hasta 60 con prolongación de palanca 90
Magnitud de guía Split-range 0 a 50% O 50 a 100% del span de la magnitud de guía Hasta 50 mm de carrera	4 a 20 mA Resistencia interior Ri a 20°C Aprox. 250 ohms +/- 7%
	4 a 20 mA Resistencia interior Ri a 20°C 0 a 20 mA
	1 a 5 mA Resistencia interior Ri a 20°C
	Con clase de protección EEx la IIC deben tenerse en cuenta los datos indicados en el certificado de conformidad
Resorte de medición	Elección según tabla 2
Energía auxiliar	Aire de alimentación de 1.4 a 6 bar o 20 a 90 psi
Presión de mando $p_{sx}$ (salida)	Máx. 0 a 6 bar o 0 a 90 psi
Característica	Forma básica lineal, desviación de la característica con ajuste punto fijo
Histéresis	< 0.5%
Sensibilidad de reacción	< 0.1 %
Sentido de actuación	Reversible
Margen de proporción con aire aliment. A 1.4 bar	1 a 3% con resorte 1 y 2, 1 a 1.5% con resorte
Consumo de aire en estado de reposo, $X_p=1\%$	Con aire aliment. 4 bar 0.19 Nm <sup>3</sup> /h Con aire aliment. 6 bar 0.5 Nm <sup>3</sup> /h
Suministro de aire	Con incr. 1.4 bar 3 Nm <sup>3</sup> /h Con incr. 6 bar 8.5 Nm <sup>3</sup> /h
Temperatura ambiente admisible	-20°C a +70°C
Materiales	Caja: fundición a presión de aluminio, cromatizada y recubierta de material sintético; piezas exteriores: acero inoxidable.

**Tabla IV.4**

**IV.5.- Sensor de nivel tipo inductivo "PATRIOT"**

Este tipo de sensor nos sirve para el monitoreo de una gran variedad de líquidos. El sensor está compuesto por un flotador integrado en un tubo de 5/8" de diámetro y solamente con dos conductores en la cima del tubo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El sensor inductivo "PATRIOT" funciona de la siguiente manera:

Como se mencionó anteriormente el sensor inductivo PATRIOT está formado por una varilla en la cual se desplaza de manera libre dentro de una carrera, una esfera tipo flotador. En dicho sensor se encuentran las terminales de conexión donde se ubica el transductor, quien hará la conversión de una señal tipo inductiva a una señal de tipo eléctrica (mA). Los dos hilos que salen del sensor PATRIOT son los que se conectan a un equipo de monitoreo o de control, el cual proveerá al sensor inductivo la alimentación de 24 V D.C. para su funcionamiento y a su vez por medio de los dos hilos del sensor inductivo se entregará la señal de control de nivel.

La ubicación del sensor será de tal forma que quede vertical y paralelo al tanque o recipiente, al cual se le quiere ya sea monitorear o controlar el nivel del mismo. Con lo anterior se realizarán pruebas de nivel; es decir, se determinará el nivel bajo para tener una lectura por parte del sensor de nivel de 4mA, y otra lectura para determinar el nivel alto a 20 mA. Ahora bien, el flotador del sensor de nivel podrá desplazarse por el cuerpo de la varilla de manera proporcional al nivel del líquido en el recipiente, dentro del rango de 4 a 20 mA a una relación de 0 a 100% del nivel del recipiente de acuerdo a la calibración o ajuste antes realizado.

### **Especificaciones**

Voltaje de operación:	24 D.C.
Corriente de salida:	4-20 mA
Temperatura de operación:	-40° a +85°C
Exactitud:	0.1%
Tamaño de sensor:	10" a 316" de largo
Material del sensor:	Tubo de acero inoxidable de 5/8"

