

96  
29j



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

Análisis de riesgos y recomendaciones de seguridad para la caldera del laboratorio de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la U.N.A.M.

T E S I S  
Que para obtener el Título de  
INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a

JULIO CESAR RODRIGUEZ JIMENEZ



México, D. F.

1985



## **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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

Jurado asignado según el tema :

EXAMEN DE TESIS  
FACULTAD DE QUÍMICA

Presidente	Prof.: Alejandro Anaya Durand
Vocal	Prof.: Graciela Martínez Ortiz
Secretario	Prof.: Claudio A. Aguilar Martínez
1er. Suplente	Prof.: Angel González Herrera
2o. Suplente	Prof.: Jesús Torres Merino

Sitio donde se desarrolló el tema:

Laboratorio de Ingeniería Química, de la Facultad de Química -  
de la UNAM.

Nombre del Asesor del tema: I.Q. Claudio Aguilar Martínez

Nombre del Sustentante: Julio Cesar Rodríguez Jiménez

*Julio Cesar Rodríguez Jiménez*

Análisis de riesgos y recomendaciones de seguridad  
en la caldera del laboratorio de Ingeniería Química de la  
Facultad de Química de la U.N.A.M.

## CONTENIDO

	Página
<b>CAPITULO I. INTRODUCCION.</b>	1
<b>CAPITULO II. CONCEPTOS GENERALES.</b>	2
a) Definición de seguridad industrial.	2
b) Importancia de la seguridad en el L.I.Q.	3
c) Adiestramiento en el L.I.Q.	3
d) Axiomas de seguridad y definiciones básicas.	4
e) Factores que influyen en los accidentes.	8
f) Uso del equipo de protección personal.	9
g) Tipo de riesgos más comunes dentro del L.I.Q. (manejo de los materiales químicos, incendio, explosión, ruido, alumbrado y electricidad estática).	16
h) Fundamentos sobre calderas.	40
<b>CAPITULO III. DESCRIPCION DE LA CALDERA DEL L.I.Q.</b>	
a) Descripción.	62
b) Secuencia de arranque y paro de la caldera.	66

	página
c) Descripción del proceso de generación de vapor.	69
d) Diagrama de flujo de proceso.	71
e) Especificaciones.	72
f) Circuitos de protección de la caldera.	77
g) Localización del equipo dentro del L.I.Q.	80
h) Prácticas donde se utiliza la caldera (esquema de localización del consumo de servicios de vapor y red de distribución de vapor).	80
<b>CAPITULO IV. ANALISIS DE LOS RIESGOS.</b>	<b>84</b>
a) Importancia del análisis de riesgos.	84
b) Descripción de los riesgos en una caldera.	85
c) Recomendaciones para mantener las condiciones de seguridad en la operación de una caldera.	86
d) Análisis de los riesgos causa-efecto en la caldera del L.I.Q.	105
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>110</b>
<b>CAPITULO VI. BIBLIOGRAFIA.</b>	<b>114</b>

## CAPITULO I

## INTRODUCCION.

El laboratorio de Ingeniería Química tiene la responsabilidad no solo de darle al alumno una formación teórica-práctica de la ingeniería química, sino también tiene la obligación de inculcar a estos en el desarrollo de las prácticas, una conciencia de seguridad hacia el trabajo que ellos podrán impulsar en su formación y en la industria.

El presente trabajo tiene como finalidad, subrayar la importancia que tiene la seguridad en una institución educativa, indicando al interesado, conceptos, términos y equipo para reducir los riesgos utilizados en la ingeniería de seguridad.

Considerando como necesidad prioritaria dentro del laboratorio de ingeniería química el aspecto de funcionamiento y seguridad de los equipos, se hará un análisis de la caldera, que es uno de los equipos de mayor riesgos. Se mencionan como puntos principales de trabajo los riesgos y se dan las recomendaciones para la segura operación de la caldera.

## CAPITULO II

## CONCEPTOS GENERALES.

a) Definición de seguridad industrial. La seguridad industrial está constituida por el conjunto de medidas técnicas destinadas a conservar la vida, la salud y la integridad física de los trabajadores, tendientes a conservar los materiales e instalaciones exentos de peligro y deterioro y en las mejores condiciones de servicio y productividad.

Esto se ha conseguido a través del estudio sistemático de todos aquellos factores que pueden impedir, dañar o amenazar las anormales condiciones de trabajo del hombre.

Su importancia recae en el hecho de que con ella se pueden evitar con un costo bajo, los daños causados por los accidentes y los altos costos que éstos generan.

Por lo tanto, vamos a entender como seguridad en el laboratorio de ingeniería química todo aquello que se refiera a cualquier dispositivo o sistema que se utilice para reducir el riesgo de peligro en el propio laboratorio.

Con el avance de la ciencia, se ha venido incrementando el desarrollo industrial y como consecuencia ha motivado la producción de generadores de vapor de distintos tipos que de no cumplir con las medidas de seguridad, requeridas pueden producir accidentes graves.

Las técnicas o sistemas de seguridad, no excluyen to-

da posibilidad de peligro, pero si reducen el riesgo y el daño a niveles más bajos.

b) Importancia de la seguridad en el Laboratorio de Ingeniería Química (LIQ).

Atender a la seguridad en el L.I.Q. tiene dos objetivos fundamentales: lograr que las condiciones reales de trabajo sean seguras, e inculcar a los estudiantes éstos el conocimiento y respecto a los principios de la prevención de accidentes como preparación para su vida profesional.

c) Adiestramiento en el L.I.Q.

Enseñar "Seguridad" difiere, mucho de enseñar una materia académica. Se trata no solo de suministrar información, sino también de cambiar una actitud mental. Esto es difícil porque los estudiantes se resisten a que se les predique frecuentemente.

Necesitan que se les demuestre como identificar los riesgos y que se les anime a que hagan sugerencias personales para mejorar la organización en el aspecto de seguridad.

El aspecto psicológico de una campaña de seguridad es tan importante como proporcionar equipo de seguridad y organizar los procedimientos para evitar accidentes y crear un ámbito seguro.

Como propuesta, se recomienda no enseñar la "Seguridad" como una materia separada. Los métodos para trabajar



en forma segura deben incorporarse a la instrucción práctica en las diversas materias.

La forma segura de hacer un trabajo es el más efectivo, y si a los estudiantes se les informa de manera apropiada de una buena técnica experimental, habrán aprendido un modo que no sólo es seguro, sino que también tiene ventajas de tipo académico.

Esta clase de información le ayudará a lograr un producto bien terminado y a no lastimarse. Si al estudiante, de manera normal se le pone en contacto con procedimientos y equipo de seguridad como parte de un ambiente habitual de trabajo diario, se acostumbrará y familiarizará con la seguridad. El estudiante ha de ver a su alrededor tanto el equipo para combatir incendios, etc. pintado en el color resaltante reglamentario (rojo) y en lugares visibles, por otra parte debe de haber una gran cooperación de todo el personal docente, y ha de ponerse mucha atención en publicar procedimientos de seguridad durante la enseñanza.

#### a) Axiomas de Seguridad Industrial.

1. La ocurrencia de una lesión, invariablemente es el resultado de una consecuencia completa de factores, sien-

do uno de ellos el accidente mismo.

2. Puede ocurrir un accidente solo cuando va precedido o acompañado, y directamente causado, por la conjugación de 2 ó más circunstancias tales como: la acción descuidada de una persona y la existencia de un riesgo físico o mecánico.
3. El accidente ocurre, generalmente por actos inseguros de las personas.
4. No siempre el acto inseguro de una persona es causa inmediata de un accidente y de una lesión, tampoco la sola exposición de un individuo a un peligro, causa física o mecánica, tiene siempre como consecuencia un accidente y una lesión.
5. Los motivos o razones que permiten la realización de accidentes o acciones descuidadas de las personas proporcionan una guía para la selección apropiada de medidas correctivas.
6. La gravedad de una lesión es extremadamente fortuita; en cambio, la realización del accidente que produce la lesión es casi siempre evitable.
7. Los métodos más valiosos para la prevención de accidentes son análogos a los requeridos para el control de la calidad, costo y cantidad de producción.
8. Las autoridades académicas, tienen la mejor oportunidad y capacidad para evitar que ocurran accidentes; por lo tanto, ella es la única responsable de éstos.

9. El profesor del E. I. Q. es el individuo clave en la prevención de accidentes.

d.1) Definiciones básicas.

**Accidente.** Acontecimiento repentino, no planeado, no deseable, no controlado que interrumpe una actividad o función y que puede ocasionar una lesión en los individuos, daños materiales o ambas cosas.

Se advierte que el accidente no necesariamente produce una lesión o daño, pues hay ocasiones en que el accidente únicamente origina pérdida de tiempo que desde luego se traduce en pérdidas económicas aún cuando estas sean mínimas.

**Accidente de Trabajo.** Es toda lesión orgánica perturbación funcional inmediata o posterior y la muerte producida repentinamente en ejercicio o con motivo del trabajo, cualquiera que sea el lugar y el tiempo en que se presente.

**Lesión.** Daño o detrimento corporal causado por herida, golpe o enfermedad.

**Riesgo de Trabajo.** Son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en el ejercicio o con motivo de trabajo, y de sus prácticas académicas.

**Enfermedad de Trabajo.** Es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen con motivo de trabajo o en el medio donde el trabajador se ve obligado a prestar sus servicios.

Cuando se produce un accidente se puede tener:

- Incapacidad temporal.
- Incapacidad permanente total.
- Incapacidad permanente parcial.
- La muerte.

La incapacidad temporal es la pérdida de facultades o aptitudes que imposibilita parcial o totalmente a una persona para desempeñar su trabajo por algún tiempo.

La incapacidad permanente parcial es la disminución de las facultades o aptitudes de una persona para trabajar.

La incapacidad permanente total es la pérdida de facultades o aptitudes de una persona que la imposibilita para desempeñar cualquier trabajo por el resto de su vida.

La muerte es el fin de la vida orgánica y mental del individuo.

Acto inseguro. Se define como la desviación de una práctica o procedimiento normalmente aceptados, lo cual produce una exposición innecesaria a un riesgo con una reducción en el grado de seguridad normalmente establecido.

No siempre un acto inseguro produce un accidente. Generalmente un supervisor (profesor de L.I.Q.) tiene mucha oportunidad de corregir actos inseguros antes de que los accidentes ocurran.

Condición insegura. Se define como un estado físico que de no ser corregido oportunamente puede conducir a un

accidente.

e) Factores que influyen en los accidentes.

1. Atavismo y medio social.
2. Medio social.
3. Defectos personales.
4. Actos y condiciones inseguras.

1. Atavismo y medio social. Es la tendencia de hacer lo que desde hace mucho tiempo se acostumbra, sin importar si está bien o está mal, o sea, es un defecto que se le podría llamar tara o herencia de nuestros antepasados y que ésta no la podemos eliminar ya que es innata del individuo.

Esto es parte del primer factor negativo en la consecuencia de un accidente; por otra parte tenemos que puede ser positivo; ya que los seres humanos deben su preeminencia actual en parte a su capacidad mental, pero sobre todo a las ideas, hábitos y técnicas que han recibido de sus antepasados.

2. Medio social. Cuando éste es pobre o insalubre contribuye en gran parte al comienzo de un accidente por muchas causas (polvo, transporte, alimentos, agua, lodo, etc.).

3. Defectos personales. Pueden ser adquiridos por deficiencias en la educación, alimentación o heredados; entre otros muchos defectos personales podemos citar algunos de esta índole como: el descuido, la negligencia, temeridad, machismo, nerviosidad, escitabilidad, ignorancia, etc.

Estos defectos desde luego son innatos del individuo y son difíciles de eliminar, estos defectos constituyen las causas próximas para que el trabajador ejecute actos inseguros, que son los más difíciles de eliminar.

4. Actos inseguros. Para tener una comprensión más amplia de la que queremos indicar citaremos algunos ejemplos de actos inseguros, recalcando que los actos inseguros de penden directamente de todos y cada uno de nosotros; como por ejemplo: no usar o respetar las reglas de seguridad establecidas conociéndolas y teniendo todo lo indispensable para cumplirlo, no usar el equipo de seguridad personal recomendable para las labores encomendadas.

Los actos inseguros son los más difíciles de hacer cumplir, ya que no dependen directamente de los encargados de la supervisión.

Condiciones inseguras. Podríamos decir que es hasta cierto punto la razón directa para que ocurra accidente, casi siempre las condiciones inseguras son impuestas por el personal, no directamente del que está expuesto al riesgo, sino de sus superiores, así podríamos decir como ejemplos: el trabajador con equipo defectuoso, trabajar en áreas ruidosas insalubres o de iluminación deficiente, trabajar con materiales y equipos peligrosos sin seguir las indicaciones adecuadas de seguridad e higiene.

f) Uso del equipo y protección personal.

Hay veces en que el equipo de protección al personal

se considera la última línea de protección; cuando surge la necesidad de proporcionar equipo de protección al personal, ya ha sucedido un accidente, causado por tocar una pieza de fundición o por salpicadura de una sustancia química, etc.

f.1) Causas que determinan la necesidad de usar el equipo de protección.

a) Experiencias de accidentes.

Cada accidente ya sea que haya o no causado una lesión, debe tener circunstancias atenuantes o un aspecto particular.

Este aspecto puede ser un acontecimiento importante que ponga de manifiesto la necesidad de proveer equipo de protección para el personal. Esto es obvio en el caso de un accidente que haya causado una lesión, pero en muchos otros casos en que solo se producen lesiones leves o no haya lesión, este factor puede no ser tan obvio. Por tanto, hay que hacer notar el valor y la importancia de un examen detallado de la información disponible, a fin de examinar los riesgos y de ver el punto más débil. Esta información puede encontrarse en registros de enfermerías y de tratamientos de primeros auxilios, en informes de los supervisores o en algunos casos, en controles de daños y pérdidas. Esta información muestra con claridad, en un período determinado, el número de casos por ejemplo, de salpicaduras a los ojos con sustancias químicas o cortadas

en las manos y, también, lo concerniente al uso del equipo apropiado.

b) Requisitos legales.

Es importante tener en cuenta la obligación no sólo de proveer el equipo, sino también de darle mantenimiento, lo cual podría interpretarse en el sentido de conservarlo en buenas condiciones y también en el sentido de seguir proveyéndolo.

f.2) Selección del equipo de seguridad.

La elección del equipo es muy importante, su calidad, durabilidad, adaptabilidad, interferencias con las facultades del usuario y sus movimientos, son factores que requieren considerarse al momento de hacer la elección, para el empleado, un factor igualmente importante es su aparriencia cuando lo usa.

Es evidente que en la selección de la adaptabilidad del equipo, no sólo se necesita la asesoría de los fabricantes y de expertos en seguridad, sino también el punto de vista de los trabajadores respecto de su comodidad y aceptabilidad.

Tal vez esto también sea un área en que deben ayudar mucho los representantes de seguridad, al obtener y comunicar el parecer de las personas que vayan a usar el equipo. No hay duda de que hay bastante aceptación y certeza de que se use el equipo, cuando se pide a las personas participar en la selección.



Con mucha frecuencia sucede que si al trabajador se le ha presentado el equipo con pocos factores de aceptación, en poco tiempo dejará de usarlo lo cual no solo afectará al empleado exponiéndolo al riesgo, sino que también sería un gasto inútil.

Tipos de equipo.

a) Cascos.

El riesgo más obvio para el cual se requiere el casco es el que resulta de caídas de objetos, pero también puede requerirse el casco para protegerse contra el calor, salpicaduras de sustancias químicas y para evitar que el cabello del usuario entre en contacto con las partes de la máquina.

Los cascos para resistir el calor y las sustancias químicas pueden obtenerse en gran variedad de materiales y tipos; los catálogos de los fabricantes y proveedores contienen muchos ejemplos.

b) Guantes.

Estos son los artículos más utilizados del equipo de protección personal; esto no es sorprendente porque las lesiones en las manos forman una proporción muy alta de lesiones que se registran en el trabajo.

Para elegir la protección más adecuada, los factores que deben considerarse son:

1) Riesgos contra los que hay que protegerse (contacto con objetos filosos o sustancias abrasivas, corrosivas,

calientes, irritantes, etc.

ii) Grado de resistencia a las sustancias con las que se esta en contacto.

iii) Sensibilidad requerida.

iv) Area que debe protegerse (dedos, toda la mano, la muñeca, el brazo).

El material tradicional para los guantes ha sido el cuero; cuero cromado y de varios otros tipos de cuero.

### c) Protección del cuerpo.

Las condiciones en que se requiere usar equipo de seguridad que cubra todo el cuerpo son tantas, como los tipos de ropa y otros equipos especiales, clases de material, fabricantes y proveedores.

Los tipos de ropa incluyen overoles, batas de lana, delantales y muchas otras variaciones y se seleccionan de acuerdo con la protección que darán contra las inclemencias del tiempo, el polvo, las sustancias químicas, aceites y grasas, calor y contacto con objetos en general, que pueden producir un daño físico. El material que se selecciona debe tener estas cualidades; ser comodo, a prueba de viento, impermeable al polvo y a los líquidos, que no produzca electricidad estática, resistencia al fuego, fácil de limpiar o lavar y para usarse en determinadas circunstancias, deben ser de colores resaltantes.

Un desarrollo muy reciente e interesante es el uso de tela de peso ligero o de otro material no tejido, que

es muy barato y desechable.

d) Equipo de protección a los ojos.

Todos los que piensan en la seguridad deben entender que es necesario usar gafas, caretas y mamparas; pero el equipo de protección personal tiene un serio problema, no hace nada por eliminar o reducir el riesgo, solo ofrece una defensa y cualquier falta en esta defensa por defectos, o porque no se usa en un momento crítico, significa una exposición inmediata al riesgo.

Del mismo modo que sucede con otras actividades de seguridad industrial, la provisión y el uso de equipo de protección debe considerarse como el último recurso en la prevención de accidentes.

Los protectores para los ojos desempeñan una parte importante y nunca debe evitarse su uso, sin tener en cuenta el peligro.

Al considerar los varios tipos de equipo de protección contra los riesgos a los ojos, es útil considerar las gafas o mamparas como componentes separados, añadiendo cualquiera de los muchos lentes de seguridad y filtros, para permitir una permutación amplia de alternativas. Hasta el momento no existe un sólo tipo que proteja contra todos los riesgos.

e) Equipo respiratorio.

Los primeros respiradores permitían solo una protección rudimentaria contra gases, debido a la necesidad que

tenían las personas de entrar en áreas tóxicas y peligrosas, se desarrolló un aparato con un tubo de aire. Este equipo con tubo de aire restringía mucho la distancia a la que podía entrar el usuario en una atmósfera peligrosa.

El desarrollo de aparatos de respiración con aire comprimido independientemente, comenzó hacia la mitad del siglo XIX; el paso siguiente fue incrementar la duración de protección con el aparato de aire comprimido independiente. Esto dió como resultado la evolución de aparatos para respirar con oxígeno en circuito cerrado. Al final del siglo, se usaban los aparatos de respiración y los respiradores de tubo.