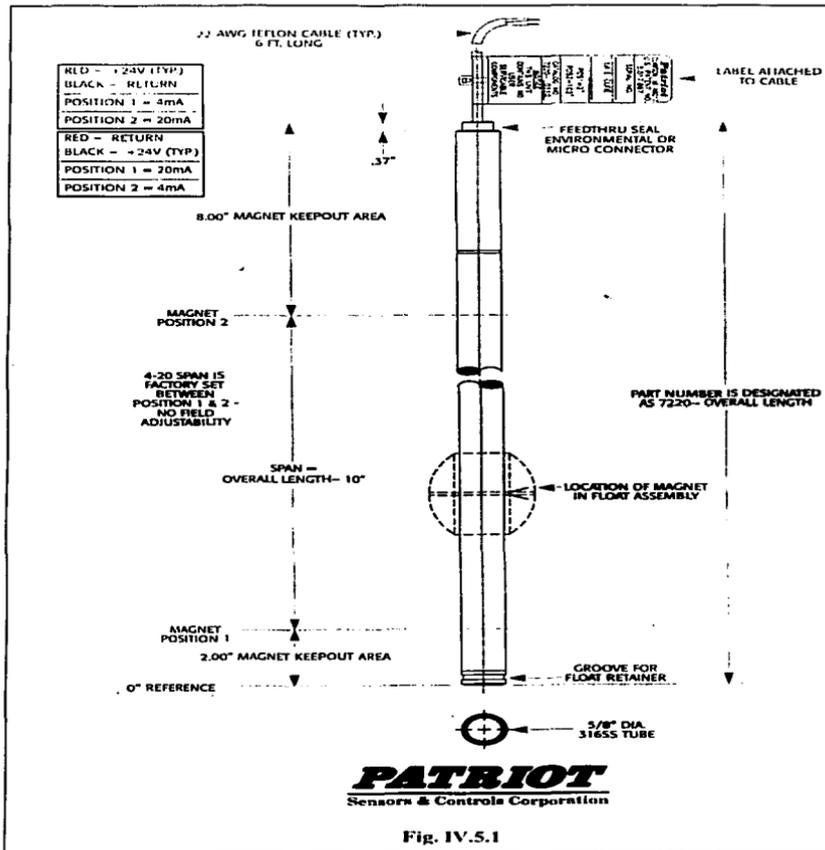


Fig. IV.5.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO V**

---

# **APLICACIÓN DEL TEMA DE TESIS EN EL CONTROL DEL DEAREADOR**

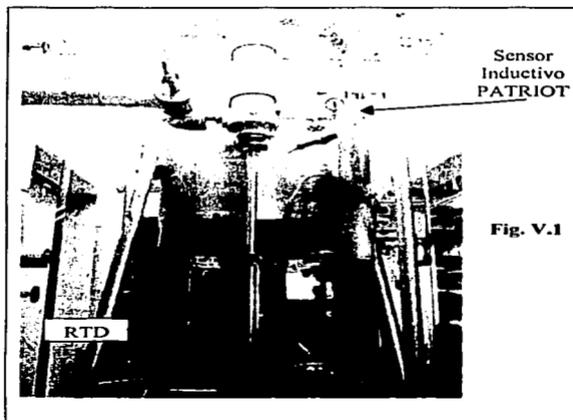
## CAPITULO V

### APLICACIÓN DEL TEMA DE TESIS EN EL CONTROL DEL DEAREADOR.

En este último capítulo sé vera la manera de cómo configurar los elementos de control mencionados en el capítulo anterior. La propuesta de tesis tiene como finalidad la aplicación de un controlador-graficador COMMANDER 1900, ya que éste equipo debido a sus características sustituirá en parte métodos manuales de operación utilizados para el control del deareador.

En un sistema de planta de dilución, los métodos manuales de operación por parte de los operarios, consistían en realizar funciones relacionadas con la apertura y cierre de válvulas (temperatura, presión, nivel de agua, etc), encendido y apagado de bombas y regulación de las presiones de amoniaco para enfriamiento. Por lo tanto un operador se tenía que pasar gran parte de su tiempo, precisamente en el control y monitoreo de los sistemas de dilución, exponiendo inclusive la integridad física debido a las variables que se manejan. Por otro lado, las exigencias mismas en cuanto a la calidad de o de los productos demandan y exigen mayor control de calidad, motivo por el cual se busco una propuesta técnica la cual ofreciera muchas ventajas como son: un control más estable en relación a las variables de proceso, una forma de registro del comportamiento del sistema durante la producción (en este caso se utiliza una gráfica) de cada una de las variables más críticas del sistema; así como, de ventajas para alamar o parar un equipo cuando surgiese algún conato o contingencia. Por ende, aquí en esta área de oportunidad dentro de la Planta de Dilución, nace la propuesta de implementar un controlador-graficador COMMANDER 1900 que dentro de sus funciones y características cubre con las necesidades mismas del control para un proceso considerado peligroso y de vital importancia para la calidad del producto final (cerveza). En este diseño se utilizan 2 RTD's, uno de los cuales tendrá como función la lectura de la temperatura del deareador; ya que con ésta variable de proceso tendremos precisamente el control de la temperatura por medio de un set-point ajustable de acuerdo a la conveniencia del proceso, para que a su vez el controlador-graficador realice por medio de una señal analógica (4-20 mA) la regulación de una válvula neumática a través de un transductor I/P. Este lazo de control se encargará del control de la temperatura del deareador. El comportamiento de los cambios de temperatura dentro del deareador y el ajuste del *set-point* para el control, serán desplegadas a través del display integrados en la *face plate* de nuestro controlador-graficador. Este RTD esta ubicado en la parte baja del cuerpo del deareador la cual corresponde a la salida del agua. Ver figura V.1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

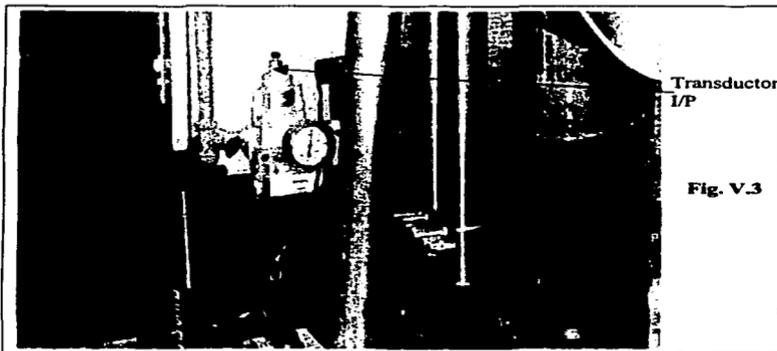


El segundo RTD solamente monitorea la variable de proceso de la temperatura del agua a la salida del enfriador. También el controlador-graficador nos mostrará a través del display de la *face plate* la lectura de la temperatura registrada por nuestro RTD. La ubicación de este sensor es a un costado y sobre la tubería a la salida del enfriador. Ver figura V.2.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Los dos transductores I/P tienen la función de convertir las dos señales analógicas provenientes del controlador-graficador a una presión de aire para poder actuar las válvulas neumáticas como se observa en la figura V.3. Una de las señales analógicas es la del control de la temperatura del deareador y la segunda señal analógica es para el control del nivel de agua dentro del deareador. Los transductores como ya se menciona en sus características técnicas, tienen una relación directamente proporcional entre la señal de entrada con respecto a su salida; es decir, que los 4-20 mA son directamente proporcionales a una presión de 3-15 psi. La cual servirá para lograr la regulación ya sea del nivel del agua o la temperatura del agua del deareador, según el lazo de control que se quiera tomar como ejemplo. En un transductor I/P la presión de alimentación deberá estar regulada a 20 psi.



La señal de nivel del agua dentro del deareador será registrada por un sensor tipo inductivo ubicado a un costado del cuerpo del deareador. Este sensor es powered, por lo tanto el controlador-graficador alimenta con 24 Vcd y recibe por los mismos hilos de alimentación, una señal analógica de 4-20 mA la cual será directamente proporcional a nuestro rango de operación que configuramos en la programación del controlador-graficador. La figura V.1 muestra la ubicación física del sensor inductivo marca PATRIOT a un costado del deareador. Finalmente la señal de nivel del agua también será desplegada en la *face plate* de nuestro equipo.

Finalmente se configurará el controlador-graficador para leer la variable de proceso correspondiente a la indicación de la presión de NH<sub>3</sub> (amoníaco) que pasa a través del enfriador. El equipo de control es un transmisor de presión marca WIKA, descrito en el capítulo anterior, el cual también es un transmisor powered y por lo tanto proporcionará al controlador-graficador una señal analógica. Esta señal será directamente proporcional al rango de operación que se configure a través de la programación en el controlador-graficador. Igual que las variables anteriores, también se mostrarán las lecturas de esta variable de presión de amoníaco en la *face plate* del equipo. El transmisor de presión WIKA se encuentra físicamente instalado sobre el enfriador como se observa en la figura V.4.



Fig. V.4

**V.1.- Configuración del hardware para señales de campo. Figura V.1.1**

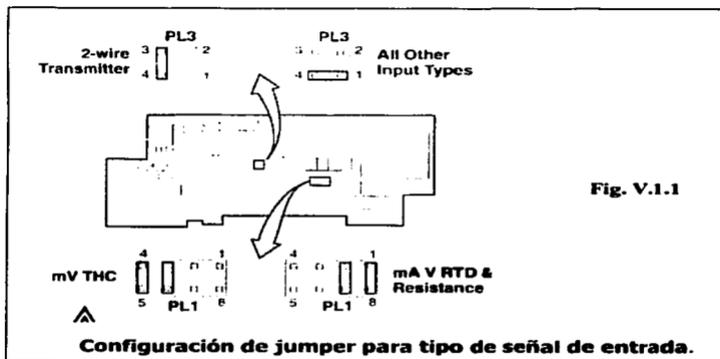


Fig. V.1.1

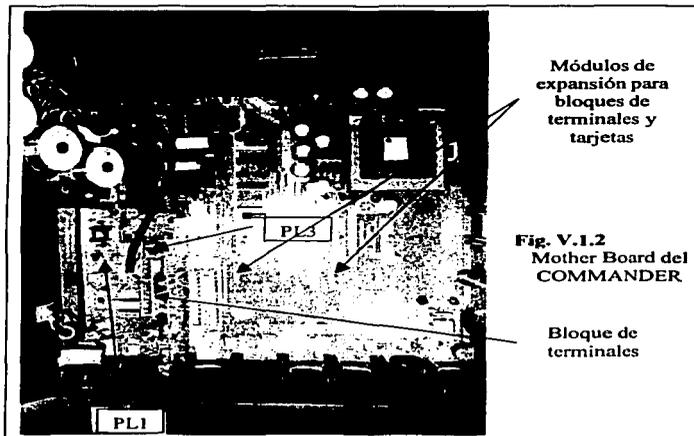
**Configuración de jumper para tipo de señal de entrada.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la figura V.1.1 podemos observar como por medio de la combinación de jumper (PL1 y PL3) se configuran las tarjetas, ya que de esta forma configuramos el tipo de señal que vamos a manejar de acuerdo al dispositivo de monitoreo o de control de nuestro sistema.

Cabe recordar que nuestro controlador-graficador puede leer señales de mV, THC, mA, V, RTD, Resistencia, Transmisor a 2 hilos y otros tipos de señal.

Para nuestro primer lazo de control, en la tarjeta principal del controlador-graficador se configuran los jumper para leer una señal de tipo resistiva como lo es un termómetro de resistencia o RTD a tres hilos (temperatura del deareador). Dichas terminales del RTD se conectan a las terminales 4,5 y 6 del borne de terminales. Por último, las terminales 1 y 2 serán la salida analógica para el control del transductor I/P, el cual a su vez regulará y controlara la válvula neumática de vapor. Lo anterior se observa en la figura V.1.2



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En el bloque de terminales número 1, se conecta la tarjeta I/O estandar que realizará el segundo lazo de control, previamente configurada por medio de los jumper PL1 y PL3 para leer el transmisor de nivel PATRIOT del tanque del deareador. Este sensor de nivel por ser powereado, se conecta en las terminales 4 y 6. Finalmente las terminales 1 y 2 serán la salida analógica para el control del transductor I/P, el cual regulara y controlará la válvula neumática del nivel de agua contenida dentro del deareador. (ver figura V.1.2.a y V.1.2.b)

En el bloque de terminales número 2, la configuración de la tarjeta será para monitorear por medio de un RTD la temperatura del agua deareada a la salida del enfriador. De igual forma, por medio de PL1 y PL3 se configura la tarjeta y las terminales donde se conectará el RTD son 4,5 y 6. (ver figura V.1.2.a)

Finalmente en el Bloque de terminales número 3, configuramos la tarjeta para leer el transmisor de presión (WIKA). Dicho transmisor también es powereado y las terminales donde se conecta son 4 y 5. Este sensor medirá la presión del amoniaco a través del enfriador de agua deareada.