La evolución que ha tenido lugar en los últimos años ha producido una amplia variedad de equipos de protección para la respiración que pueden clasificarse, en general, en dos grupos: los que filtran el aire impuro de la atmósfera, como los respiradores contra gas y polvo y los que proveen de aire limpio, como los aparatos independientes para respirar. Estas clasificaciones que se basan en el grado de protección que se requiere, se subdividen todavía más de acuerdo con el método de operación.

#### f) Protección auditiva.

A continuación indicamos los dispositivos principales de protección auditiva.

Orejeras. Ofrecen la mayor atenuación, debe exigirse su uso cuando haya una exposición a ruidos de alta intensidad (de más de 95 dB).

Tapones. Dado que son más cómodos que las orejeras, son preferibles donde la exposición sea de ocho horas diarias a niveles de ruidos moderados (de 8 a 95 dB).

El propósito clave de proteger los oídos es reducir el nivel de emisión de ruido en la persona.

Se ha visto que la selección del equipo depende, en parte de las consideraciones acústicas.

g) Tipos de riesgos más comunes dentro del L.I.Q.

g.1) Manejo de los materiales químicos.

Hay miles de compuestos y mezclas químicas que presentan alguna forma de mayor o menor riesgo para el usuario inexperto, debido al uso creciente de productos químicos en las industrias químicas, la incidencia de los "accidentes químicos" aumenta día a día.

Muchos se deben a que se ignoran las propiedades químicas de estos productos.

En la industria química, los problemas de seguridad que lleva consigo el uso de dichos productos, por razón de su magnitud y complejidad, exigen que se evalúen sistemáticamente todas sus propiedades, a fin de conocer sus riesgos; por ejemplo, su toxicidad y su inflamabilidad. Después de hacer esta evaluación, podrá diseñarse correctamente una planta de procesos, eliminando o controlando los riesgos, y evitar el desperdicio de productos químicos y lesiones graves a los trabajadores.

Evaluación de los peligros de un producto químico.

Aunque por norma general es suficiente el conocimiento genérico de cómo manejar con seguridad un producto químico, si algún cambio químico ocurre dentro de la planta o en el proceso en que interviene dicho producto, es necesario entender el porqué de estas condiciones; por ejemplo, si se está utilizando ácido clorhídrico para limpiar el acero, no basta con saber como se maneja el ácido, sino que se debe estar alerta a la evolución del hidrógeno en el proceso y a los vestigios de materiales más desagradables debidos a trazas de impurezas en el acero.

La evaluación debe hacerse tan pronto como se tiene conocimiento de que se va emplear un nuevo producto químico y debe hacerse una reevaluación cuando hay algún cambio de ubicación de la planta.

Los siguientes párrafos tienen como objetivos aclarar estos puntos.

#### g.1.1) Nombre del producto químico.

La necesidad de formular esta pregunta es obvia y debe darse siempre el nombre común, lo mismo que el nombre químico, de modo que en una situación en que el ácido acetil salicílico significa aspirina entre los químicos, otros empleados no sufran confusión o tengan dificultades. Por lo general, el uso de diferentes sistemas de nomenclatura en química tiende a crear confusión; por ejemplo el químico habla del ácido sulfhídrico, mientras que el ingeniero habla de sulfuro de hidrógeno.

### g.1.2) ¿Cuál es su estado físico?

El objeto es simplemente determinar si el producto químico se recibe en estado sólido, líquido o gaseoso, y no necesariamente que el saber su estado sirva para averiguar sus propiedades físicas generales. También se debe considerar en este párrafo bajo qué condiciones el material es sólido, líquido o gaseoso.

Debe considerarse si se entrega y almacena el producto químico en estado inestable; por ejemplo, el anhídrido carbónico sólido, el aire líquido o el amoniaco líquido. Los peligros que se deben considerar con estos productos son: rápida emisión debida a fugas, rápida elevación de temperaturas debido a cercanías de fuego, etc. Si es un líquido, ¿por dónde debe escurrir el derrame?, ¿pueden corroerse los tambores, si se les deja en terreno húmedo o corroerse internamente si se les almacena por mucho tiempo?

### g.1.3) ¿Es tóxico?

La diferencia entre toxicidad y riesgo debe entenderse claramente. La toxicidad de un producto químico es una de sus propiedades inherentes que no pueden evitarse si el producto es genuino; pero hay que determinar el riesgo por la frecuencia y duración de la exposición y la concentración del producto químico.

No puede haber lesión si no hay exposición a una concentración dada, y el diseño de cualquier proceso químico determina la cantidad de exposición, concentración, etc. Por tanto, mediante el diseño correcto y el manejo seguro

se puede evitar el riesgo o por lo menos reducirlo bastante.

Así determinar las propiedades tóxicas de cualquier producto químico que se vaya a usar es muy importante, particularmente cuando la toxicidad es una forma insidiosa de conducir a un envenenamiento crónico.

La acción del ácido sulfúrico en la piel es inmediata así como lo es el efecto de aspirar vapores de amoníaco; pero aunque el líquido de benceno sobre la piel, en pequeñas cantidades no es nocivo, los efectos acumulativos de sus propiedades a largo plazo pueden conducir a una forma seria de anemia y aún la muerte.

Hay que determinar la manera en que la sustancia tóxica o el veneno entró al cuerpo, es decir: por inhalación, ingestión o absorción, lo cual determinará qué pruebas han de aplicarse y las medidas preventivas que se deben tomar.

#### q.1.4) Características físicas.

El conocimiento de las características físicas: presión de vapor, densidad, peso específico, punto de congelación y miscibilidad con el agua, representa en sí información valiosa.

Todos los líquidos descubiertos vaporizan (a temperatura de vaporización) pero la proporción en que vaporizan depende de la temperatura y de la presión: por lo general los líquidos calientes vaporizan más rápidamente que los



fríos. La presión de vapor de los líquidos y soluciones debe referirse de preferencia a temperatura ambiente. Es to es sumamente importante cuando se almacenan tambores que contienen líquidos peligrosos.

La importancia de conocer la densidad de un producto y la de sus vapores es obvia, cuando se va a determinar la acción a tomar en caso de que el derrame sea considerable del producto en consideración. Esta comparación de densidad con la densidad del agua, indica si el producto químico tiende a flotar en la superficie del agua o al hundirse.

Si el producto químico es miscible en agua, cualquier derrame se puede apagar con mayor rapidez, porque puede diluirse con agua y después de haber tomado las precauciones apropiadas, arrastrarlo hasta el sistema de drenaje.

Es muy importante conocer el punto de congelación, porque sirve para determinar el almacenaje. Es obvio que un producto químico líquido, que solidifica a 1°C (30°F), no se debe almacenar en un lugar descubierto durante el invierno porque además de que puede cristalizar y ser diffcial de usar, hay peligro de que haga estallar el recipiente.

#### g.2) Inflamabilidad.

Esta pregunta se refiere a las propiedades inflamables de un producto químico, su punto de inflamación (flash point), límites en que es explosivo, temperatura de auto-ignición, punto de ebullición, temperatura de vaporización

fire point).

Punto de inflamación. Es la temperatura a la cual el material desprende suficientes vapores para iniciar su combustión.

Rango de explosividad. Es el rango de mezclas de vapor-aire dentro del cual el material puede entrar en combustión ó explotar.

Abajo del límite inferior de explosividad existe muy poco material con el aire para permitir la combustión.

Arriba del límite de explosividad existe mucho material y poco aire, para permitir la combustión.

Punto de ebullición. Es la temperatura a la cual el material (líquido) esta en equilibrio con su fase vapor.

Temperatura de autoignición. Es el punto en el cual el material entra en combustión sin necesidad de flama directa.

Temperatura de vaporización. Es la temperatura más baja de un líquido colocado en un recipiente abierto, cuyos vapores se desprenden a una velocidad tal, que puedan soportar la combustión continua, es unos cuantos grados más alta que la temperatura de inflamación.

#### g.2.1) Tipos de flamabilidad.

a) Incendio. d) Deflagración. c) Detonación.

a) Incendio. Fuego grande fuera de control que abraza lo que no está destinado a arder.

b) Deflagración. Son reacción en propagación en las cuales la transferencia de energía de la zona de reac-

ción a la zona que no ha reaccionado, se efectúa por medio de los procesos de transporte ordinario como transferencia de calor a la masa.

c) Detonación. Son reacciones en propagación en las cuales la transferencia de energía de la zona de reacción a la zona que no ha reaccionado se efectúa por medio de una onda de choque reactivo.

Todas estas propiedades, son condición indispensable en el almacenamiento y en el uso del producto químico.

#### g.2.3) Fuego.

Todo edificio destinado a la enseñanza debe estar provisto de extintores, el tipo y número de éstos dependerá del riesgo.

El trabajo que se efectúa en los laboratorios y talleres puede implicar un grande riesgo de incendio, en cuyo caso el personal docente y administrativo debe procurar que se cuente con el equipo apropiado contra incendios.

Cualquiera que fuera el tipo alarma, el sonido no debe ser similar a ninguna otra cosa con que se den señales en el edificio y taller.

Debe operarse con un sistema de baterías de tal modo que pueda funcionar aún cuando se interrumpa el suministro de energía eléctrica normal.

Debe haber un instructivo general para casos de incendios que indique a la gente que hacer cuando se inició éste o cuando se escucha la alarma. También debe haber en los pasillos flechas direccionales -marcadas con claridad-

y escaleras para las salidas de emergencia, todas ellas que abran ruera; deben mantenerse todos los pasillos y escaleras libres de obstáculos. Cualquiera que ocupe el edificio debe recibir adiestramiento periódico respecto a lo que debe hacer en caso de incendio.

-Equipo manual para combatir incendio.

El equipo para combatir incendios manualmente se clasifican en:

- a) Extintores portátiles, con varios agentes para diversos riesgos y bombas de mano portátiles.
- b) Equipo manual, por ejemplo: cubetas para agua o arena, palas para arena y diversos implementos para abatirlos y mantas resistentes al fuego para sofocarlos y para incendio personal.
- c) Carretes de manguera con boquillas de chorro sólido y niebla (llamados boquillas de combinación).
- d) Equipo para espuma, polvo químico seco, boquillas especiales, generadores mecánicos de espuma y dosificadores.
- e) Mangueras tipo industrial de 38 y 51 mm. o mayores, generalmente de 64 a 70 mm de diámetro, también con boquillas de chorro sólido y niebla.
- f) Dióxido de carbono y equipos mayores montados sobre ruedas de capacidad de 90 Kg.
- g) Equipos especiales o instalación operados manualmente para riesgos especiales de incendio; por ejemplo, instalaciones de espuma para tanques de tratamiento de calor.

La mejor forma para protegerse contra incendios, es evitarlos por completo. Otra solución es prepararse para los casos imprevistos, seleccionando el tipo de equipo más apropiado para el riesgo existente y colocar el equipo en lugares de fácil acceso.

#### Clasificación de los tipos de incendios.

Los tipos de agentes para combatir incendios se pueden clasificar según los tipos de incendios en:

Clase de incendio	Tipo de combustible	Método de extinción	Agente extintor
A	sólidos que dejan residuo carbonoso	enfriamiento	Agua, espuma, polvo, ABC
B	Líquidos y gases	Sofocamiento	Espuma normal polvos pupura K químicos ABC líquido vaporizante CO <sub>2</sub>
C	Circuitos eléctricos	Sofocamiento	CO <sub>2</sub> Polvos purpura K químicos ABC
D	Circuitos eléctricos	Sofocamiento	Polvo especial para incendio clase D

#### Agentes para combatir incendios.

Los agentes para combatir incendios que se usan en extintores portátiles manuales y sus equipos incluyen:

- 1) Agua, algunas veces con aditivos para aumentar su eficacia y evitar la congelación.
- 2) Espumas que se usan sobre líquidos inflamables que no se mezclan con el agua, incluyendo espumas de aire hechas

de proteínas, fluoroproteínas, fluoroquímicas.

- 3) Espumas para emplearse en líquidos inflamables que se mezclen con el agua, por ejemplo: alcoholes de líquidos espumantes "para todo uso".
- 4) Espumas de aire, de expansión media, derivados de líquidos espumosos sintéticos.
- 5) Polvos secos.
- 6) Gases inertes e inhibidores; por ejemplo  $\text{CO}_2$ .

Espumas.

Los incendios originados en líquidos inflamables pueden extinguirse cubriendo la superficie con una capa de espuma, que es una estructura de burbujas producida, aereando una solución acuosa de un líquido espumante apropiado y accionando las burbujas formadas para producir una estructura estable.

El líquido espumante se mezcla con agua en una concentración aproximada de 4 al 6% por volumen; luego, el aire es forzado dentro del "tubo ramal productor de espuma", que sirve para mezclar el aire en la solución y para formar una estructura de burbujas estables.

La espuma se aplica a la superficie del líquido inflamable como una capa que, mientras no sea completamente impermeable a los vapores inflamables, puede proteger suficientemente la superficie del líquido de la radiación del fuego para reducir la emanación de vapores debajo de la velocidad necesaria para mantener la combustión.

Líquido espumante	Descripción
Proteína	Se basa en la solución hidrolizada de proteína sobrante con adición de estabilizadores, agentes bactericidas y anticongelantes. Se deriva de la pezuña, escamas de pescado, frijol, soya.
Fluoroproteína	De igual manera que la proteína, con la adición de un agente fluorinado que actúa en la superficie, para dar estabilidad y mejorar las propiedades de flujo.
Fluoroquímicos o sintéticos	Solución líquida de agentes que actúan en la superficie fluorinada y que tiene la capacidad de formar una película sobre la superficie del combustible. Deriva del alcohol laurilo, por lo general amonio laurillo éter sulfato. Con estabilizadores adicionales. Se usa por lo general para producir espumas de expansión media y alta.

El fuego se combate mejor cuando el equipo que se usa es el apropiado, cuando está disponible con rapidez, es adecuado para el trabajo y las personas responsables cuentan con adiestramiento suficiente en el uso del equipo, lo cual

les permite luchar contra el fuego de manera eficaz y organizada, para lograr esto, se deben dar cuenta de los riesgos y evaluar su magnitud, debe proveerse el equipo adecuado y el adiestramiento regular realista contra riesgos de dificultades parecidas.

### g.3) Explosiones.

Las explosiones son causadas por reacciones muy rápidas de combustión que producen grandes volúmenes de productos gaseosos, y emiten luz, sonido y energía térmica.

#### Explosiones de gas/vapor.

Las explosiones de gas/vapor se producen cuando una mezcla de gas/aire o de vapor/aire reciben ignición entre los límites explosivos. La amplitud del daño causado depende del volumen de la mezcla explosiva, y de si ésta se encuentra limitada en un espacio cerrado. Los pequeños volúmenes que se forman en un tubo de prueba, tales como los utilizados para probar el "pop" característico del gas  $H_2$ , pueden ser absorbidos por la atmósfera situada por encima del tubo de prueba, sin causar daño. La energía requerida para iniciar una explosión es la misma que se necesita para producir un fuego (aproximadamente 0.5 Milijoules).

#### Explosiones de polvos.

Cuando una sustancia sólida se quema en el aire, la reacción de combustión es muy lenta, debido a la limitada superficie expuesta al  $O_2$  del aire.



La energía liberada puede ser absorbida con seguridad por el ambiente.

Si el sólido tiene la forma de un polvo muy fino, la zona superficial aumenta, la combustión se acelera en tan gran medida que puede producirse una reacción explosiva.

La situación requerida para que tenga lugar una explosión de polvos es semejante a la que se requiere en el caso de gases o vapores.

En primer lugar, la concentración de polvo en el aire debe quedar limitado dentro de sus límites explosivos. En segundo lugar deberá haber una fuente de ignición: la energía requerida para prender un polvo es pequeña, aunque mucho más elevada que en el caso de una mezcla de gas/vapor (aproximadamente 20 joules).

Las explosiones de polvo difieren de las explosiones de gas/vapor por tener lugar en dos partes:

**Explosión primaria.** Esta es en general una explosión muy pequeña, y que en sí misma no causa un gran daño, pero que distribuye el polvo fino sobre una gran zona creándose así un volumen considerable de polvo situado dentro de sus límites explosivos.

**Explosión secundaria.** Esta causa habitualmente un amplio daño, y se produce como consecuencia de la nube de polvo ocasionada por la explosión primaria.

Sustancias que pueden causar atmósferas explosivas.

Cualquier líquido que produce un vapor inflamable, o

cualquier gas inflamable, constituye un riesgo posible de explosión. Por norma general, parte de los hidrocarburos halogenados, esta categoría incluye casi todos los compuestos orgánicos en uso.

En el caso de los polvos, están implícitos muchos materiales y sustancias, por ejemplo, los metales finamente divididos, tales como el Al, mg y el Zn; los plásticos tales como las resinas acrílicas, el poliestireno, las resinas fenólicas y los urea-formaldehidos; los productos alimenticios, como el cacao, la harina y el azúcar; el carbón, el corcho, el alquitrán, la goma, el azufre y el aserrín (polvo de madera).

#### g.3.1) Características de inflamabilidad de gases y vapores combustibles.

Impedir los incendios y los desastres que causan las explosiones de los gases, requiere un conocimiento previo de las características de inflamabilidad de los vapores o gases combustibles que usamos. Este conocimiento permitirá una evaluación realista de los riesgos inminentes al proceso, que podrán servir de base para el diseño de dispositivos de seguridad que protejan al personal e instalaciones.

#### g.3.2) Límites de inflamabilidad.

Una mezcla combustible de aire-gas puede arder dentro de una fluctuación amplia de concentraciones, cuando se sujeta a temperaturas evaluadas o se expone a una superfi-

cie catalítica a temperaturas ordinarias. Empero, las mezclas homogéneas combustibles de aire-gas son inflamables, esto es, pueden propagar la flama libremente dentro de ciertos límites de composición.

La mezcla más diluída la conocemos como límite inferior de inflamabilidad o explosividad la concentración más alta la conocemos como límite superior de inflamabilidad. En la práctica los límites de inflamabilidad de un sistema de gases, son afectados por la temperatura, la presión, dirección de la propagación de la flama y medio circundante, los límites se obtienen experimentalmente, por la determinación de las mezclas limitantes de la composición entre mezclas inflamables y no-inflamables, esto es:

$$IT.P. = 0.5 (nm + (ii)) \quad (1)$$

$$ST.P. = 0.5 (mi + (in)) \quad (2)$$

donde IT.P y ST.P. son los límites inferiores y superiores de inflamabilidad respectivamente a la temperatura y presión específicas,  $C_{mn}$  y  $C_{in}$  son las concentraciones mayor e inferior de combustible y comburente no-inflamables, y  $C_{mi}$  y  $C_{ii}$ , son las concentraciones de combustible-comburente que son inflamables. La velocidad con que una flama se propaga al través de una mezcla inflamable depende de factores tales como: temperatura, presión y composición de la mezcla.

### g.3.3) Procesos de detonación y deflagración.

La velocidad de propagación de una flama por una

mezcla inflamatoria de gases puede ser de unos cuantos centímetros por segundo hasta varios millares de metros por segundo.

La velocidad depende principalmente de la composición de la mezcla, pero puede ser modificada grandemente por otros factores; algunas mezclas que transmiten lentamente la flama en determinadas circunstancias, en otras se vuelven sumamente explosivas. De ahí la imposibilidad de diferenciar las mezclas inflamables de las explosivas, términos que ordinariamente se consideran sinónimos.

Una vez que la mezcla inflamable es encendida, la llama resultante, si no se apaga podrá unirse a la fuente de ignición o propagarse a partir de ella; si se propaga la velocidad podrá ser subsónica (deflagración) o supersónica (detonación), en el primer caso las presiones se igualaran a la velocidad del sonido en todo el trayecto en que se efectue la combustión de modo que la caída de presión por la reacción (fuente de la flama) puede ser relativamente pequeña. Cuando se produce una deflagración en un recipiente esférico de volumen  $V$  y con un sistema de ignición central al aumento aproximado de presión  $\Delta p$  en un instante  $t$  después de la ignición está dado que las siguientes ecuaciones:

$$\Delta p = K P_i S^3 t^3 \quad P_m \quad (3)$$

$$P_m = P_i \frac{nqTq}{n_iT_i} = P_i \frac{M_iT_i}{M_qT_i} \quad (4)$$

Donde  $K$  es una constante,  $S$  es la velocidad de combustión,

$P_i$  es la presión inicial,  $P_m$  es la presión máxima,  $T_i$  es la temperatura inicial  $n_q$  es el número de moles de gas en la mezcla quemada,  $n_i$  es el número de moles en la mezcla inicial,  $M_i$  es el promedio del peso molecular de la mezcla inicial,  $M_q$  es el promedio del peso molecular de los gases quemados y  $T_q$  es la temperatura adiabática de los productos de la combustión.

En la detonación, si la velocidad de reacción es supersónica la velocidad de igualación de presiones será menor que la velocidad de propagación, por lo que se tendrá una reducción notable en la presión del frente de la llama; es más, con la mayoría de las mezclas de vapor de combustible-aire, y a temperaturas ordinarias, la relación de presiones entre la máxima y la inicial dentro del recipiente será en el primer caso alrededor de 8:1 y en el segundo se excederá de 40:1.

Walfron y Dunn, representaron la relación de presiones

$P_2/P_1$  a través del frente de la detonación así:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{2 + \gamma_2} (\gamma_1 M_1^2 + 1) \quad (5)$$

Donde  $\gamma_2$  es la relación de calores específicos de los gases quemados,  $\gamma_1$  la relación de calores específicos de la mezcla de gases inicial  $M_1$  es el número de Mach de la onda de detonación con respecto de la mezcla inicial,  $M_1$  esta dando en términos de temperatura  $T$  y peso molecular  $W$  de las mez-

clas inicial y final, según la siguiente expresión:

$$\frac{(M_1^2 + 1)}{M_1^2} = \frac{(T_2 + 1)^2 T_2 W_1}{T_1 W_2} \quad (6)$$

El aumento de presión es muy grande cuando se produce una detonación que precede a un aumento de presión provocado por una deflagración, la distancia necesaria para que una deflagración pase a una detonación, depende de la mezcla inflamable, de la temperatura, de la presión, del recipiente y de la fuente de ignición.

Con una fuente de ignición potente, se puede producir una detonación inmediata a la ignición, aun en recipientes abiertos; sin embargo la energía de ignición necesaria para iniciar una detonación es en la mayoría de los casos muchísimas veces más grande que la necesaria para producir una deflagración.

#### g.3.4) Presión de explosión.

La presión generada en una deflagración o detonación es muchas veces capaz de demoler un sistema (reactor, edificio, etc.), como vimos, una deflagración puede crear, aumentar de presión 8:1, y en la detonación éstas presiones tienen relación de 40:1 (presión reflejada). Ya que una estructura ordinaria puede ser demolida por presiones diferenciales de solo 0.15 a 0.25 Kg/cm<sup>2</sup>, no es de sorprender que aún estructuras de concreto armado, hayan sido completamente demolidas por una explosión de mezclas inflamables cercana a los límites de inflamabilidad. Cuando una detona-

ción causa que un recipiente falle, se forma una onda de choque, que puede propagarse hacia el exterior con una velocidad que es determinada por las características del medio que la transmite y de la energía disponible.

Si la velocidad de choque  $V$ , se conoce, la sobrepresión resultante ( $P-P_s$ ), esta dada por la ecuación:

$$P-P_s = P_s \frac{2}{-1} \frac{V}{Q} - 1 \quad (7)$$

Donde  $\gamma$  es la relación de calores específicos y  $Q$  es la velocidad de sonido en el medio por el cual la onda de choque pasa. El potencial de daño aproximado puede localizarse en los datos de la tabla 1.

Condiciones de fallas por sobrepresión en materiales frágiles,		Sobrepresión aproximada Kg/cm <sup>2</sup>
Ventanas de vidrio grandes y chicas	Generalmente se rompen fallas ocasionales en los marcos	0.04-0.07
Paredes de asbesto-cemento corrugado	Se hace añicos	0.04-0.15
Paredes de lámina acero o aluminio	Rajaduras y abollamiento fallas en estructuras	0.07-0.15
Paredes de madera	Desquebrajamiento de la pared	0.15-0.25
Muros de tabique de barro cocido 20 cm de ancho no reforzado	Rajaduras o fallas de flexión	0.50-0.60

## g.4) Ruido.

El ruido constituye uno de los mayores problemas de los asesores de seguridad e higiene.

Una explosión excesiva al ruido causa lesiones al sistema auditivo. Esta es la fuente de peligro que más debe interesarle al asesor, el asesor debe saber que el ruido tiene otros efectos indeseables en las personas. En particular, causa molestias y en ocasiones interrumpe el curso del diálogo.

Evaluación de problemas de ruidos.

A fin de evaluar el ruido, se requieren tres tipos de información:

- A) Niveles de ruido de una planta y maquinaria.
- B) El modelo de explosión de todas las personas afectadas por el ruido.
- C) Cantidades de personas que se encuentran en los distintos niveles de explosión.

Esta información puede usarse para evaluar el grado de ruido en varias partes de una fábrica, para seleccionar las medidas apropiadas para controlarlo y para evaluar la inversión del control que se proponga.

El ruido se mide por decibeles en lo que respecta a su intensidad o gasto de energía por unidad de superficie y esta es una unidad logarítmica en la cual la presión acústica del ruido esta unida a un valor de referencia cuyo valor es de  $2 \times 10^{-4} \frac{\text{Dinas}}{\text{cm}^2}$  ó  $2 \times 10^{-5} \frac{\text{Newton}}{\text{m}^2}$ , la representación logarítmica del decibel es la siguiente:



$$dB = 20 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

$P$  = Presión acústica de un punto considerado  
 $P_0$  = Presión acústica de referencia.

Debido a que los decibelios son unidades logarítmicas no pueden añadirse o sustraerse aritméticamente, es más, si se aumenta al doble la intensidad del sonido, se producirá un aumento correspondiente de 3 decibelios, no el doble del número. En la escala de decibelios el cero es el umbral de la facultad auditiva y 120 el del dolor, puesto que el oído es un órgano extraordinario que corresponde a presiones sonoras de 0.002 a 2000  $\frac{\text{Dinas}}{\text{cm}^2}$ , se ha adoptado esta unidad logarítmica para evitar trabajar con cantidades numéricas grandes.

#### Control del Ruido.

- a) Reducción del volumen en la fuente del ruido producido.
- b) Aislar o interferir la conducción del ruido.
- c) Uso de materiales absorbentes del ruido.
- d) Protección personal (tapa-orejas).
- e) Audiogramas.

#### Efectos del ruido en el hombre.

1. Interferencia con las comunicaciones orales y, como consecuencia, interferencia con el rendimiento y seguridad en el trabajo.
2. El ruido induce pérdidas de las facultades auditivas, reducción del control muscular, cuando la explosión es intensa, con el tiempo ataca el sistema nervioso.
3. En las jornadas establecidas de ocho horas, el ruido intenso es el factor determinante en la fatiga.

#### g.5) Alumbrado.

Gran parte del alumbrado que se utiliza en la industria puede considerarse como un obstáculo para el logro de los

niveles de eficiencia y prevención de accidentes de trabajo que deben esperarse en industrias de todo género.

Es obvio que sin los requerimientos fundamentales para un alumbrado adecuado, es decir, sin un nivel estándar de alumbrado suficiente, no se puede llevar a cabo ningún trabajo visual en forma fácil, correcta y rápida, ni tampoco en forma segura.

Por otra parte, la luz misma puede representar un riesgo o peligro si se le emplea indebidamente.

Un buen alumbrado es aquel que promueve la seguridad y la eficiencia en centros de trabajo; es el alumbrado que se ha diseñado bajo normas de ingeniería y el que se ajusta a las necesidades de trabajo específico del personal y a las condiciones generales de la vida moderna.

#### Fallas en el alumbrado:

Debido a la oscuridad, con frecuencia quedan ocultos los riesgos; la semioscuridad tampoco mejora las condiciones de trabajo. Esto podría ocasionar una mala interpretación de información que se da a través de medios visuales, ya que la colocación, configuración y movimiento de los objetos pueden ser motivo de equivocaciones si no se tiene el alumbrado necesario para llevar a cabo actividades normales.

#### Sombras.

Las sombras se producen al haber demasiada separación entre lámparas en relación con su altura, o bien si están mal colocadas.

A menos que no haya obstrucciones voluminosas se requiere, obviamente, tomar ciertas precauciones, y las sombras no tendrán importancia si la relación espaciado-altura de las lámparas no excediera el máximo recomendado por los fabricantes.

Por ningún motivo debe permitirse que las escaleras estén oscuras porque ya de por sí son un riesgo bastante severo, sin tomar en cuenta el peligro adicional de las sombras que pueden ocultar el borde del escalón o que dan la apariencia de un escalón adicional. Debe haber alumbrado al comienzo y al término de cada tramo de escalera y debe estar siempre encendido si la luz natural no es adecuada durante las horas del día, o debe encenderse al atardecer.

#### g.6) Electricidad estática.

La electricidad estática puede causar un fuego o una explosión en las siguientes condiciones:

- A) Debe haber una atmósfera inflamable o explosiva.
- B) Se debe generar y acumular una carga eléctrica en la fábrica, el producto o en el operador, y haberse producido un campo eléctrico mayor que la fuerza de ruptura del campo de la atmósfera circulante.
- C) La chispa resultante debe tener mayor energía que la energía de ignición mínima de la atmósfera circulante.

No puede ocurrir una explosión o un incendio si no existe alguna de las condiciones enumeradas.

En cualquier situación, las precauciones de seguridad

deben ser con el fin de eliminar uno o más de los factores que se han enumerado, interfiriendo en forma mínima en las operaciones de la fábrica y del proceso que se trata, la forma general de las precauciones contra riesgo electrostático se pueden expresar como sigue:

- A) Control de generación de cargas mediante el diseño apropiado de la fábrica, y en los procedimientos de operación.
- B) Control de la acumulación de cargas en la fábrica, en el producto y en el personal.
- C) Eliminación de atmósfera inflamables.
- D) Diseño de procedimientos para reducir el mínimo de posibilidad de una chispa.

En primer lugar, hay que considerar las precauciones de seguridad que tienen aplicación universal y luego otras que tienen aplicación limitada, que se describen mejor con referencia a operaciones industriales específicas.

#### Prevención de acumulación de carga en el personal:

Una persona aislada del suelo por medio de zapatos o pisos no conductores, puede, aún sin saberlo, cargarse electrostáticamente y alcanzar potenciales de 10 000 a 20 000V. Se puede cargar y generar electricidad estática sobre sí misma, por ejemplo por el movimiento en relación con sus ropas, por el proceso de participación de carga (por ejemplo, cuando toma muestras de un producto que esta cargado electrostáticamente), por inducción electrostática (por ejemplo, deteniéndose cerca de un objeto cargado).

Las personas normalmente son buenos conductores eléctricos y pueden evitar acumular niveles peligrosos de carga, empleando calzado de baja resistencia eléctrica o caminando sobre pisos de igual condición. Las especificaciones para lograr estas condiciones se dan en los estándares. Hay dos tipos de productos: antiestático y conductores.

El calzado y pisos antiestáticos tienden a evitar que se acumule una carga en la persona y a darle protección contra fallas en las líneas de suministro eléctrico. El calzado y los pisos conductores, que están diseñados para áreas en que se manejan explosivos evitan que se acumule una carga estática, pero no protegen contra las fallas de las líneas de suministro eléctrico y se recomienda que solo se emplean en situaciones en que se deben tomar precauciones especiales en el diseño, instalación <sup>o</sup> mantenimiento de la instalación y del equipo eléctrico, para eliminar la posibilidad de que haya un choque eléctrico y un fuego.

En muchos procesos industriales se genera electricidad estática. En la mayoría de las situaciones, el peligro más grande de incendio brota de la acumulación de carga en conductores eléctricos, lo que se debe hacer es la conexión a tierra de todos los objetos metálicos de la tierra.

#### h) Fundamentos sobre calderas.

Las calderas son aparatos tubulares calentados directamente que por principio conviertan la energía del combustible en calor latente de vaporización; cuya función espe-

cífica es la de producir vapor a partir de agua. Consta fundamentalmente de dos partes: el lugar donde se lleva a cabo la combustión, llamado horno y hogar de la caldera y un lugar donde se lleva a cabo la generación de vapor, llamado hervidor o cuerpo de la caldera.

La importancia de estos aparatos se extiende a todas aquellas ramas de la industria en donde se hace necesario la generación de energía.

La caldera genera vapor para procesos donde se requiere intercambio de calor, diseñados en equipos para tal efecto.

Las calderas las podemos clasificar a su vez en dos tipos que son:

- A) Acuo-tubulares.
- B) Igneotubulares (tubos de humo).

Las calderas acuotubulares son aquellas en las que el agua esta contenida en el interior de los tubos o domos; en las igneotubulares, los gases viajan por el interior de los fluxes y el agua esta por su parte externa, en estos aparatos, el calor que produce el combustible al quemarse calienta las paredes metálicas transmitiendo el calor por medio de ellas al agua hasta evaporarla; una vez evaporada, el vapor se acumula en la parte superior (ya sea cámara de vapor o domo), logrando así que forme una presión mayor a la atmosférica, las presiones van desde fracciones de un Kg/cm<sup>2</sup> hasta cientos de Kg/cm<sup>2</sup>.

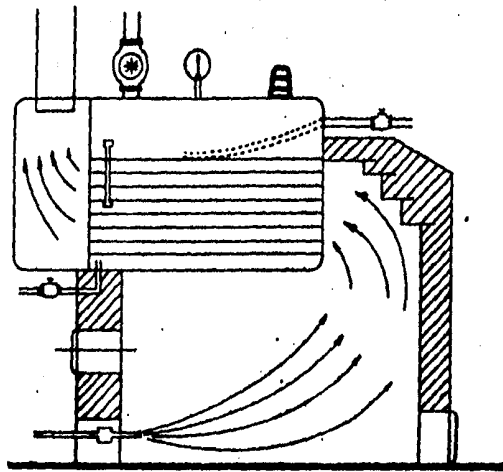
Entre las calderas de tubos de humo (Fig. 1), las más empleadas son las calderas verticales, horizontales de retorno, tipo marino y locomotora.

Las calderas de tubos de agua (Fig. 2), se emplean para mayores capacidades y presiones que las de tubos de humo, hay un tambor que sirve para coleccionar el vapor formando y para retener cierta cantidad de agua, de manera que las fluctuaciones de demanda de vapor, no afectan mucho a la presión de la caldera. Este tambor puede resistir altas presiones con un espesor moderado, puesto que su diámetro es también moderado.

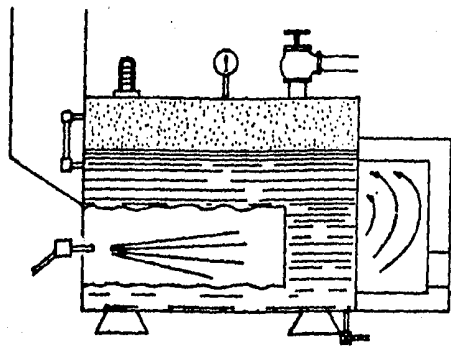
Una de las particularidades más importantes de una caldera, es lo que se llama superficie de calefacción, de la cual depende su capacidad de producción de vapor. Se llama superficie de calefacción de una caldera, a la superficie de metal que está en contacto al mismo tiempo, con los gases calientes de combustión y con el agua o vapor húmedo.

En las calderas, se mide la superficie de calefacción del lado de los gases, su unidad es  $m^2$  o  $pies^2$ .

El caballo caldera es una denominación que sirve para designar la capacidad de evaporación de una caldera. Para encontrar, por consiguiente, la capacidad nominal de una caldera, se divide entre 10 la superficie de calefacción en  $pies^2$ .



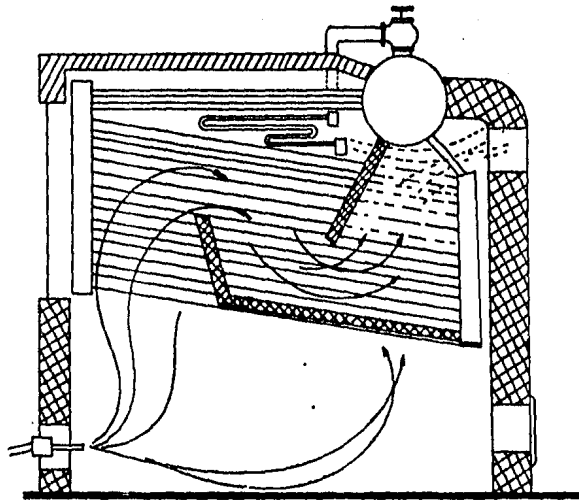
TIPO RETORNO



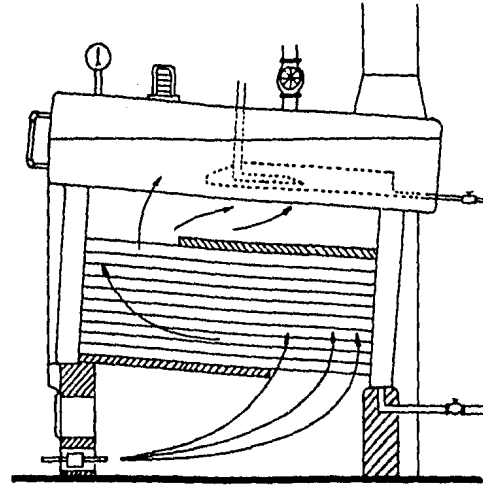
TIPO MARINO

U. N. A. M.		
FACULTAD DE QUIMICA LABORATORIO DE INDUSTRIA QUIMICA		
SERVICIO C.A.B.	FIGURA 1	TESIS PROFESIONAL J.C.R.1.





**TIPO TAMBOR TRANSVERSAL A LOS TUBOS**

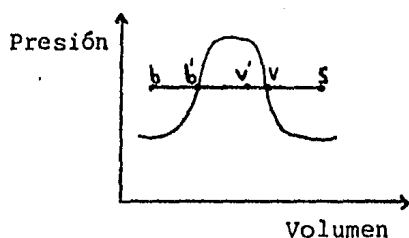


**TIPO TAMBOR LONGITUDINAL**

U. N. A. M.		
FACULTAD DE QUIMICA LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA		
REVISO C.A.M.	FIGURA 2	TESIS PROFESIONAL J.C.R.J.