A continuación se muestra de forma representativa la manera de cómo se conectan las señales de campo, al bloque de terminales contenidos en el controlador-graficador COMMANDER 1900 (ver figura V.1.3).



Fig. V.1.2.a Tarjeta I/O de expansión

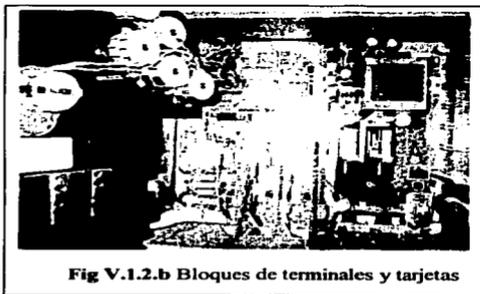
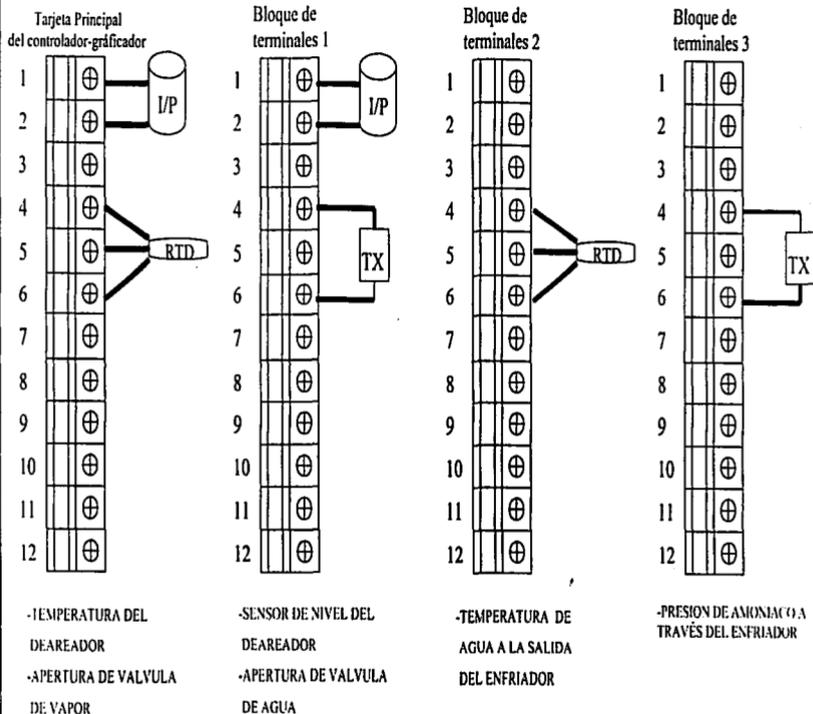


Fig V.1.2.b Bloques de terminales y tarjetas

## CONEXIÓN EN TABLILLAS DE LOS GRAFICADORES DE PLANTA DE DILUCION



**Fig. V.1.3** Conexión de señales de campo en el bloque de terminales del controlador-graficador COMMANDER 1900.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## V.2.- Programación de las señales de campo.

En esta sección se muestra la programación de las señales de campo en el controlador-graficador. Los datos ingresados para configurar el primer lazo de control (temperatura del deareador), la plumilla1 y su visualización en la *face plate* se realiza con los siguientes datos:

- ✓ El RTD se configura para trabajar en un rango de operación de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ Una salida analógica de 4-20 mA para controlar la válvula neumática de vapor, con opción para controlar la salida analógica de forma manual en un rango de 0 a 100 %.
- ✓ Set-Point de 50 grados centígrados ajustable manualmente y con una banda muerta.
- ✓ Visualizar la variable de proceso, así como su set-point de control a través del *face plate* del COMMANDER 1900.
- ✓ Graficar la variable de proceso por medio de la plumilla número 1.
- ✓ **Ver figura V.2.1a y V.2.1 b.**

Ahora bien, para el segundo lazo de control (nivel de agua en el deareador) tenemos los siguientes datos para la configuración:

- ✓ El transmisor de nivel PATRIOT se configura como equipo powered para trabajar en un rango de operación de 0 a 100 % del nivel contenido en el tanque del deareador.
- ✓ Una salida analógica de 4-20 mA para controlar la válvula neumática para el nivel de agua contenida en el tanque del deareador, con opción para controlar la salida analógica de forma manual en un rango de 0 a 100 %.
- ✓ Set-Point al 50% de nivel en el deareador ajustable manualmente y con una banda muerta.
- ✓ Visualizar la variable de proceso, así como su set-point de control a través del *face plate* del COMMANDER 1900.
- ✓ Graficar la variable de proceso por medio de la plumilla número 2.
- ✓ **Ver figura V.2.2 a y V.2.2 b.**