Es importante decir que la caldera es el equipo de más bajo costo para producción de energía con limitaciones de temperatura y es el equipo que más fácil lo produce. Es de grandes capacidades de vapor; son los equipos de más alto rendimiento, de bajo costo de mantenimiento y que se encuentran en el mercado de muy diversos tamaños, clases y precios de operación.

El proceso que sigue el fluido en un generador de vapor, es un calentamiento a presión constante, tal como lo indica la figura 1.



El punto b es la alimentación del agua dentro de la caldera a la presión P. bb' es el calentamiento del agua dentro de la caldera, b'v es la vaporización en la caldera, vs es el sobrecalentamiento en el sobrecalentador. Si no hay sobrecalentador la parte vs queda suprimida, saliendo el vapor de la caldera saturado o ligeramente húmedo, como v'. En todo proceso isobárico el calor comunicado al fluido entre dos estados, es la diferencia de entalpías del fluido entre dichos estados.

Por consiguiente, en un generador de vapor con sobrecalentador el calor comunicado al fluido en la unidad de

tiempo, será:

$$Q = W(H_g - H_b)$$

W: peso del vapor producido.

Q: calor comunicado, por unidad de tiempo.

$H_g$ : entalpia del vapor al salir del sobrecalentador.

$H_b$ : entalpia del agua de alimentación al entrar a la caldera.

Si el generador de vapor no tiene sobrecalentador, el calor comunicado al fluido será:

$$Q = W(H_v - H_b)$$

En donde:

$H_v$ , es entalpia del vapor al salir de la caldera.

El calor puede transmitirse de un cuerpo a otro, de tres maneras: por radiación, por conducción, y por convección.

En la transmisión por radiación entre dos cuerpos, el medio que los separa no interviene para nada, excepto para absorber el mismo, parte de la radiación.

En la transmisión por conducción entre dos cuerpos A y B, los cuerpos intermedios entre ellos sirven de conductores del calor, sin moverse y estableciéndose entre ellos un gradiente de temperatura.

En la transmisión por convección entre dos cuerpos A y B, los cuerpos intermedios a ellos se ponen en movimiento y acarrear el calor del cuerpo caliente al cuerpo más frío.

La convección puede ser natural o forzada. En el primer caso, las partículas intermedias se ponen en movimiento debido a la menor densidad que adquieren al calentarse. En el segundo caso, las partículas intermedias son forzadas a moverse por un medio mecánico, como es una bomba o un ventilador.

En las calderas de vapor se presentan estos tres casos de transmisión de calor.

En el horno de una caldera el calor se transmite principalmente por radiación, entre el lecho inco<sup>n</sup>descente del carbón y las paredes relativamente frías de la caldera, también hay radiación de las llamas del horno o sea de los gases inco<sup>n</sup>descentes a las paredes de la caldera. La transmisión de calor de los gases que salen del horno a la caldera, se efectúa por convección, siendo esta natural. Los gases recorren la caldera succionados por el tiro de la caldera, y el agua en el interior de la caldera se mueve muy activamente en el sentido de la circulación de la misma.

El calor transmitido entre los dos fluidos, uno caliente y el otro frío, a través de la superficie de calefacción puede considerarse como una transmisión de calor por conducción.

La conducción de calor a través de una pared compuesta. Esta representada por una pared (Figura 1), formada de una capa de material de coeficiente de conductividad  $K_1$  y espesor  $l_1$ , otra capa de coeficiente  $K_2$  y espesor  $l_2$ .

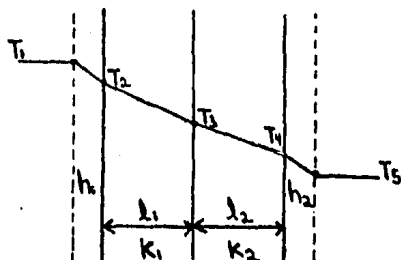


Figura 1

El fluido del lado izquierdo de la pared está a la temperatura  $T_1$  y existe una película de fluido, cuyo coeficiente de conductancia es  $h_1$ .

Del lado derecho de la pared el fluido está a una temperatura  $T_5$ , y el coeficiente de conductancia de la película correspondiente es  $h_2$ .

Suponemos que la pared es plana y que ya se ha estabilizado el flujo de calor a través de ella, permaneciendo constante  $T_1$  y  $T_5$  con respecto al tiempo. Esta pared es lo que se llama superficie de calefacción. En el interior de la pared, que en realidad se haya formada de cuatro capas de conductividades distintas, se establecerá una caída de temperatura cuya representación gráfica será una línea quebrada, tomando como ordenadas las temperaturas, la cantidad de calor que pase por unidad de tiempo a través de una superficie  $A_1$  será la misma en cualquiera de las cuatro capas y la designaremos por  $Q$ . se tiene entonces:

$$Q = h_1 A (T_1 - T_2)$$

$$Q = \frac{K_1 A (T_2 - T_3)}{l_1}$$

$$Q = \frac{K_2 A (T_3 - T_4)}{l_2}$$

$$Q = h_2 A (T_4 - T_5)$$

Despejando los paréntesis se tiene:

$$T_1 - T_2 = \frac{Q}{h_1 A}$$

$$T_2 - T_3 = \frac{Q}{\frac{K_1 A}{l_1}}$$

$$T_3 - T_4 = \frac{Q}{\frac{K_2 A}{l_2}}$$

$$T_4 - T_5 = \frac{Q}{h_2 A}$$

Sumando miembro a miembro:

$$T_1 - T_5 = \frac{Q}{A} \left( \frac{1}{h_1} + \frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} + \frac{1}{h_2} \right)$$

y despejando a Q

$$A = \frac{Q}{\frac{1}{h_1} + \frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} + \frac{1}{h_2}} (T_1 - T_5) A$$

El quebrado puede considerarse como el coeficiente de conductancia  $V$  en la pared, y se tiene:

$$V = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{l_1}{K_1} + \frac{l_2}{K_2} + \frac{1}{h_2}}$$

$$Q = VA (T_1 - T_5)$$

En esta fórmula todos los términos del segundo miembro son conocidos puesto que se han eliminado las temperaturas intermedias.

Si se quieren determinar dichas temperaturas intermedias podemos despejar el valor de  $Q/A$  y se tiene:

$$q = \frac{Q}{A} = V(T_1 - T_5)$$

Reemplazando el valor obtenido para  $q$  en las fórmulas de las  $(T)$  se tienen las caídas parciales de temperatura con las cuales se pueden obtener las temperaturas intermedias, recordando que en el interior de un material homogéneo las temperaturas caen linealmente siempre que  $A$  sea constante, se tiene:

$$T_1 - T_2 = q \frac{l_1}{h_1}$$

$$T_2 - T_3 = q \frac{l_1}{K_1}$$

$$T_3 - T_4 = q \frac{l_2}{K_2}$$

$$T_4 - T_5 = q \frac{l_2}{h_2}$$

La caldera de vapor es una superficie de calefacción que sirve para transmitir el calor almacenado en los gases de combustión al agua en estado de ebullición.

Las calderas están hechas de lámina de fierro o de acero suave. La resistencia de esta lámina al paso del calor, es relativamente muy pequeña, debido al alto coeficiente de conductividad del fierro y del acero. Por el lado de los gases se acumula una capa de ceniza, que difi culta considerablemente el paso del calor, debido a su ba jo coeficiente de conductividad. Esta capa de ceniza es necesario quitarla periódicamente, tan a menudo como sea posible, para lo cual se emplean unos limpiadores, que son chorros de vapor dirigidos contra los tubos de la caldera. Por el lado del agua, se deposita sobre la pared de la cal dera una capa de incrustaciones, que está constituida por sales de Ca y Mg principalmente. Esta capa tiene también un bajo coeficiente de conductividad, por lo cual se limpian los tubos de la caldera de esta incrustación periód icamente.

En el lado de los gases se forma la película de gases altamente resistentes al paso del calor, y por el lado del agua se forma también una película de agua.

La Figura 1, represente esquemáticamente las diferentes capas que intervienen en la transmisión de calor, a través de la pared de una caldera. La pared más gruesa es, evidentemente, la del metal de que está hecha la caldera,



sin embargo, la caída de temperatura en esta pared es la más pequeña de todas, debido a su alto coeficiente de conductividad.

La caída de temperatura en las capas de ceniza y de incrustación es mayor y mayor aún las caídas de temperatura en las películas de fluidos.

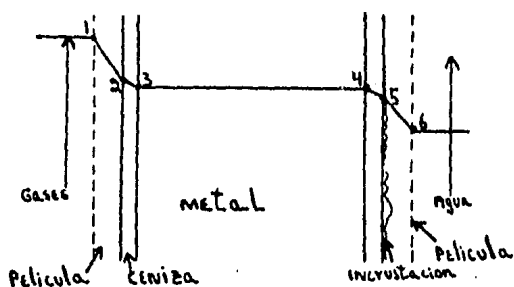


Figura: 1

El espesor de la pared metálica, así como la clase de metal que se emplee en la construcción de la caldera, tiene poca influencia en el coeficiente de conductancia  $V$  de la fórmula,  $Q = VA (T_1 - T_5)$ .

Lo que si aumenta el coeficiente  $V$ , es tener limpia la caldera tanto por el lado del agua, como por el lado de los gases, para disminuir lo más posible el espesor de las capas de ceniza y de incrustación. El espesor de las películas disminuye al aumentar la velocidad del fluido que las forma, de manera que para tener poca resistencia en la película de gases, es necesario aumentar la velocidad de éstos.

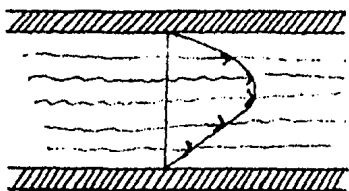
Como la mayoría de las calderas trabajan por circulación natural del agua, al aumentar la velocidad de los gases de combustión, aumenta también la velocidad del agua y disminuye, por consiguiente, el espesor y la resistencia de la película de agua.

De acuerdo con este razonamiento, el valor del coeficiente de conductancia  $V$ , aumenta al aumentar el porcentaje de carga de la caldera, ya que en este caso se quema mayor cantidad de gases, lo que hace que para una caldera dada, aumente la velocidad de los gases con el porcentaje de carga.

El escurrimiento de un fluido en una tubería puede ser de dos naturalezas muy diferentes, puede ser laminar o turbulento.

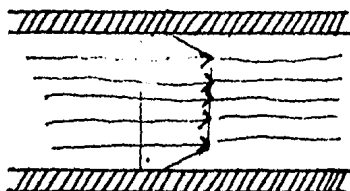
En el primer caso, los filetes de fluido corren paralelamente a las paredes del tubo, deslizándose unos con respecto a otros. En el segundo caso los filetes siguen trayectorias sinuosas, produciendo remolinos.

En el escurrimiento laminar puede demostrarse que la velocidad del fluido es máxima en el centro del tubo y nula en las paredes del mismo, variando parabólicamente desde cero hasta su máximo, como lo muestra la figura 5.



Escorrimento laminar

Figura 5



Escubrimiento turbulento

Figura 6

En el escurrimento turbulento, los filetes de fluido cercanos a la pared del tubo siguen la misma ley parabólica, por lo que respecta a su velocidad, pero en la parte central del tubo la velocidad es aproximadamente constante, como lo muestra la figura 6.

Que un fluido escurra laminarmente o turbulente, depende de la viscosidad del mismo y de su velocidad, así como del diámetro interior del tubo.

En los aparatos empleados en las plantas de vapor se tiene casi siempre escurrimento turbulento, porque se trata con fluidos poco viscosos.

En el escurrimento turbulento la parte que sigue la ley parabólica o sea que escurra laminarmente recibe el nombre de película y su espesor puede ser tan sólo de una fracción de milímetro.

Esta película, sin embargo, ofrece una gran resistencia al paso del calor, porque a través de ella la transmisión se efectúa por conducción y hemos visto que los fluidos transmiten muy mal el calor por conducción.

Siempre que se trate de transmitir calor de un fluido a otro, a través de una superficie de calefacción, se formarán estas películas de fluido, una en cada fluido y éstas películas son las que ofrecen el máximo de resistencia al paso del calor.

La resistencia de una película al paso del calor depende del coeficiente de conductividad del fluido estacionado y del espesor de la película.

El espesor de la película disminuye con la velocidad del fluido y es menor mientras menor sea la viscosidad del fluido.

Con objeto de que no intervenga en los cálculos el espesor de la película, la propiedad de conducir calor de una película se indica por su coeficiente de conductancia, que aumenta al aumentar la velocidad del fluido, ya que de este modo disminuye el espesor de la película. Experimentalmente se han encontrado valores para diversos coeficientes de conductancia de películas de distintos fluidos, a distintas velocidades.

Cuando a través de un tubo fluye vapor de agua y aquel se encuentra sumergido en un recipiente con fluido, se forman pequeñas burbujas de vapor de una manera completamente al azar en la superficie del tubo. El calor que pasa a través de la superficie del tubo donde no se forman burbujas, entra por convección al líquido que lo rodea. Algo del calor del líquido fluye entonces

hacia la burbuja, provocando evaporación desde su superficie interna hacia el interior de ella misma.

Cuando se ha desarrollado suficiente fuerza ascensional entre la burbuja y el líquido, ésta se libera de las fuerzas que la mantienen adherida al tubo y sube a la superficie del recipiente. Para que esta conducta prevalezca, el líquido debe estar más caliente que su temperatura de saturación en la burbuja incipiente. Esto es posible, ya que la naturaleza esférica de la burbuja establece fuerzas de superficie en el líquido, de manera que la presión de saturación dentro de la burbuja es menor que la del líquido que la rodea.

La temperatura de saturación de la burbuja siendo menor que la del líquido que la rodea, permite el flujo de calor dentro de la burbuja.

El número de puntos en los que se originan burbujas depende de la textura de la superficie del tubo, aumentando con la rugosidad.

La transferencia de calor por vaporización sin agitación mecánica, es obviamente una combinación de convección ordinaria en el líquido y convección adicional producida por la ascensión de las burbujas de vapor. Bajo diferencias de temperatura muy pequeñas entre la pared del tubo y el líquido en ebullición, la formación de las burbujas tiene lugar lentamente y la velocidad de transferencia de calor es esencialmente la de convección libre, estando da-

da por las ecuaciones (1) y (2).

$$\frac{h_c D_0}{K_F} = 0.47 \left[ \frac{(D_0^3 \rho_F^2 g \beta \Delta t)}{\mu_F^2} \left( \frac{c_{MF}}{K_F} \right) \right]^{0.25} \quad (1)$$

$$h_c = 116 \left[ \frac{(K_F^3 \rho_F^2 c_F \beta)}{\mu_F} \left( \frac{\Delta t}{D_0} \right) \right]^{0.25} \quad (2)$$

La tensión superficial y su influencia en la formación de la burbuja y su crecimiento, es otro factor que se muestra en la figura 1.

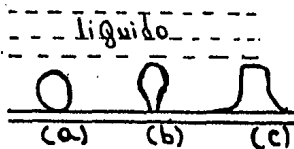


Figura 1

La tensión superficial de agua en contra del aire es aproximadamente de 75 dinas/cm a temperatura ordinaria, mientras que la mayoría de las sustancias orgánicas tienen tensiones superficiales que varían de 20 a 30 dinas/cm a temperatura ordinaria. La tensión superficial de muchos líquidos a sus puntos de ebullición respectivos, sin embargo, probablemente no se aparte mucho de aquellas a temperatura ordinaria.

Las tensiones superficiales de líquidos en contra de metales pueden también diferenciar de su tensión superficial en contra del aire, ya que la velocidad de vaporización del agua es en realidad mucho mayor que la de los

líquidos orgánicos bajo condiciones idénticas.

Si la tensión superficial de un líquido es baja, tiende a mejorar las superficies de manera que la burbuja en la figura 1.a, es fácilmente ocluída por el líquido y asciende. Para líquidos de tensión superficial inmediata. Como se muestra en la figura 1.b, existe un balance momentáneo entre la burbuja y la pared del tubo, de manera que es necesario formar una burbuja más grande antes de que las fuerzas ascensoriales la liberen de la superficie del tubo. La burbuja de la figura 1.c, indica la influencia de una gran tensión superficial.

Considere el coeficiente de ebullición típico de la curva de McAdams basado en los datos de varios investigadores para el agua, como se muestra en la figura 2.

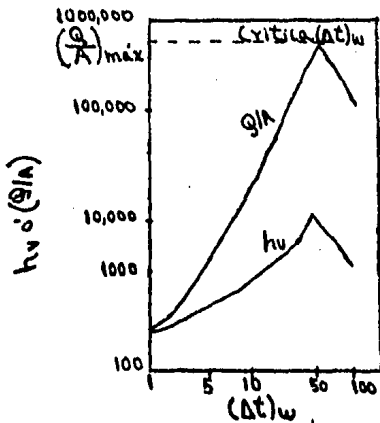


Figura 2

Desde una  $(\Delta t)_w$  mayor de  $5^\circ\text{F}$  hay una correlación logarítmica relativamente recta entre el coeficiente de vaporización y la diferencia de temperaturas, donde  $(\Delta t)_w$  es la diferencia de temperatura entre la pared del tubo y el vapor.

Esta correlación cambia sin embargo, a la diferencia de temperatura crítica que se manifiesta alrededor de  $45^\circ\text{F}$  para aguas que se evaporan en recipientes. A esta diferencia de temperatura la superficie caliente y el líquido se aproximan a las condiciones mostradas en la figura 3.

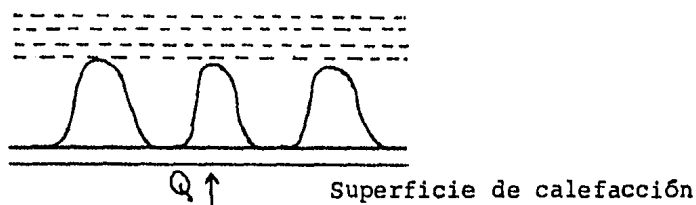


Figura 3

Hay un predominio del vapor en la pared del tubo, debido a la rápida y alta transferencia de calor, de manera que en realidad muy poco líquido tiene contacto con la pared caliente del tubo. Esta condición se llama interferencia, siempre que la gran cantidad de vapor formado en la pared del tubo sirve realmente como una resistencia de gas al paso de calor hacia el líquido y reduce el coeficiente de película para la vaporización a medida que la diferencia de temperatura aumenta.



Cuando la vaporización se efectúa directamente en la superficie calefactora, se llama ebullición nuclea y cuando toma lugar a través de la película de gas de interferencia se llama ebullición en película.

Un criterio útil sobre el comportamiento durante la vaporización es que el máximo flujo de calor se define como  $(q/A)_{\text{máx}}$  o  $(V\Delta t)_{\text{máx}}$ .

El flujo máximo vs.  $(\Delta t)w$  está graficado para el agua en ebullición como la curva superior de la Figura 3. Representa el número de Btu por hora que se transfieren por pie cuadrado de superficie con el máximo flujo obtenible correspondiente al flujo de calor a la diferencia crítica de temperatura.

Cuando se emplea un  $(\Delta t)w$  mayor que el crítico, se logran coeficientes de vaporización menores y el flujo de calor decrece similarmente. Se sigue entonces que las grandes diferencias de temperatura tan favorables para la conducción y convección pueden en realidad ser un impedimento para la vaporización. Se ha encontrado que los siguientes factores afectan la velocidad de transferencia de calor por vaporización de los recipientes: (1) naturaleza de la superficie y distribución de las burbujas; (2) propiedades del líquido, tales como tensión superficial, coeficiente de expansión y viscosidad; (3) la influencia de la diferencia de temperatura sobre la evolución y vigor de las burbujas.

## Nomenclatura para el Capítulo 2.

- hc Coeficiente de transferencia de calor para convección libre,  $\frac{\text{Btu}}{(\text{h})(\text{pie}^2)(^\circ\text{F})}$
- Do Diametro exterior de tubos o tuberías, pies.
- $\Delta t$  Diferencia de temperatura para transferencia de calor,  $^\circ\text{F}$ .
- Mf Viscosidad a la temperatura de la película, centipoises.
- $\rho_f$  Densidad de temperatura de la película,  $\frac{\text{lb}}{\text{Pie}^3}$
- g Aceleración de la gravedad,  $\frac{\text{Pie}}{\text{h}^2}$
- $\beta$  Coeficiente de expansión térmica,  $1/^\circ\text{F}$ .
- Cf Calor específico a la temperatura de la película.
- Kf Conductividad térmica,  $\frac{\text{Btu}}{(\text{h})(\text{Pie}^2)\text{C}^\circ\text{F}} \frac{\text{Pie}}{\text{Pie}}$

## CAPITULO III

## DESCRIPCION DE LA CALDERA DEL L.I.Q.

## a) Descripción.

La caldera monitor está construída con tubos de humo horizontales, con tubos y placas de desviación instaladas en tal forma que los productos de combustión tienen que pasar cuatro veces a todo lo largo de la caldera antes de salir. La combustión se inicia y se termina en el tubo principal de humo u horno, los gases son forzados por un soplador centrífugo para que circulen progresivamente hacia arriba a través de pasos sucesivos hacia el escape; la posición que se de al registro de aire, que es el que controla la entrada de aire al soplador, determinará la cantidad de aire para la combustión.

-El quemador y el sistema de control-

La caldera Cleaver-Brooks tiene el conjunto del quemador montado en la tapa delantera de la caldera; y toda la tapa puede abrirse para inspección y mantenimiento. Los quemadores están equipados para consumir gas o aceite, o una combinación de los dos. El quemador funciona con un control de dos posiciones (on-off).

El quemador de aceite es del tipo de alta presión (inyector) y lo prende una chispa eléctrica mediante dos electrodos. En todas las calderas, excepto las más pe-

queñas, el inyector del quemador principal es encendido con un piloto.

La caldera cuenta con un sistema programado para apagar el quemador, cuando se presentan condiciones de bajo nivel del agua, exceso de presión del vapor o exceso de temperatura.

#### --Controles y Componentes--

Para poder identificar con prontitud y familiarizarse rápidamente con la función de aquellos elementos que controlan directamente la operación de la caldera se hace una descripción breve que se da a continuación de cada control y componente.

##### 1) Control del programa (combustión).

Este control en coordinación con el motor cronométrico y los relevadores de cambio, establece la secuencia haciendo seguir un tiempo fijo y preasignado para cada fase de la operación del quemador.

La regulación cronométrica ha sido fijada en el diseño y no debe cambiarse. Hay una fotocelda o varilla de la llama que detecta la luminocidad de la llama e interrumpe todo el abastecimiento de combustible en caso que la llama se apague. El control del programa incluye una secuencia de arranque seguro, la cual, en caso de falla de alguno de los componentes internos, evita cualquier funcionamiento peligroso.

##### 2) Control de la bomba y del bajo nivel de agua.

Este control de nivel tipo flotador, responde al nivel de agua de la caldera que muestre el indicador de nivel, su fundamento principal es interrumpir la combustión en la caldera cuando el agua desciende al nivel mínimo de operación, tiene controles adicionales que hacen arrancar o parar la bomba de alimentación de la caldera para mantener el nivel apropiado de agua en la caldera automáticamente, también puede controlarse el nivel de agua manualmente por medio de un switch.

3) Control del límite de alta presión de temperatura.

Cuando la temperatura o la presión de la caldera llegan a un valor más alto que el previamente fijado, automáticamente el control interrumpe un circuito y apaga la caldera.

4) Transformador para la ignición.

Esta unidad aumenta el voltaje y suministra el alto voltaje necesario para producir la chispa de ignición en los electrodos, para encender el piloto.

5) Interruptor de la caldera (ciclo de ignición).

Este es el interruptor de dos posiciones (On-off) que se usa para iniciar o terminar el ciclo de arranque de la caldera.

6) Válvula de seguridad.

Esta válvula debe ser suministrada tal como exigen todos los códigos municipales y de recipientes a presión sujetos a fuego.

Protege la caldera contra aumentos peligrosos de presión.

- 7) Manómetro de la presión del vapor o de la temperatura y altitud.

Este manómetro indica la presión interna de la caldera a las condiciones de temperatura.

- 8) Accesorios de la columna de agua.

Este conjunto incluye: el indicador del nivel del agua, llaves del indicador y los grifos de prueba de la columna.

- 9) Válvula de drenaje de la columna de agua.

Esta válvula se suministra para poder vaciar periódicamente la columna de agua y sus tubos y así mantenerlos limpios.

- 10) Caja de servicio.

Este gabinete contiene los relevadores de la secuencia y el alumbrado correspondiente: control del programa, motor cronométrico, relevador magnético, relevador del motor del soplador o arranque e interruptor del quemador.

- 11) Válvula solenoide del aceite (cierre principal).

Esta válvula eléctrica controla el flujo de aceite (Diesel) que va al inyector.

- 12) Unidad de aceite combustible.

Esta unidad bombea el aceite combustible al inyector del quemador, la mueve el motor del soplador por medio de una bomba tiene un regulador integral de presión.

- 13) Orificio de observación del quemador.

Provee un medio conveniente para observar la condición de la llama del quemador y llegar mediante observación directa a una óptima combustión, independientemente del análisis de los gases correspondientes.

14) Motor cronométrico.

Este componente que trabaja en coordinación con el relevador magnético, establece el período de tiempo que demanda la secuencia de operación.

15) Válvula solenoide del aceite (retardada).

Esta válvula controla el flujo del aceite al quemador principal; no puede abrirse a menos que se haya establecido la llama del piloto. Esta válvula tiene un orificio integral.

16) Manómetro de la presión del aceite del quemador.

Indica la presión del suministro de aceite al quemador.

17) Fococelda.

Esta celda detecta la llama y envía una señal para cerrar la válvula solenoide de alimentación de aceite, en caso de falla de la misma.

b) Arranque y paro de la caldera.

b.1) Arranque de la caldera.

1) Cerciórese de que estén alineadas todas las válvulas de abastecimiento de agua a la caldera, antes de poner a funcionar la bomba de alimentación.

2) Conecte el suministro de energía.

- 3) Observe que el indicador de nivel, tenga la altura apropiada de agua para su operación.
- 3.1 Alto nivel del agua; 2 pulgadas desde el fondo del vidrio de nivel, la bomba de alimentación de agua de la caldera se apaga al llegar a este punto. Llenese inicialmente hasta este punto.
- 3.2 Bajo nivel del agua; 1 1/4 pulgadas desde el fondo del vidrio de nivel de bomba de alimentación de agua de la caldera debe prender al llegar a este punto, para establecer el nivel máximo.
- 3.3 Bajo nivel del agua, 1/2 pulgada desde el fondo del indicador, del quemador se apaga en este punto de manera automática.
- 4) Alinear las válvulas de succión y de retorno del combustible.
- 5) Prenda el interruptor del sistema de ignición de la caldera, el ciclo de ignición debe completarse automáticamente.

El quemador solo funcionara apropiadamente si la bomba esta suministrando el combustible a la presión adecuada (95 a 120 psi).

#### Ciclo de arranque:

- A) Encendido de ventilador + 1 seg.
- B) Encendido de bujía de ignición + 2 seg.
- C) Suministro del combustible + 3 seg.
- D) Prendido del quemador + 4 seg.



6) Una vez que se haya establecido una llama completa, abra el registro del aire para optimizar la relación aire-combustible, y poder tener una buena combustión (esto se hace para un arranque inicial de caldera).

El régimen de suministro de aire para combustión puede cambiarse regulando la entrada al soplador, la que se obtiene abriendo o cerrando al registro del aire secundario hasta conseguir el registro exacto del flujo de aire para combustión completa regulando mediante un analizador de gases ORSAT.

Como el régimen de suministro de combustible está fijado por el diseño y no se puede modificar fácilmente, el ajuste del registro del aire es el único medio existente para obtener la correcta proporción de aire-combustible y lograr la más eficiente combustión.

7) Para un arranque de rutina, establecer inicialmente una secuencia de precalentamiento.

Prender la caldera durante 15 minutos y apagarla 5 minutos sucesivamente, hasta que la aguja del indicador de presión de vapor empiece a indicar presión.

8) Cuando el indicador de presión marque, dejar encendida la caldera y esperar a que se obtenga la presión de operación deseada, ya estabilizada la presión de operación de la caldera, abra la válvula de suministro del vapor muy lentamente.

NOTA: Se recomienda purgar la caldera una vez por día antes del suministro de vapor a la red.

b.2) Paro de caldera.

- 1) Cierre la válvula de descarga del vapor, a la red de distribución.
- 2) Apague el interruptor del ciclo de encendido, la acción de apagado del ciclo de ignición debe completarse automáticamente.
- 3) Cierre todas las válvulas de las líneas de succión y retorno de combustible.
- 4) Apagar la bomba de alimentación de agua a la caldera (previa verificación de que tenga el nivel de agua adecuada), cerciórese de cerrar todas las válvulas de abastecimiento de agua.
- 5) Cortar el suministro de energía.

Mantener la caldera lista para una nueva operación.

c) Descripción del proceso de generación de vapor.

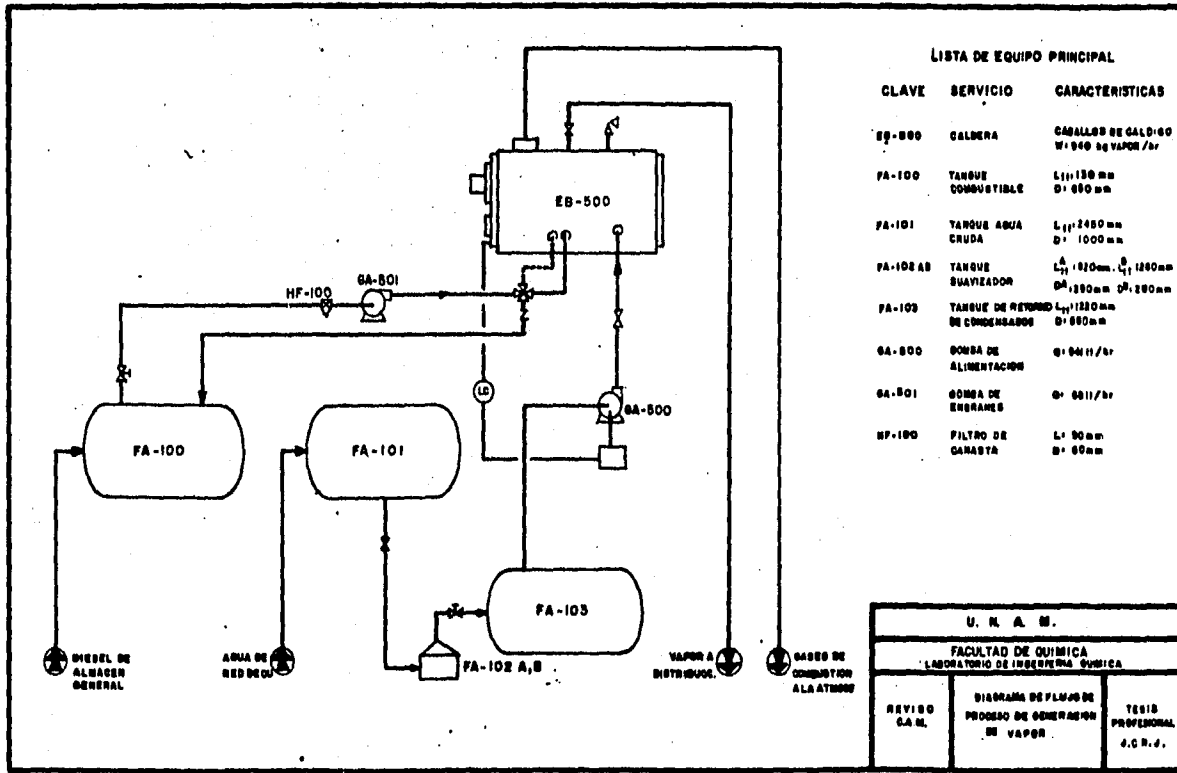
Agua cruda proveniente de la red de distribución de Ciudad Universitaria abastece al tanque (FA-101) que tiene una capacidad de 1920 litros.

Esta es tratada en el tanque suavizador (FA-102-AB) "fuera de operación", pasando posteriormente al tanque de retorno de condensador (FA-103) "fuera de operación", la bomba (GA-500) alimenta el agua de la caldera. El combustible "Diesel No. 2", almacenado en el tanque (FA-100) de 430 litros de capacidad pasa por un filtro (HF-100) y por medio de la succión de la bomba de engranes, con recirculación, continua, deja pasar solo una pequeña porción a

los atomizadores a través de una válvula solenoide, para enviar el combustible al quemador de la caldera (EB-500).

El vapor generado, sale a la línea de distribución de vapor, que abastece el laboratorio de ingeniería química.

d) Diagrama de flujo de proceso.



LISTA DE EQUIPO PRINCIPAL

CLAVE	SERVICIO	CARACTERISTICAS
EB-500	CALDERA	CAPAZ DE CALOR W: 900 kg VAPOR/hr
FA-100	TANQUE COMBUSTIBLE	L: 1130 mm D: 600 mm
FA-101	TANQUE AGUA CRUDA	L: 2450 mm D: 1000 mm
FA-102 A,B	TANQUE SUAVIZADOR	L <sub>A</sub> : 620 mm, L <sub>B</sub> : 1260 mm D <sub>A</sub> : 180 mm, D <sub>B</sub> : 200 mm
FA-103	TANQUE DE RETORNO DE CONDENSADOS	L: 1120 mm D: 600 mm
GA-800	BOMBA DE ALIMENTACION	Q: 64 l/hr
GA-801	BOMBA DE SERVICIOS	Q: 60 l/hr
HF-100	FILTRO DE CARBATA	L: 90 mm D: 60 mm

U. N. A. M.		
FACULTAD DE QUIMICA LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA		
REVISO C.A.M.	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE GENERACION DE VAPOR	TESIS PROFESIONAL J.C.B.J.

E) Especificaciones de la caldera del Laboratorio de Ingeniería Química.

Modelo: Tipo monitor de Cleaver-Brooks de México.

Sería: 100.

Combustible: Diesel No. 2.

Caballos de caldera: 60.

Superficie calorífica: 600 FT<sup>2</sup>.

Presión de diseño: 10.5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Producción de vapor: 940 Kg/h a P=7 Kg/cm<sup>2</sup>.

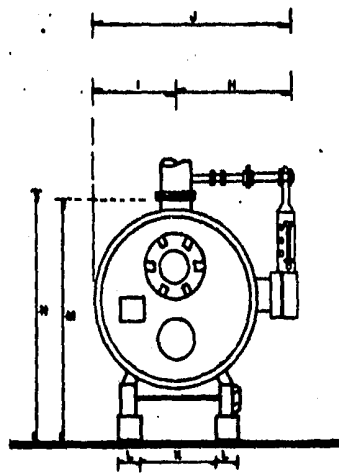
Consumo de agua a plena carga: 941 lts/hr.

Consumo de combustible a plena carga: 68 lts/hr.

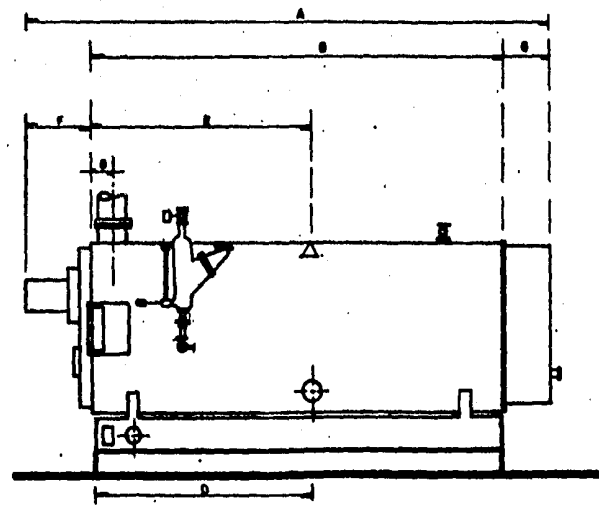
Dimensiones de la caldera (Figura 1).

A. Longitud total	3330 mm
B. Longitud cuerpo entre bridas y bases	2340 mm
C. Brida a centro de chimenea	152 mm
D. Brida a entrada de agua	1295 mm
E. Brida a salida de vapor	1166 mm
F. Longitud tapa frontal	530 mm
G. Longitud tapa trasera	460 mm
H. Centro a exterior columna de nivel	920 mm
I. Centro a exterior cubierta	680 mm
J. Ancho total	1600 mm
K. Interior bases de concreto	100 mm
L. Ancho bases de concreto	150 mm
M. Altura bases de la caldera a brida chimenea	1780 mm
N. Altura total piso a brida chimenea	1930 mm

Estas dimensiones están ilustradas en los cortes frontal y lateral de la caldera (Figura 1).



VISTA FRONTAL DE CALDERA



VISTA LATERAL DE CALDERA

U. N. A. M.		
FACULTAD DE QUIMICA LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA		
REVISO S.A.B.	VISTA POSITAL Y LATERAL DE CALDERA FIGURA 1	TESIS PROFESIONAL J.A.R.J.

Accionador de la bomba (GA-501) de inyección de combustible a los atomizadores

HP :  $\frac{1}{3}$                       Voltz: 220/440                      Hertz: 60

RPM: 3440                      Amps: 7.4/3.7                      Fases: 3

Bomba de engranes (GA-501)

Flujo: 68 l/hr.

No. etapas: 2

Díametro de engranes: 2 pulgadas.

Accionador de la bomba (GA-500) de alimentación de agua a la caldera.

HP: 3                      Voltz: 220/400                      Hertz: 60

RPM: 3600                      Amps: 8.8/4.4                      Fases: 3

Bomba de alimentación (GA-500)

Tipo: turbina                      Succión de descarga: Superior

Marca: Centinel                      Flujo: 941 l/hr,

Modelo: T6

Válvula de alivio:

Capacidad: 2723 Kg/hr. Accionada: Resorte con palanca

Díametro orificio: 6 mm



Diametro de succión: 1 pulgada

Presión abertura:  $10.5 \text{ Kg/cm}^2$

Dimensiones de los tanques:

Tanque	Capacidad	Longitud	Diámetro	Material
Condensados	325 lts	1220 mm	580 mm	A.C.
Agua cruda	1920 lts	2450 mm	1000 mm	A.C.
Combustible	430 lts	1300 mm	650 mm	A.C.