Enseguida se describen los datos necesarios para configurar por medio de la programación del COMMANDER 1900, la variable de proceso de la temperatura del agua deareada a la salida del enfriador:

- ✓ El RTD se configura para trabajar en un rango de operación de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ✓ Visualizar la variable de proceso en un display de la *face plate* del COMMANDER 1900.
- ✓ Graficar la variable de proceso por medio de la plumilla número 3.
- ✓ **Ver figura V.2.3**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Finalmente se describen los datos necesarios para configurar por medio de la programación del COMMANDER 1900, la variable de proceso de la presión de amoniaco a través del enfriador del agua deareada:

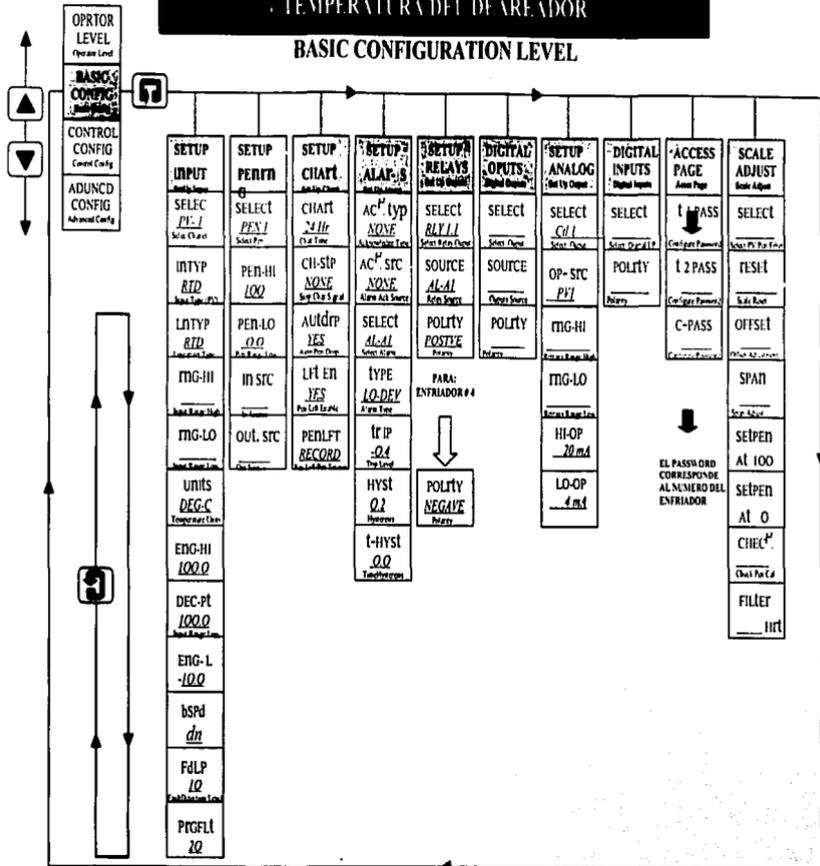
- ✓ El transmisor de presión WIKA se configura como equipo powereado para trabajar en un rango de operación de 0 a 100 psi.
- ✓ Visualizar la variable de proceso en un display de la face plate del COMMANDER 1900.
- ✓ Graficar la variable de proceso por medio de la plumilla número 4.
- ✓ **Ver figura V.2.4.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