Transformador para encendido:

PRIM, 120 voltz

VA 200 voltz

SEC, 10 000 voltz

SEC 20 miliamperes

Controlador de presión:

Marca: Honeywell

Rango:  $0-150 \text{ lb/in}^2$

Diferencial:  $8-16 \text{ lb/in}^2$

Controlador de nivel:

Rango de control: 1 FT

Transmisor eléctrico con

2 posiciones

alto y bajo nivel y alar-

Presión diseño:  $150 \text{ lb/in}^2$

mas de alto y bajo nivel

Quemador:

Tipo: de inyección directa con atomización

Encendido de 3 bujías

Alimentación de combustible a piloto independiente.

Ventilador:

Tipo: Axial

No. aspas: 8

Diámetro: 20 pulg.

RPM: 3440

Control de ciclo de encendido:

Marca: IC

Tres relevadores magnéticos

Alarma por falla de flama

Reposición manual por corto circuito.

Revelador magnético de enlace:

Tamaño: nema-o

Trifasico

18 amperes

220 voltz

Revelador magnético de arranque:

Tipo: BO-2E

Serie: D

15 amperes

110 voltz

f) Circuito de protección de la caldera:

Circuito de protección por nivel.

1) Protección por bajo nivel de agua.

Cuando en la caldera se presenta bajo nivel de agua, se corre el riesgo de sobrecalentar los tubos por una alta temperatura ya que no se encuentran rodeados de agua, cuando el interruptor por bajo nivel acciona, debe cerrar automáticamente la válvula de alimentación de com-

bustible.

## 2. Protección por alto nivel de agua.

Cuando tenemos un nivel de agua muy alto, se presenta el problema de arrastre de líquidos a las líneas de vapor, lo cual puede dañar seriamente el equipo y sistema de distribución que estamos alimentando con vapor húmedo.

Para evitar dañar el sistema se recomienda:

- a) Cortar salida de vapor y parar caldera en forma simultánea.
- b) Compruebe que no este bombeando con alto nivel, si este sube, cortar agua de alimentación a la caldera, por corte de alimentación de energía al accionador de la bomba de agua.
- c) Purgar la caldera lentamente, para disminuir a nivel normal.

## 3. Protección por alta presión.

Para esta protección existen dos tipos que son:

- a) Protección por liberación de presión en el domo.

Este sistema consiste en una válvula de alivio que desfoga el vapor a la atmósfera.

- b) Protección por válvula de corte a la alimentación de combustible en la caldera, la cual consiste en la acción de un interruptor por alta presión, que manda una señal eléctrica a el accionador de la bomba de combustible.

#### 4. Protección por baja presión de combustible.

Cuando la presión del combustible es muy baja, se corre el peligro de que los quemadores se apaguen y se formen atmósferas explosivas dentro del hogar de la caldera, lo cual puede producir una explosión, para proteger por este problema, en las toveras de combustible se instalan interruptores por baja presión, los cuales accionan la válvula de corte de alimentación de combustible.

#### 5. Protección por falla de flama.

La caldera debe tener sistema de corte del combustible al quemador por falla de flama. Este sistema consta de un detector de flama y un interruptor por falla de flama, el cual manda cortar la válvula de alimentación de combustible al quemador.

#### 6. Protección por falla de energía eléctrica.

Cuando hay una falla de energía eléctrica, deberá cortarse todo suministro de combustible a la caldera, esto se logra por las mismas válvulas solenoides debido a que son del tipo energizadas, y cuando hay una interrupción de energía, cierran automáticamente cortando la alimentación de combustible.

#### 7. Protección por falla en el tiro forzado (ventilador).

En la caldera es muy peligroso que falle el ventilador, debido a que se pueden formar atmósferas explosivas dentro del hogar y ocasionar una explosión, para esto se instalan interruptores por bajo flujo de aire a la salida del ventilador. La salida de los interruptores

mandan una señal de corte a la válvula de alimentación de combustible.

g) Localización del equipo dentro del laboratorio de ingeniería química.

La caldera, de acuerdo al plano general de planta de la tesis "Anteproyecto de un programa de seguridad e higiene para el Laboratorio de Ingeniería Química de la UNAM" de Luis López Santiago, se encuentra localizada en la parte norte-poniente, con coordenadas (3a, EJ) del laboratorio.

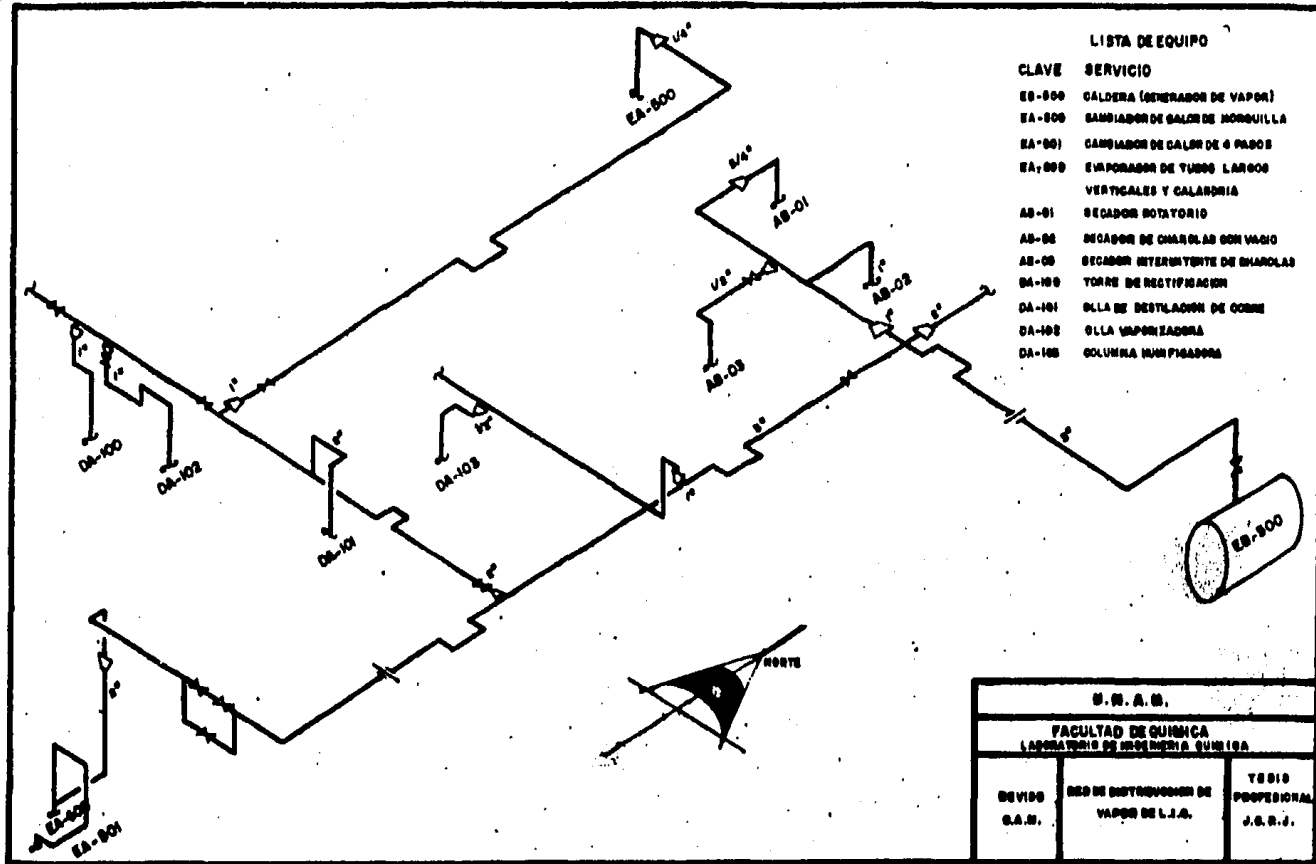
H) Prácticas donde se ocupa la caldera y equipo utilizado.

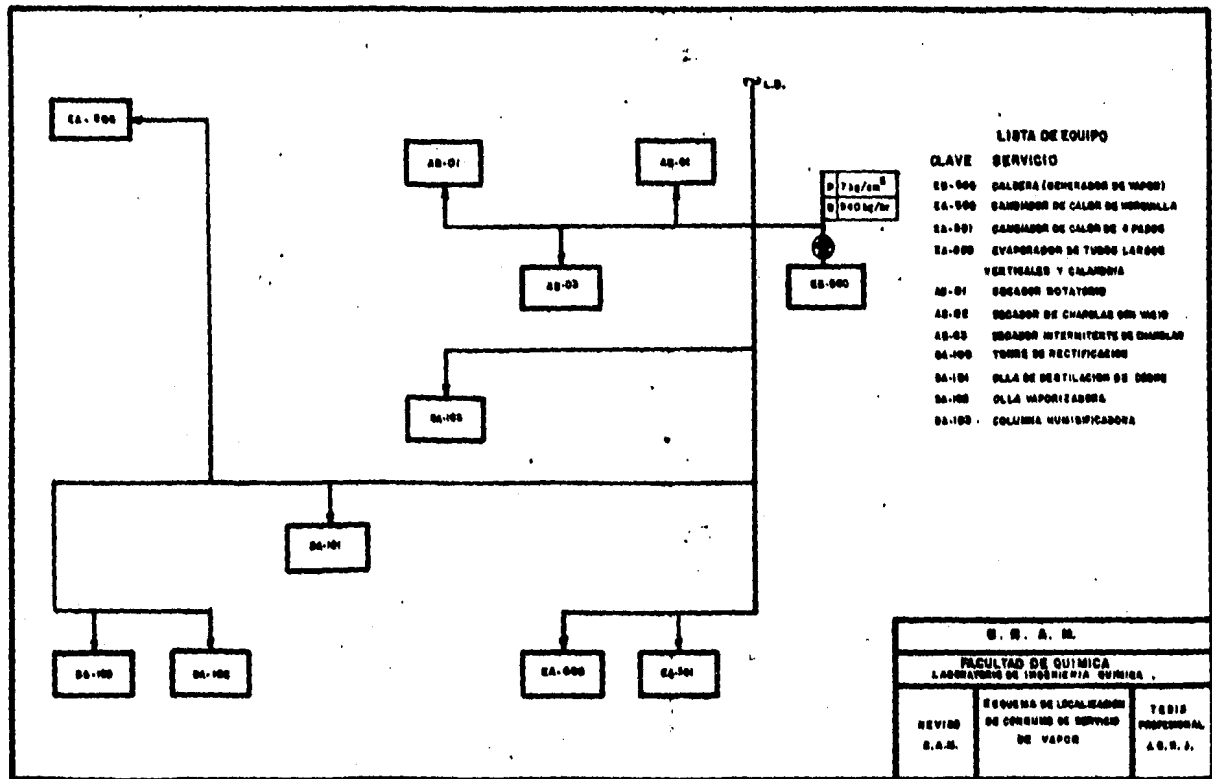
Práctica	Equipo
a) Cambiador de calor I y bernoulli.	a) Cambiador de calor de horquilla.
b) Cambiador de calor II.	b) Cambiador de calor de
c) Evaporador simple efecto.	4 pasos
d) Evaporador a doble efecto.	c) Evaporador de tubos largos verticales
e) Secador rotatorio	d) Evaporador de tubos largos verticales y calandrias
f) Curvas de secado	e) Secado rotatorio
g) Destilación continua e intermitente.	f) Secador de charolas con vacío y/o secador intermitente de charolas
h) Destilación arrastre de vapor.	g) Torre de rectificación
i) Destilación diferencial	
j) Enfriamiento y humidificación	

**Equipo**

- h) Olla de destilación de  
cobre
- i) Olla vaporizadora
- j) Columna humidificadora.

**Esquema de localización de consumo de servicios de vapor  
y red de distribución de vapor.**





- LISTA DE EQUIPO**
- | CLAVE  | SERVICIO   |
|--------|--|
| EA-000 | CALDERA (GENERADOR DE VAPOR)                     |
| EA-001 | CAMBIO DE CALOR DE HORQUILLA                     |
| EA-002 | CAMBIO DE CALOR DE PLACA                         |
| EA-003 | EVAPORADOR DE TUBOS LARGOS VERTICALES Y COLUMNIA |
| AB-01  | SECADOR ROTATORIO                                |
| AB-02  | SECADOR DE CHAROLAS DE VAPOR                     |
| AB-03  | SECADOR INTERMITENTE DE COLUMNIA                 |
| BA-100 | TORRE DE RECTIFICACION                           |
| BA-101 | OLLA DE DESTILACION DE DEBIDE                    |
| BA-102 | OLLA VAPORIZADORA                                |
| BA-103 | COLUMNA HUMIDIFICADORA                           |

U. N. A. M.		
FACULTAD DE QUIMICA LABORATORIO DE INGENIERIA QUIMICA		
REVISO E.A.S.	ESQUEMA DE LOCALIZACION DE CONJUNTO DE SERVIDOR DE VAPOR	TESIS PROFESIONAL A.G.S.S.



## CAPITULO IV

### Análisis de los riesgos.

#### a) Importancia del análisis de los riesgos.

El estudio de la evaluación de los riesgos tiene como objetivo el determinar el nivel de potencialidad que cada riesgo posee para producir alteraciones, y en consecuencia el establecer la tolerancia de la condición ambiental en la que se desarrolla el puesto de trabajo.

En el estudio de evaluación deben ser investigados los riesgos a que se somete cada puesto a través del análisis de sus factores, el agente causal y sus efectos.

El resultado básico del estudio de evaluación de los riesgos existentes en cada puesto, indica cuales de ellos deben ser modificados en sus factores para generar la necesidad de cambio de circunstancias.

#### a.1) En que consiste el análisis de riesgos.

Esencialmente, es un procedimiento que hace una descripción de cada una de las partes del equipo para descubrir que desviaciones del propósito original, por lo cual fueron diseñados, pueden ocurrir y determinar cuales de esas desviaciones pueden dar a riesgos.

Dentro del análisis se considera la posibilidad de ocurrencia de un riesgo por falla de operación, arranque y paro de equipo y sus efecto consecuentes en este, así como la forma de controlarlos.

b) Descripción de los riesgos en una caldera.

Debido a que la generación de vapor produce una gran cantidad de riesgos, se tiene la necesidad, de capacitar al personal responsable de estos equipos, proporcionándoles los conocimientos necesarios para que aprendan a operarlo con eficiencia y seguridad.

Debe darse un mantenimiento adecuado al equipo principal, así como a los accesorios, aparatos auxiliares, detectando los posibles riesgos y la forma de resolverlos.

Referente a las medidas de protección es necesario que el generador de vapor se haya construido de acuerdo a las especificaciones y normas de seguridad establecidas en los reglamentos oficiales. (Anexo 3).

b.1) En la caldera se pueden presentar dos tipos de explosión:

a) Explosión de hogar.

Se debe a la acumulación de gases en el interior de la caldera y generalmente a consecuencia de una fuga de combustible, por una falla en las válvulas de conducción del mismo. En otras ocasiones llega a fallar el sistema de barrido de gases o es defectuoso, llegando a quedarse residuos de combustible en el interior que provocan la explosión.

b) Explosión de vapor.

Sus consecuencias aumentan en proporción a la presión a que ocurre y de la cantidad de vapor acumulada, en

las igneotubulares la parte superior es la que sirve como cámara de vapor; aún así, todas las demás partes están sujetas a una presión, por lo que un desgarramiento puede ocurrir en cualquier lugar de la caldera.

La explosión de una caldera puede ser ocasionada entre otras cosas por:

- 1) Sobrepresión.
  - 2) Debilitamiento de la estructura.
  - 3) Inadecuada operación y errores de mantenimiento de la caldera.
- C) Recomendaciones operativas y de accesorios para mantener las condiciones de seguridad en la operación de una caldera.
- c.1) Sobrepresión.
    - a) Se considera que un manómetro de vapor está calibrado cuando sus lecturas se comparan y hacen coincidir con la de un probador de pesos muertos o con las de un manómetro, patrón de precisión conocida.
    - b) Deben hacerse comparaciones frecuentes del manómetro de vapor y probarse durante los períodos de inspección externa, cuando la caldera es puesta en servicio, después de períodos de paradas para inspección interna o reparaciones y después de un largo tiempo fuera de servicio; compruébese que el manómetro sea probado cuando se tenga problemas con tratamientos químicos en la caldera, espuma, arrastre u otros como el agua de alimentación que contribuyen a obstruir las conexiones del manómetro.

c) Si la tubería hacia el manómetro no cuenta con un sello, se deberá usar un sifón u otro dispositivo para impedir que el vapor entre al manómetro.

Antes de probar un manómetro de vapor, desconectese la unión del manómetro y limpie la tubería grifo y sifón soprándolos, después de soplar reinstálese al manómetro. No permita que el vapor entre directamente al manómetro y asegúrese siempre que el sifón este lleno de agua.

Si el vapor llegara a entrar al manómetro, es necesario volver a probarlo.

d) Mantenga siempre los manómetros bien iluminados y las carátulas y sus vidrios limpios. Vea que la cubierta de cristal esté fija e intacta.

#### c.1.2) Indicadores de nivel de agua.

a) El deber más importante del operador de la caldera, es vigilar que se mantenga un nivel correcto bajo todas las condiciones de operación de la caldera. El nivel de agua se considera apropiado cuando está dentro del rango de operación prescrito por el fabricante de la caldera.

b) Deben mantenerse las comunicaciones y válvulas entre la caldera y la columna de agua y cristal de nivel, limpias y libres de obstrucciones, pruébese drenando la columna y el cristal, observando la rapidez con que se recupere el nivel de agua en la columna y el cristal y operando los grifos de prueba hasta comprobar que el

nivel indicado es el verdadero.

- c) En cristales de nivel de agua y sus conexiones no deberán existir fugas y no tendrán conexiones que permitan flujo de agua a vapor por las tuberías, entre la columna de agua o cristal de nivel y la caldera, ya que dichas fugas o flujos de agua o vapor causan una falsa indicación del nivel de agua en el generador de vapor.
- d) Cuando un cristal se rompa, quítense con cuidado los fragmentos y ábranse lentamente las válvulas para desalojar los pedazos que hayan quedado dentro. Antes de colocar el nuevo cristal compruébese que el drenaje está abierto, que el cristal sea de la longitud requerida y que las conexiones estén alineadas. Caliente el cristal abriendo ligeramente la válvula superior para que pase un pequeño flujo de vapor a través del cristal. Cierre el grifo de drenaje después de que el cristal se haya calentado lo suficiente y abra ligeramente la válvula inferior. Cuando el nivel de agua en el cristal se haya estabilizado, abra completamente la válvula y después haga lo mismo con la válvula superior.

### c.1.3) Válvulas de seguridad.

- A) Las válvulas de seguridad se instalan para evitar sobre presiones peligrosas desarrolladas dentro de la caldera, las válvulas de seguridad no deberán calibrarse a una presión mayor que la de trabajo permitida del generador, tomando en cuenta las observaciones del fabricante del generador de vapor.

- B) Las válvulas de seguridad se mantendrán siempre en buenas condiciones. Si una válvula de seguridad abre y no vuelve a cerrar correctamente, no debe amordazarse una válvula de seguridad en un generador de vapor en operación o forzarla a permanecer cerrada (excepto durante las pruebas de válvulas de seguridad debidamente supervisadas), a menor que se tenga suficiente capacidad de otras válvulas de seguridad en operación.
- C) Nunca ajuste el disparo de una válvula de seguridad arriba de la presión autorizada para el generador de vapor, excepto cuando haya más de una válvula actuando en este caso, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.
- D) Cuando el resorte se debilita y hay necesidad de comprimirlo más por medio del tornillo de ajuste, para obtener la presión de disparo, asegúrese de que el resorte no se comprima tanto, que restrinja la carrera de apertura correcta de la válvula.
- E) El ajuste de las válvulas de seguridad, debe ser hecho únicamente por una persona competente y autorizada, cualquier ajuste que haga a los anillos de control de una válvula de seguridad, se hará también por personal competente, familiarizado con la construcción y operación de las válvulas de seguridad, pruébese la válvula después de hacer cualquier ajuste del resorte o de los anillos de control. El nivel de agua en el generador de vapor no deberá estar arriba del grifo de prueba más alto cuando se

hagan ajustes a las válvulas de seguridad.

- F) Las válvulas de seguridad no deberán ser operadas manualmente a menor que la presión en el generador de vapor sea cuando menos un 75% de la presión normal de operación. Esto asegura suficiente cantidad de vapor para evitar acumulación de suciedad o incrustaciones en los asientos de la válvula.
- G) No trate de evitar las fugas apretando el resorte o bloqueándolo en cualquier otra forma. Cuando una válvula de seguridad se fuga a una presión menor que aquella a la cual debe cerrar de acuerdo con su ajuste, opérese con la palanca; si efectuando lo anterior no cesa la fuga, repare o cambie la válvula tan pronto como sea posible.

Las válvulas de seguridad no deberán operarse para disminuir la presión cuando el nivel de agua en el generador de vapor este abajo.

Deben mantenerse las tensiones correctas en todos los soportes y examínese cuando menos una vez cada seis meses. Debe tenerse cuidado de que no se acumule suciedad, incrustaciones o materias extrañas entre las espiras del resorte de las válvulas de seguridad.

- H) Cuando se haga una prueba hidrostática el generador de vapor, arriba de la presión de ajuste de las válvulas, debe quitarse la válvula de seguridad instalada en su lugar bridas ciegas o sujetarse perfectamente los discos

de las válvulas a sus asientos, quitar los flotadores de la columna de agua.

Asegurarse que las válvulas de seguridad estén en buenas condiciones de trabajo probándolas, después de que se ha hecho la prueba hidrostática y antes de poner en servicio el generador de vapor.

Las formas de probar las válvulas de seguridad siempre que un generador vuelva a ponerse en servicio es abriéndolas totalmente y soltando entonces la palanca para que la válvula cierre súbitamente como si ésta hubiera abierto automáticamente. Si el generador se mantiene en operación continua durante varios meses, es recomendable, dependiendo de las condiciones del generador de vapor, repetir la acción manual de la válvula a intervalos regulares, cuando menos una vez al año deben ser probadas las válvulas, elevando la presión hasta alcanzar el valor de ajuste de la válvula correspondiente.

La presión puede regularse restringiendo el flujo de vapor con la válvula principal e incrementando el régimen de combustión.

#### c.2) Debilitamiento de estructuras.

Existen varias condiciones que pueden causar el debilitamiento de las partes de presión del generador, tales como sobrecalentamiento durante arranques, pérdidas de metales debidas a corrosión y debilitamiento del refractario por combustión incorrecta o incidencia de la flama.



A) "Arranque de la caldera". Cuando se ponga en operación una caldera es importante que se establezca un procedimiento apropiado de arranque para evitar sobrecalentamiento y esfuerzos excesivos sobre la pared gruesa de los domos, uniones remachadas o expandidas y expansiones desiguales de las partes componentes de la caldera. En general, deberán seguirse siempre las estructuras del fabricante.

Deberán contarse con una lista de los pasos a seguir para el arranque de una unidad, debiendo los operadores checar estrictamente todo lo indicado en la lista mencionada antes de cada arranque. Esta lista incluirá los pasos mencionados, especificados por el fabricante de la caldera y aquellos que son particulares a una instalación específica.

Deberá permitirse un lapso suficiente, para prevenir calentamientos irregulares de los refractarios y la caldera.

Estos calentamientos irregulares de la unidad provocarán ruptura del revestimiento y del refractario, de tal modo que destruyen su valor que como aislante y soporte tienen.

Los calentamientos irregulares de la caldera causarán expansiones irregulares provocando distorsión en los tubos y aflojamiento en las uniones, especialmente donde la circulación del agua puede ser lenta, como en calderas en que la combustión es interna.

Las mamparas deben mantenerse en buenas condiciones, a fin de evitar acortamiento del circuito de gases que pueden causar sobrecalentamiento o erosión debido a cenizas en los

tubos.

La acumulación de combustible no quemado, especialmente durante arranques, debe evitarse, ya que la ignición de este combustible puede causar sobrecalentamientos severos.

Debe evitarse la acumulación de ceniza y hollín alrededor de los domos, tubos y cabezales u otras partes del generador de vapor.

B) La reacción de la humedad ambiente con el ácido de estos materiales durante el tiempo que la unidad esté fuera de servicio, favorecerá la corrosión. Cualquier lavado de partes externas de un generador de vapor deberá ser seguido de una operación de secado a fuego.

La corrosión interna puede ocurrir durante la operación de la caldera si no se mantiene constante el control químico correcto del agua.

La corrosión interna puede ocurrir en una caldera fuera de servicio, si no se tiene cuidado apropiado, en la preparación para dejarla parada.

La corrosión interna puede resultar para métodos impropios de purificación del agua. Tales trabajos deberán hacerse solamente bajo la supervisión de personal calificado.

Corrosión externa. Las calderas en servicio o fuera de servicio pueden estar expuestas a fugas externas de diferentes clases, las cuales tienden a corroer las partes a presión. El operador protegerá la unidad contra fugas en las válvulas de seguridad y líneas de vapor cuyo condensado gotteó sobre las partes a presión de la caldera y causa corro-

sión externa, especialmente donde el agua pueda fluir bajo la cubierta protectora.

Las fugas en los registros de mano y de hombre particularmente donde la ceniza y el hollín puedan acumularse, son especialmente peligrosos ya que pueden corroer las partes a presión rápidamente.

Estos lugares deberán mantenerse limpios y herméticos cuando el generador de vapor se ponga fuera de servicio por un período largo, deberá aplicarse una capa de grasa, aceite de linaza recocado o pintura a base de alquitrán para prevenir la corrosión externa.

Deberá cerrarse la compuerta y colocar cal viva en charolas en puntos próximos al refractario a fin de sacar al aire. Todas las aberturas del aislamiento deberán cerrarse, además deberá verificarse que todas las válvulas de vapor y agua de alimenta estén cerradas y que no tengan fugas.

Cuando las chimeneas estén soportadas por estructuras directamente arriba de los generadores de vapor o sobre los generadores mismos, deberá tenerse cuidado de mantener en condiciones satisfactorias todas las instalaciones para proteger la estructura de acero contra corrosión causada por el agua que en esta zona escurra de la chimenea o del techo.

Cuando la corrosión es excesiva o aparezcan grietas, el generador de vapor deberá mantenerse fuera de servicio hasta que las partes afectadas hayan sido reparadas o reemplazadas. No deberá aplicarse soldaduras o parche a menos

que se lleve a cabo personal calificado.

### c.3) Fallas por material defectuoso.

A) Conexiones flojas. Los elementos de sujeción de los accesorios interiores, tales como mamparas, abrazaderas, entradas de alimentación y tubos deberán mantenerse asegurados

Todas las reparaciones y reposiciones deberán ajustarse a las reglas que para materiales y tipos de trabajo similares se dan en el código ASTM.

B) Una falla en el material debido a un mal diseño o a material defectuoso, puede ocasionar una explosión, la que podemos evitar revisando los planos de construcción, y el certificado de inspección de taller y la autorización de funcionamiento.

C) Toda caldera antes de ser remitida al usuario, ha sido probada en la fábrica por un inspector de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, el cual extiende un certificado, si la prueba ha sido satisfactoria, asentando las condiciones en que fue realizada, además de esta inspección, se realiza otra en la institución educativa al ser instalada la caldera, mediante la cual se autoriza su funcionamiento.

### c.4) Inadecuada operación y errores de mantenimiento de la caldera.

#### c.4.1) Reglas para operación de rutina.

Una operación segura y confiable depende en gran parte de la habilidad y atención de los operadores y del personal de mantenimiento. La habilidad de operación implica lo siguiente:

- a) Tener conocimientos fundamentales.
- b) Estar familiarizado con el equipo.
- c) Tener antecedentes adecuados de entrenamiento.

CA2) Debe hacerse un uso completo y efectivo de los instructivos de operación y mantenimiento que proporcionan los fabricantes.

A) En los sistemas de control, los operadores deben estar completamente entrenados para que puedan mantenerse una operación segura y continua durante el cambio de "automático" a manual. El operador debe tener información suficiente y adecuada respecto a la operación manual, para estar conciente de las condiciones de operación en todo momento.

Se recomienda establecer periódicamente cambios a operación manual y simulacros de emergencia, para evitar pérdidas de esta habilidad.

B) Antes de encender una flama o antes de la aplicación inicial de calor, deben probarse todos los instrumentos pertinentes para asegurarse de que estén bien calibrados y listos para servicio.

Se debe hacer a los dispositivos de control una "prueba sin fuego" siempre que sea posible, para verificar su operabilidad, incluyendo libertad de movimiento de las compuertas, válvulas y otros mecanismos.

Los dispositivos de intercierre deben ser probados por simulación de falla o paro del equipo interconectado. Por ejemplo, la falla de un ventilador debe simularse para veri

ficar la acción disparadora de los dispositivos de corte de combustible accionados por solenoide.

La pérdida de flujo de agua por abajo del rango mínimo de seguridad, debe causar disparo de los dispositivos de corte de combustible.

C) Antes de introducir cualquier fuente de ignición (encender flama de piloto), deben ser barridos los gases adecuadamente del fogón de la caldera y de los ductos, para asegurar que no haya gases acumulados dentro de la unidad.

El barrido de gas, generalmente con aire, debe ser en grado suficiente para proporcionar la velocidad adecuada para limpiar zonas muertas y debe ser suficiente para barrer la unidad completa.

Esta precaución debe ser observada siempre después de una falla accidental de incendio.

D) El almacenaje de aceite combustible arriba ó bajo tierra, deberá ser instalado de acuerdo con las normas establecidas para los aceites combustibles.

Los tanques de almacenamiento de aceite deberán revisarse por acumulaciones de agua y sedimento.

Si se regresa combustible caliente a los tanques de almacenamiento, deberá tenerse cuidado de evitar que se eleve a temperatura excesiva el aceite en los tanques de almacenamiento, para prevenir vaporización en las líneas de succión que puede causar severas pulsaciones de presión en el aceite combustible suministrado a los quemadores.

E) Quemadores de aceite ligero. Estos tienen aplicación cuando se quema aceite combustible ligero.

Los atomizadores mecánicos son aceptables si están bien diseñados y correctamente instalados y su mantenimiento es debido. Las bombas de aceite y los quemadores deben protegerse con filtros. Estos filtros deben seleccionarse con orificios en el quemador para evitar un posible taponamiento. Tales filtros deben limpiarse a intervalos regulares y mantenerse en buenas condiciones.

Los encendedores operados desde una estación de control remoto de la caldera, deberán de tener detectores de flama confiables y dispositivos de corte automático de combustible en caso de falla de flama, éste deberá ser probado frecuentemente para una operación segura, el encendido del quemador de aceite no deberá exceder a cinco segundos después de que la válvula de combustible ha sido abierta. Si el encendido tarda más de cinco segundos, deberá cortarse inmediatamente el suministro de aceite al quemador y desconectar el encendedor de manera que no haya fuente de ignición, este deberá purgarse antes de intentarse nuevamente el encendido.

Cualquier cambio de flujo de aceite al quemador deberá hacerse con cuidado para prevenir la posibilidad de un enriquecimiento de la mezcla en el fogón. Esto es, el flujo de aire deberá aumentarse antes que el combustible, en un aumento de carga y el flujo de aceite deberá disminuir antes que el flujo de aire en una disminución de carga.

c.4.3) Preparación y arranque de una caldera para operación.

A) La caldera que ha estado fuera de operación por un largo período de tiempo, deberá someterse a una prueba hidrostática de 1-1/2 veces la presión de diseño.

La prueba será con agua a una temperatura no menor que la temperatura ambiente y sólo cuando todas las partes metálicas bajo presión que están siendo probadas tengan una temperatura por lo menos de 21°C.

Debe tenerse cuidado de dar salida a todo el aire mientras se llena la caldera para una prueba hidrostática.

B) La limpieza de la caldera puede hacerse mecánicamente, químicamente o por ambos métodos dependiendo del acomodo o facilidades de acceso a las superficies de calefacción.

La limpieza con ácido debe hacerse solamente bajo la supervisión de ingenieros experimentados que sepan completamente de los riesgos y como protegerse contra ellos.

C) Las válvulas de purga, incluyendo las válvulas para drenar la columna de agua, las válvulas de abastecimiento de agua de alimentación, las válvulas de control de la alimentación deben estar cerradas y en buenas condiciones de trabajo.

D) El equipo de control, encendedores y todos los otros componentes deben estar libres para operar y en condiciones de buen servicio.

E) Deben revisarse los interbloques eléctricos y mecánicos para comprobar la efectividad de su protección.



F) En la preparación para llenar una caldera, esta debe llenarse hasta un mínimo nivel de seguridad con agua de alimentación adecuada.

Preferentemente el nivel de agua inicialmente debe establecerse de tal manera que después del encendido de expansión del agua origine una elevación del nivel conforme se aumenta la presión del vapor, el nivel de agua debe controlarse cuidadosamente dentro de los límites normales hasta el normal de trabajo a medida que se aproxime a la temperatura de operación.

G) La caldera debe llenarse con agua a una temperatura tan próxima como sea posible a la temperatura de los materiales de los domos y cabezales, la diferencia no debe exceder de la especificada por el fabricante de la caldera; esta precaución es necesaria para proteger las paredes gruesas de los domos de los esfuerzos por temperatura y prevenir fugas en las juntas de los tubos rolados, las llaves de prueba y los drenajes de la columna de agua y de los indicadores de cristal se deben operar para probar su estado.

H) Después del encendido y mientras se va levantando la presión, el nivel del agua debe mantenerse dentro de los límites de seguridad, alimentándolo o purgándolo según sea necesario.

I) Por lo menos un manómetro para vapor, recientemente calibrado y listo para servicio debe colocarse, las válvulas de seguridad deben inspeccionarse externamente para ver si

están libres para operar y que sus tuberías de escape y drenaje estén abiertas a la atmósfera y libres para dilatarse sin imponer esfuerzos sobre el cuerpo de la válvula de seguridad.

J) Se deben probar las válvulas de seguridad elevando la presión de la caldera, a la presión regulada de la válvula de seguridad para ver que dispare y cierre correctamente.

K) Después del encendido, el régimen de fuego debe regularse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

#### c.4.3.1) Arranque de la caldera.

A) Una caldera ha sido reinstalada, no debe ponerse en operación hasta que haya sido inspeccionada y aprobada para operación por un inspector.

B) Todos los controles e instrumentos deberán ser revisados y probados, para su correcta operación.

C) Durante el período en el que la presión de vapor está siendo elevada inicialmente, el generador de vapor debe revisarse cuidadosamente para ver que se dilata libremente en la forma y dirección prevista en su diseño.

D) Antes de dejar la caldera en servicio normal, se debe probar las válvulas de seguridad para ver que se abren y cierran a las presiones correctas.

#### c.4.3.2) Manejo de la caldera en servicio.

A) Es de vital importancia mantener el agua en un nivel seguro en la caldera, no debe permitirse que baje demasiado

y que ponga en peligro el generador de vapor por sobrecalentamiento ni que suba tal alto que no permita el correcto funcionamiento de los dispositivos indicadores de nivel de agua. Los dispositivos automáticos de control de nivel de agua y las alarmas de alto y bajo nivel deben considerarse solamente como auxiliares de operación y no se deben confiar en ellos totalmente.

B) El tubo de cristal indicador de nivel de agua debe estar bien iluminado y debe mantenerse limpio.

La suciedad fuera o dentro de un tubo indicador de nivel puede originar un error en la lectura del nivel de agua.

C) Arranque de vapor húmedo desde el domo de vapor es indeseable, las causas de arrastre son muchas, tales como condiciones internas inadecuadas del domo, formación de espuma, un domo demasiado pequeño para la separación apropiada del vapor, alto nivel de agua, etc.

D) La formación de espuma puede ser causada por una alta concentración de sólidos disueltos y materia en suspensión en el agua de la caldera. La purga y la alimentación de agua deberán ser efectivas para reducir la concentración del agua de la caldera, y así poder detener la espuma si esta es la causa.

Pueden introducirse agentes antiespumantes que ayuden a reducir la tendencia a la formación de espumas.

E) Deben hacerse esfuerzos para prevenir que no haya aceite del lado del agua de la caldera. El aceite se combi

na con la materia suspendida para formar lodos que, a la vez, pueden causar sobrecalentamientos de las partes sometidas a presión debido a sus efectos aislantes.

F) La concentración de sólidos en el agua debe determinarse por lo menos una vez al día y la purga (continua o intermitente) debe ser regulada para controlar la concentración dentro de los límites establecidos.

G) Cuando la cantidad y frecuencia de la purga no se determina en base al análisis de agua, la caldera deberá purgarse una vez cada 24 horas, abriendo la válvula de purga totalmente y cerrándola.

H) La purga de fondo es más efectiva cuando se hace durante los períodos en la que la producción de vapor es baja. Bajo tales condiciones, la entrada del agua de alimentación es reducida; por lo tanto, la dilución de la purga con el agua de alimentación de poca concentración es mínima.

I) Cuando ocurren pequeñas fugas, localice su origen y repárelas tan pronto como la caldera pueda quedar fuera de servicio, si hay una fuga grande, pare la caldera inmediatamente. Mucha gente ha sido afectada y mucho daño ha causado a propiedades al intentarse reparar calderas, tuberías y auxiliares bajo presión, la reparación no debe permitirse excepto en el equipo que ha sido debidamente despresurizado, desenergizado y aislado.

#### c.4.3.3) Manejo de la caldera para ponerla fuera de servicio.

A) Realice el paro de rutina como se establece en for-

ma preliminar en el capítulo 3.

B) No debe intentarse el soplado de hollín hasta que el generador de vapor se haya enfriado lo suficiente, para que no haya riesgo o peligro de explosión.

C) El personal de limpieza de la caldera, debe ser prevenido de los riesgos de quemarse con ceniza caliente, polvo y escoria.

D) El rocío de agua con manguera debe efectuarse prudentemente, a fin de evitar una generación explosiva de vapor por el polvo caliente en los pasos de humo.

E) El personal de limpieza de la caldera, debe estar provisto de ropa protectora, gafas y mascarilla cuando sea necesario.