# CONTROLADOR GRAFICADOR COMMANDER PLANTA DE DILUCION

## TEMPERATURA DEL REACTOR

### BASIC CONFIGURATION LEVEL



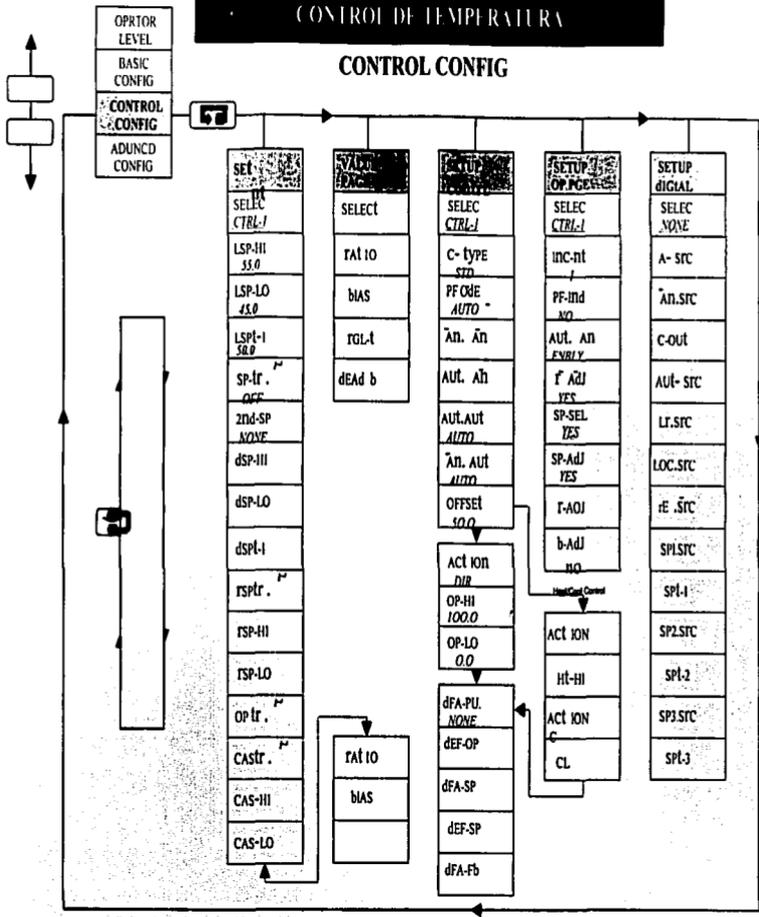
TESIS COM  
FALTA DE CUBIEN

Fig. V.2.1a

# CONTROLADOR GRAFICADOR COMMANDER PLANTA DE DILUCION

## CONTROL DE TEMPERATURA

### CONTROL CONFIG



TESIS CON PALA DE ORIGEN

Fig.V.2.1b

# CONTROLADOR GRAFICADOR COMMANDER PLANTA DE DILUCION

## SENSOR DE NIVEL "PATRIOT"

### BASIC CONFIGURATION LEVEL

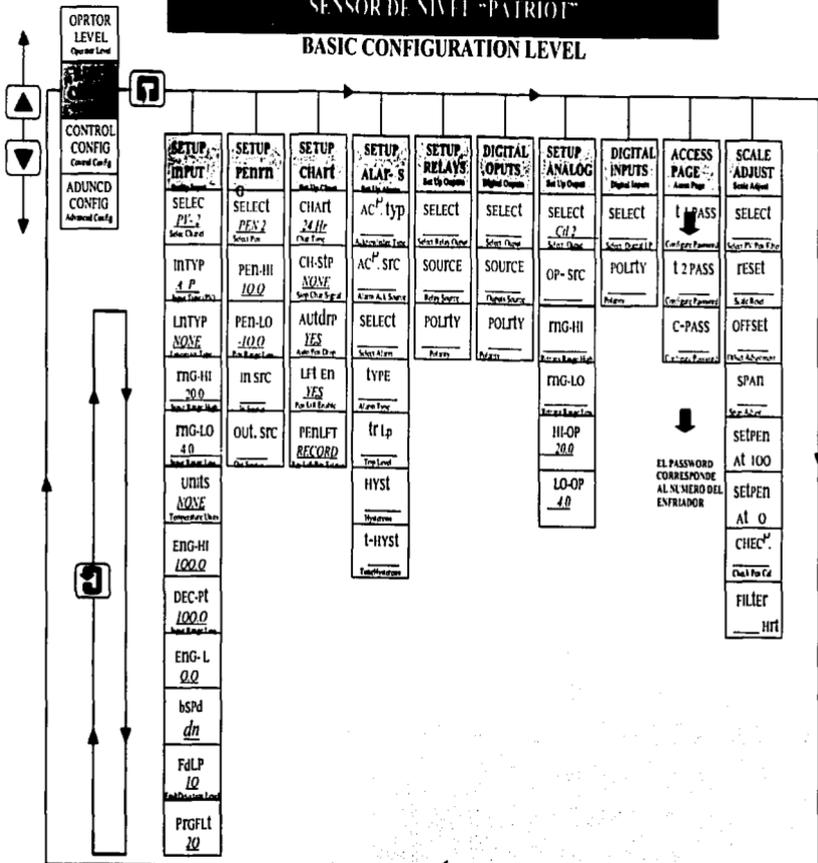
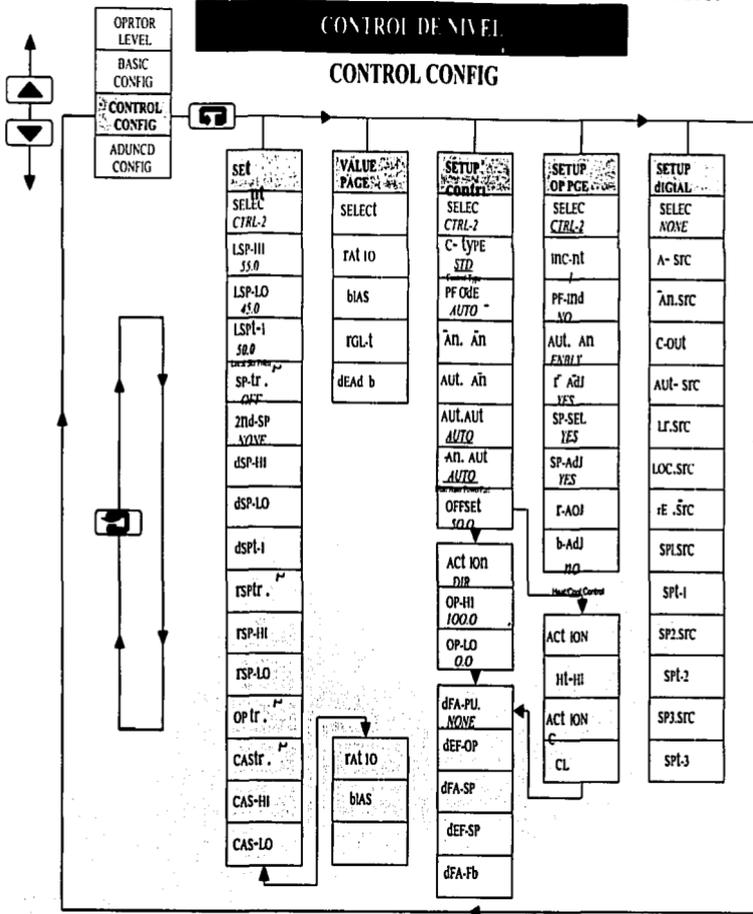


Fig. V.2.2:

# CONTROLADOR GRAFICADOR COMMANDER PLANTA DE DILUCION

## CONTROL DE NIVEL

### CONTROL CONFIG



TESIS CONT  
 FALLA DE ORIGEN

90

Fig. V.2.21  
90

# CONTROLADOR GRAFICADOR COMMANDER PLANTA DE DILUCION

## PRISION DE SECCION DE AMONSTACO

### BASIC CONFIGURATION LEVEL

**TESTIS COM**  
**FALLA DE ORIGEN**

OPRTR LEVEL  
 Operator Level  
 BASIC CONFIG  
 Basic Config  
 CONTROL CONFIG  
 Control Config  
 ADVUNCD CONFIG  
 Advanced Config

SETUP	SETUP	SETUP	SETUP	SETUP	DIGITAL	SETUP	DIGITAL	ACCESS	SCALE
INPUT	PERIOD	CHART	ALARM	RELAYS	SOPUTS	ANALOG	INPUTS	PAGE	ADJUST.
SELEC P1-4 Intr Chncl	SELEC1 PEN-4 Start Trc	CHART 24 Hr Chrt Trc	ALARM AC Typ NOISE Alarmable Trc	SELEC REF L2 Start Stop Trc	SELEC SOURCE Start Stop	SELEC SOURCE Start Stop	SELEC POLITY Start Stop	PASS 1 2 PASS Config Param	SELEC TEST1 Start Stop
INTYP RTD Start Stop	PEN-HI 100.0 Start Trc	CH-SEP NOISE Start Stop	AC <sup>2</sup> SRC NOISE Alarmable Trc	SOURCE AL-41 Alarm Source	SOURCE POLITY Start Stop	OP- SRC Start Stop	POLITY MTR-III Start Stop	C-PASS Config Param	TEST1 Start Stop
LNTYP RTD Start Stop	PEN-LO 100.0 Start Trc	AUTDTP YES Auto DTP	SELEC1 AL-41 Alarmable Trc	POLITY POSTLE Alarm	POLITY MTR-III Start Stop	MTR-III Start Stop	MTR-LO Start Stop	OFFSET Start Stop	OFFSET Start Stop
MTR-HI NONE Start Range Len	In SRC Start Trc	LFT EN YES Post Lft Encl	TYPE I/O-P/C Alarm Trc	TRIP POSTLE Alarm	HI-OP Start Range Len	HI-OP Start Range Len	LO-OP Start Range Len	SPAN Start Stop	SPAN Start Stop
MTR-LO NOISE Start Range Len	OUT SRC Start Trc	PERLFT RECORD Post Lft Encl	TRIP 20.1 Trip Level	PARA: ENTRIADOR #7	EL PASSWORD CORRESPONDE AL NUMERO DEL ENTRIADOR	EL PASSWORD CORRESPONDE AL NUMERO DEL ENTRIADOR	EL PASSWORD CORRESPONDE AL NUMERO DEL ENTRIADOR	SETPER AT 100 Start Stop	SETPER AT 0 Start Stop
UNITS NOISE Temperature Unit	HYST 8.0 Hysteresis	t-HYST 0.0 Temperature	HYST 8.0 Hysteresis	t-HYST 0.0 Temperature	HYST 8.0 Hysteresis	t-HYST 0.0 Temperature	CHECK Start Stop	CHECK Start Stop	CHECK Start Stop
ENG-HI 100.0 Start Range Len	DEC-PT 100.0 Start Range Len	ENG-L 0.0 Start Range Len	bSPD NOISE Start Stop	FdLP 10 Start Range Len	PRGFL1 20 Start Range Len	PRGFL1 20 Start Range Len	FILIT Start Stop	FILIT Start Stop	FILIT Start Stop

Fig. V.2.4

**FALTA  
PAGINA**

**92**

Finalmente, en este capítulo se explicó la forma de cómo configurar todas y cada una de las variables involucradas en el sistema de control del deareador. Ahora bien, en la aplicación real nuestro sistema de control realizado por el controlador-graficador COMMANDER 1900, estará listo para llevar un control adecuado dentro de la Planta de Dilución, y garantizar un mejor proceso y una optimización de recursos. Además de que el personal que elabora con este equipo podrá realizar otras funciones ya más enfocadas a la supervisión del sistema, sin la necesidad de tener que estar manipulando de forma manual todo el proceso como lo hacían anteriormente. Teniendo lo anterior grandes ventajas, ya que no se expone el operador al riesgo de accidentes producidos por el control manual del sistema y los cuales eran latentes con frecuencia.

Otro beneficio que se ha adquirido con la implantación del sistema de control, es la gráfica del comportamiento de las variables de proceso, proporcionada por el controlador-graficador. Nos sirve para tener evidencia y así poder comprobar que se están cumpliendo con estándares de calidad para la elaboración de la cerveza. Por lo tanto se cumple con un requisito más para garantizar que los productos son de la más alta calidad en su elaboración, garantizando así, la preferencia de los clientes y como consecuencia la permanencia en el mercado de los productos mismos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO VI**

---

### **CONCLUSIONES**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## **CAPITULO VI**

### **CONCLUSIONES**

Presenciamos un mundo cada vez más abierto y global, con tecnología y competitividad, en este escenario de reto, las compañías cerveceras han demostrado su empeño por la innovación, adaptación y cambio para ofrecer al mercado nacional e internacional productos de calidad mismos que satisfacen plenamente el gusto de los paladares más exigentes.

Uno de los elementos más importantes que forman la cerveza, es el agua, su porcentaje contenido en una cerveza terminada es cerca del 90%. Por otra parte, se ha establecido que, es el factor determinante en la calidad de la cerveza. Considerando el agua como un servicio, se podría decir que en las únicas etapas de fabricación de una cerveza en las que no es necesaria, son el manejo de granos y en algunos casos la molienda, pero después de estos pasos ya no es posible prescindir de ella.

El agua debe cumplir con una serie de requisitos, dentro de los cuales, uno de los más importantes es su contenido de sales. Algunas marcas de cerveza en el mundo deben su fama precisamente a que son elaboradas con agua, que en forma natural, tiene una composición salina característica. Como no siempre es posible obtener de la naturaleza agua con las características deseables, normalmente es necesario tratarla.

Uno de los factores más importantes en la calidad de una cerveza es su estabilidad; esta puede clasificarse en coloidal, de sabor y microbiológica. Cada una de ellas contribuye a las características específicas de una cerveza.

La principal preocupación del cervecero es ofrecer al consumidor una cerveza con calidad uniforme y la estabilidad en cualquiera de los tres factores antes mencionados. El cervecero tiene una tarea muy difícil para producir un producto consistente, con un alto grado de frescura y que invite a tomarlo, características importantes para el consumidor. No obstante, la responsabilidad del cervecero radica en seleccionar las condiciones del proceso para contrarrestar la inevitable variabilidad en las características de las materias primas que afecten al sabor de la cerveza como producto terminado.

Los tres tipos de estabilidad influyen directamente en las características sensoriales y es muy importante establecer, además una uniformidad en la calidad con el fin de que el consumidor siempre pueda disfrutar una cerveza con características similares.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

La estabilidad del sabor puede ser mantenida y protegida mediante un adecuado control de proceso, desde la elaboración del mosto y hasta un envío de la cerveza al envasado.

Dado lo anterior surge la necesidad de buscar alternativas para automatizar parcial o totalmente una etapa de proceso, la cual, esta vinculada directamente en la calidad de un producto final "cerveza", como lo es la planta de dilución. Por lo tanto, dando solución a esta área de oportunidad "nace" la propuesta de tesis "Aplicación de un controlador-graficador en una etapa de la producción de la cerveza", en la cual se realiza el tratamiento del agua en una forma automatizada por medio de un controlador graphicador COMMANDER 1900.

Con esta aplicación del controlador-graficador se obtienen grandes ventajas, las cuales cumplen con parámetros de calidad del producto, ya que el controlador-graficador garantiza un mejor control del proceso reflejado en la estabilidad de las variables que intervienen en esta propuesta de tesis, y que son importantes para el tratamiento del agua de dilución; la cual se ocupara precisamente para diluir la cerveza concentrada, y obtener así, un producto final de la más alta calidad. Otra de las ventajas en el controlador-graficador, es que nos proporciona el comportamiento de las variables de proceso durante el tiempo en que el sistema de dilución se encuentre trabajando; esto es, que por medio de las plumillas del controlador-graficador se gráfica el comportamiento de éstas variables de proceso, lo cual sirve como evidencia en los sistemas de control de calidad para las normas nacionales e internacionales.

A su vez la implementación de la propuesta de tesis "Aplicación de un controlador-graficador en una etapa de la producción de la cerveza", permite que los operadores ahora ejerzan funciones de supervisión, logrando así, la optimización de recursos debido a que se perdía mucho tiempo realizando el control manual del sistema de dilución por parte del operador. Además, los operarios ya no están expuestos directamente a accidentes producidos por la operación manual que tenían que realizar, cabe recordar que se manejan variables de temperatura, presión de amoniaco, etc.

Finalmente, todos estos años de estudio y preparación dentro de las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, nos proporcionaron las bases del conocimiento teórico para la comprensión del comportamiento de los sistemas de control, y que gracias a ello nosotros como profesionistas podemos proponer y solucionar problemas reales dentro de la industria mexicana, lo cual es un reflejo del nivel académico y profesional por parte de los docentes de esta universidad, de la cual nos sentimos orgullosos de pertenecer a ella y quedaremos en deuda ya que nuestra formación profesional es para toda la vida.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Asociación Nacional de Fabricantes de Cerveza. Cerveza es pureza. México D.F.
- 2.- Bebidas; Órgano Oficial de la Asociación Nacional de productores de Refrescos y Aguas Carbonatadas, A.C. (1995). Grupo Modelo... México D.F.
- 3.- Cervecería Modelo, S.A. de C.V. (1975). Breve historia de la cerveza en México. México, D.F.
- 4.- Harold M. Broderick (1997). El cervecero en la práctica. Edit. AIAFACE.
- 5.- Sistemas Automáticos. Universidad Politécnica de Valencia.
- 6.- Ingeniería de control moderno  
Segunda edición  
Ogata, Katsuhiko  
Prentice Hall

### Manuales

- 1.- COMMNADER 1900 Series
  - Operating Guide.
  - Installation Guide.
  - Programming Guide.
- 2.- Posicionador Neumático 3766. Samson AG.
- 3.- WIKA Instrument Corporation.