F) El examen del generador de vapor antes de la limpieza, deberá incluir atención especial a condiciones por las cuales se juzga lo adecuado del agua de alimentación y del tratamiento de agua, para impedir la formación de costras, corrosión, o acumulación excesivas de lodos así como lo adecuado de los programas de limpieza empleados.

G) Los depósitos sueltos deben ser arrastrados por chorros con mangueras de alta presión. Se aconseja desconectar la línea de purgado y hacer correr el agua de lavado hacia el drenaje, para impedir acumulación de material extraño en las válvulas y tuberías de purga.

H) Energía para operar las herramientas mecánicas de limpieza, usadas para quitar incrustaciones o escoria de las

calderas de tubos de humo, deben ser generadas fuera de la caldera que se esta limpiando.

d) Análisis de los riesgos causa-efecto en la caldera del L.I.Q.

d.1) Riesgos generales.

- 1) El Laboratorio de Ingeniería Química, no contiene ningún Registro de Autorización de instalación, construcción o reparación de generadores de vapor que otorga la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, como consecuencia, no se tiene una inspección técnica oficial de las condiciones en que fue instalada, y no se hizo evaluación alguna que asegure que el material empleado, el diseño, la construcción y la mano de obra, satisfacen los requisitos del Reglamento para la inspección de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión en vigor y del código ASME por lo tanto se recomienda hacer el Registro correspondiente.
- 2) La caldera realiza la combustión automática y funciona sin atención de personal especializado (fogoneros) como consecuencia de la falta de personal, cabe el peligro de que los incendios que se inicien alcancen considerablemente voracidad a menos que se adapten precauciones pertinentes. Los principales medios que pueden arbitrarse para controlar y contener los riesgos de incendios debido a la caldera son los siguientes:
  - a) Tener personal adiestrado de acuerdo a las normas establecidas por la S.T.P.S.
  - b) Cerrar totalmente la sala de calderas con una construc-

ción resistente al fuego. (con un recubrimiento de yeso de 15 mm o mayor) (debe dejarse suficientemente espacio para las tareas de mantenimiento, incluida la extracción de los fluxes).

Instalar en ella y sobre la caldera un techo resistente, con cortinas de tiro en el perímetro del techo y protección mediante rociadores automáticos o monitores de agua contra incendio.

c) Confinar la sala de calderas, con el fin de que no se almacenen materiales combustibles en su interior.

d.1.2) Riesgos particulares.

d.1.2.1) El principal riesgo de la caldera es una explosión que es causada por:

a) Sobrepresión. b) Debilitamiento de la estructura. c) La inadecuada operación y errores de mantenimiento de la caldera.

d.1.2.2) Riesgos particulares debidos a componentes del sistema.

COMPONENTE	RIESGO	CAUSA	SUGERENCIA PARA ELIMINACION DEL RIESGO.
Controlador de presión	Sobrepresión	DESCALIBRADA Estrangulamiento de toma o señal del control de presión.	Calibración por problemas de espumas y arrastre del agua de alimentación.
VALVULA DE SEGURIDAD	SOBREPRESION	TIPO Y TAMAÑO INADECUADO. Mala calibración. Malas condiciones de operación de la válvula. Falta de mantenimiento.	OBSERVAN LAS DIMENSIONES de diseño de la válvula. Calibración Checar las condiciones de operación. Mantenimiento periódico.
DESFOGUE DE VALVULA DE SEGURIDAD	QUEMADURAS POR VAPOR	MALA COLOCACION DE LA LINEA DE DESFOGUE.	COLOCAR LA LINEA DE DESFOGUE en un lugar externo a las maniobras de los operadores.
PARED DEL DOMO Espejos, fluxes, material refractario.	DEBILITAMIENTO de su material y ruptura.	SOBRECALENTAMIENTO durante arranques, corrosión, acumulación de combustible no quemado durante arranque.	ESTABLECER PROCEDIMIENTO apropiado de arranque. Control químico correcto del H <sub>2</sub> O. Purgado de combustible en el hogar.
		Material defectuoso conexiones flojas.	Observar las dimensiones de diseño del equipo. Realizar las reparaciones de acuerdo a los códigos.
ARRANQUE DE LA CALDERA	EXPLOSION	MALA SECUENCIA DE ENDEDIDO Encendido flama del piloto, aún con la presencia de gases combustibles en el interior de la caldera.	ESTABLECER PROCEDIMIENTO ADECUADO DE ARRANQUE. Purgado de combustible en el hogar.



COMPONENTE	RIESGO	CAUSA	SUGERENCIA PARA ELIMINACION DEL RIESGO
	RUPTURA DE TUBOS	No haber un lapso suficiente de precalentamiento en el encendido.	Establecer un lapso de tiempo suficiente para prevenir calentamientos irregulares.
OPERACION DE LA CALDERA	ARRASTRE DE LIQUIDO. Sobrecalentamiento de los tubos.	Formación de espuma Alto nivel del agua. Bajo nivel del agua.	Tratamiento adecuado del agua de alimentación. Purgado periódico. Observación del indicador de nivel.
VENTILADOR	EXPLOSION POR Acumulación de combustible.	FALLA MECANICA del ventilador produciendo bajo flujo de aire.	CONTROL DE PRESION de aire No detecta flujo de aire.
FLUXES	Sobrecalentamiento de partes sometidas a presión debido a efectos aislantes.	Suministro de aguas no tratadas. Formación de escoria y sedimento.	Control químico del agua. Realizar un purgado periódico
PARO DE LA CALDERA	FORMACION DE NUBES. Explosivas.	No seguir la secuencia de paro de caldera.	Seguir la secuencia de paro.
MANTENIMIENTO DE LA CALDERA	Explosión	Intentar el soplado de hollín, con la caldera aún caliente.	Esperar a que la caldera se haya enfriado.
	Quemaduras del personal de limpieza.		
	Por cenizas y escoria.	No usar el equipo de protección.	Utilizar el equipo de protección.
	RECIBIR CARGA ELECTRICA.	Por utilizar los circuitos eléctricos, destinados para uso interno de la caldera.	Utilizar circuitos eléctricos externos a la caldera.

COMPONENTE	RIESGO	CAUSA	SUGERENCIA PARA ELIMINACION DEL RIESGO
Tanque combustible	Explosión o incendios internos.	Por generación de estática en operaciones de carga.	La tubería de carga debe estar separada del fondo, una distancia máxima de 2 veces el diámetro de la tubería para evitar la producción de energía estática por fricción.
		Por explosión a incendios cercanos que incrementa la evaporación interna que puede generar sobrepresión.	Debe protegerse con un sistema de rociadores.
		Salida de vapores inflamables por los respiradores del tanque.	La salida de los alivios del tanque deben apuntar de manera que si se incendian los gases que alivian, la flama no incida en ninguna parte del tanque.
	Derrame de combustible del tanque.	Rotura del tanque	Darle mantenimiento y protección.
Corrosión		Para prevenirla debe darse mayor espesor al metal, o aplicarse recubrimientos adecuados para compensar la corrosión.	
Por sobrellenado		Falla del nivel de vidrio. Poner tubo de derrame.	

## CAPITULO V

## CONCLUSIONES

-Registrar la caldera como un recipiente a presión ante la Secretaría de Trabajo y Prevención Social a la brevedad posible, aun cuando se trata de una institución docente, en donde esta localizada.

-Establecer un programa de capacitación para operadores y personal docente, referido al manejo y uso de la caldera.

-Elaborar y recopilar todas las especificaciones técnicas y constructivas del equipo, ya que se carece de la información suficiente.

-Para tratar de minimizar los riesgos de la caldera en el L.I.Q., es necesario implantar las recomendaciones mencionadas en el capítulo IV.

-Con lo anterior se pretende evitar accidentes, disminuyendo los riesgos al personal docente, trabajadores y alumnos que entran al L.I.Q., consientizándolos en la importancia de la seguridad, sus normas y códigos.

**RECOMENDACIONES.**

De acuerdo al análisis en el aspecto de seguridad que se hizo de la caldera de Laboratorio de Ingeniería Química es estrictamente necesario:

1) Realizar los trámites para el registro de la instalación de la caldera ante la S T.P.S. como un recipiente a presión, de acuerdo al instructivo de autorización de instalación, construcción o reparación de generadores de vapor y recipientes sujetos a presión (anexo 3).

2) Capacitar a los operadores de la caldera, estos deben poseer una credencial que los acredite como fogoneros, tal como lo establece la S.T.P.S., de acuerdo al instructivo para solicitar certificado de Jefe de Planta Operador o Fogonero para operar generadores de vapor (anexo 2).

3) Establecer un programa de paro y arranque adecuado de la caldera y que se tenga a la vista del usuario tal como se establece en forma preliminar en el capítulo 3.

4) Llevar una bitacora registrada ante la S.T.P.S. en donde se deben anotar las reparaciones, fallas y las pruebas a que se haya sometido la caldera.

5) Ampliar dentro del ciclo aromático de arranque de la caldera el tiempo de barrido con aire a<sup>+</sup> 10 seg. antes del encendido para minimizar los riesgos de explosión por acumulación de combustible del ciclo anterior.

6) Es conveniente que la caldera sea sometida a una prueba hidrostática, cuando menos una vez al año o inmediatamente después de una reparación, con el fin de detectar posibles fallas.

7) Establecer un programa de purgado de la caldera como se menciona en el instructivo de operación en el capítulo III y IV.

8) Controlar el mantenimiento, principalmente de las condiciones internas de la caldera, de su válvula de seguridad, de los controles de presión y niveles de agua.

9) Que el tratamiento de agua de alimentación sea el adecuado, de acuerdo a las reglas sugeridas para el cuidado de calderas de potencia de la sección VII del código ASME.

10) Sacar del lugar destinado para la caldera, el sistema de alimentación y almacenamiento de combustible.

11) Instalar un sistema de contraincendio adecuado (rociadores automáticos, monitores, etc.) en la sala de calderas y en el sistema de almacenamiento de combustible.

12) Diariamente, debe ser efectuado por una persona capacitada y competente, la purga y verificación de todos los niveles de agua.

13) Revisar el funcionamiento del control del nivel de agua purgando la cámara de flotador del control de alimentación, estando parada la bomba de alimentación y notar que

arranque y pare después, cuando se vuelve a cerrar la válvula de drenado.

14) Establecer un programa de inyección de agentes químicos, para evitar espuma, corrosión e incrustaciones en el interior del cuerpo de la caldera.

15) Examen visual regular en busca de problemas subsiguientes tales como fugas ligeras, decoloración del recipiente del revestimiento, sonidos raros, etc.

## CAPITULO VI

## BIBLIOGRAFIA

1. Manual de Seguridad e Higiene  
Editado por Dirección de Medicina y Seguridad en el Trabajo ST y PS.
2. Reglamento General de Seguridad e Higiene en el Trabajo  
Editado por Dirección de Medicina y Seguridad en el Trabajo ST y PS.
3. Recientes sujetos a presión, Ing. Mateo Miguel Rojas.  
Volumen 5/No. 1/curso-abril 1980, condiciones de trabajo ST y PS.
4. Manual de Seguridad Industrial, William Handley, Mc Graw Hill.
5. Memorias de Seguridad, Congreso Nacional de Seguridad 1971, Asociación Mexicana de Higiene y Seguridad A.C.
6. Reglas para prevenir las causas de fallas en generadores de vapor. Ing. Antonio Farias Hernández. Dirección de Medicina y Seguridad en el Trabajo ST y PS.
7. Manual "Pointers on Boiler Operation" de D.F. Steinke.
8. Tesis Generadores de Vapor, Ing. León Avalos y Vez.  
E.S.I.M.E. Instituto Politécnico Nacional.
9. Manual "Generadores de vapor", Petroleos Mexicanos.
10. Características uso y manejo de extinguidores. Boletín No. 26 Pemex.

11. Reglas básicas para la selección y uso de los equipos de protección ocular. Boletín No. 7 Pemex.
12. Procesos de transferencia de calor. Donal Q. Kern. Editorial Continental.
13. Nociones básicas de contra incendios, Subdirección de capacitación IMP.
14. Reglas sugerencias para el cuidado de calderas de potencia, Sección VII, Código ASME.
15. Calderas de potencia, Sección I, Código ASME.
16. Manual de Operación para las calderas. Progress y Monitor, Cleaver-Brooks.
17. Protección a Tanques de Almacenamiento de Líquido. Ing. Gastón Rocha, Celanec Mexicana, S.A.
18. Manual Técnico de Seguridad  
W.J. Hackett  
G.P. Robbins  
Representaciones y servicios de ingeniería, S.A. México.
19. La corrosión en la industria  
Petroleos Mexicanos  
Gerencia de Refinación.
20. Apuntes sobre "Seguridad Industrial"  
Ing. Enrique Galván Arevalos  
Facultad de Ingeniería, UNAM.
21. Manual de prevención de accidentes en operaciones indus



triales

Consejo Interamericano de Seguridad  
Editorial MAPFRE.

22. Seguridad e higiene industrial en la Facultad de Química  
Memorias del ciclo de conferencias.
23. Manual de prácticas de laboratorio de Momentum y calor  
Facultad de Química, UNAM.
24. Programa de observación para entendimiento en seguridad.  
I.M.P. Subdirección de capacitación.

## APENDICE 1

Standard para la Prevención de Explosiones de Hornos en Calderas con Quemador de Combustible Múltiple.

Este Standard fué preparado por el Comité Seccional sobre Unidades de Utilidad Pública en Conjunto con el Comité Seccional sobre Unidades Industriales. Este fué aprobado por el Comité sobre Explosiones en Calderas y fué adoptado en el Encuentro Anual NFPA de 1970.

Origen y Desarrollo del Standard No. 85D.

Esta standard fué adoptada tentativamente en el Encuentro Anual de 1966. En base a los comentarios recibidos y estudios posteriores por el Comité Seccional se adoptó una tentativa Standard revisada en el Encuentro Anual de 1967.

En 1969 la Standard Tentativa fué corregida y se adoptó oficialmente. Las correcciones se designaron para reforzar el standard y proporcionar más uniformidad entre los Nos. 85B, 85D, y 85E-TR. Las palabras "utilidad pública" fueron sustituidas por "quemador múltiple" a lo largo de este artículo.

### Prefacio

El comité sobre Explosiones de Calderas se organizó en 1960 por requerimiento de la Asociación de Fabricantes de Calderas Americanos, de la Sociedad Americana de Inge-

nieros Mecánicos, el Instituto Eléctrico Edison y otros, debido al interés sobre el azaroso crecimiento de personal y pérdida económica debida a explosiones de combustible en calderas de utilidad pública e industriales.

#### Propósito y alcance

El propósito de este standard es recomendar standards mínimos para el diseño, instalación y operación de calderas con quemadores de combustible múltiple, sus sistemas de quemado de combustible, y equipo de control relacionado, para contribuir a la seguridad de operación y, en particular, para la prevención de explosiones de hornos y calderas. Este Standard se aplica únicamente para el quemado de combustible en aceite. Cuando se queman otros combustibles, se usa el standard que se aplica a ese combustible.

El standard se basó en el estado presente de la ciencia, y por eso, no puede aplicarse en su totalidad a diseños más antiguos. No obstante, se recomienda que las compañías operantes revisen este standard y adopten los rasgos que parecen aplicables y razonables para las instalaciones existentes.

Se hace énfasis sobre la importancia de equipo de control de combustión, uniones de seguridad, alarmas, tropiezos y otros controles relacionados para los cuales son esenciales la seguridad de operación de la caldera.

General.

Causa Básica de Explosiones de Caldera.

La causa básica de explosiones de calderas es la ignición de la mezcla de combustible acumulado dentro de un espacio confinado de la caldera y/o los pasos asociados, ductos y ventiladores los cuales conducen los gases de combustión hacia el cañón de la chimenea. Este volumen completo puede ser referido convenientemente hacia el cierre o el sitio de la caldera.

Una mezcla de combustible peligrosa dentro de lo contenido en el horno-caldera consiste de la acumulación de una excesiva cantidad de combustible mezclado con aire en proporciones las cuales resultarán en combustión rápida o descontrolada cuando se suministra una fuente de ignición. Una explosión de un horno puede resultar de la ignición de esta acumulación si la cantidad de la mezcla de combustible y la proporción de aire para la combustión son tales que se crea una fuerza explosiva dentro del interior del horno-caldera. La magnitud e intensidad de la explosión dependerá tanto de la cantidad relativa de combustibles que tiene acumulados como de la proporción de aire, el cual está mezclado con eso en el momento de la ignición. Las explosiones, incluyendo "fumaradas del horno" son el resultado de procedimientos inapropiados por el personal operador, designios inapropiados del equipo o de sistemas de control, o mal funcionamiento del equipo o de los sistemas de con-

trol.

Pueden surgir numerosas situaciones en conexión con la operación de una caldera la cual producirá condiciones explosivas. Las experiencias más comunes son:

-Una interrupción del suministro de combustible o aire o energía de ignición hacia los quemadores, suficiente para resultar en pérdida momentánea de flamas, seguido por la restauración y re-ignición retardada de una acumulación.

-La acumulación de una mezcla explosiva de combustible y aire como un resultado de pérdida de flama en uno o más quemadores en la presencia de otros quemadores que operan normalmente o durante el encendido de quemadores adicionales.

-La acumulación de una mezcla explosiva de combustible y aire como un resultado de un flamazo completo del horno y la ignición de la acumulación por una chispa u otras fuentes de ignición, tales como un intento para encender el quemador o los quemadores.

-Pérdida de combustible dentro de un horno desocupado. En un horno caliente, las condiciones alteradas o la mala función del control, puede conducir a una mezcla de aire/combustible la cual puede resultar en un flamazo seguido por un re-encendido después de que se ha reestablecido una proporción inflamable de aire/combustible. Puede existir, en ciertas partes del interior del horno-caldera, espacios

muerdos susceptibles a la acumulación de combustibles bajo condiciones alteradas del horno. Estas acumulaciones pueden encenderse con fuerzas explosivas en la presencia de una fuente de ignición.

### Instalación.

1.0 Muchas unidades se han puesto en servicio antes de que se completaran y checaran la instrumentación y los aparatos protectores los cuales proporcionan los márgenes requeridos de seguridad operante.

2.0 El constructor responsable de la instalación del equipo debe ver que todos los aparatos pertinentes estén instalados y conectados adecuadamente.

3.0 La práctica de encender una caldera antes de que se termine un sistema de seguridad adecuada y un sistema de instrumentación debe evitarse. El comprador, el consejo de ingeniería y equipo de fabricantes y la compañía operante deben evitar la operación de la caldera hasta que se hayan probado las vías de seguridad adecuadas para que opere adecuadamente uno de tales sistemas. En algunos casos puede ser necesario instalar uniones e instrumentación temporal para encontrar estos requerimientos. Cualquier sistema temporal debe ser revisado por el comprador, el comité de ingenieros, el fabricante del equipo, y la compañía operadora, y se debe alcanzar un acuerdo, sobre esta ade-

cuidabilidad en el avance del inicio de la operación.

4.0 Debe probarse y checarsé el sistema de uniones de seguridad junto con la organización la cual designará el sistema y con los que operan y mantienen tal sistema y aparatos durante el tiempo de operación normal de la planta. Esto debe hacerse antes, no después de la operación inicial.

#### Coordinación de Designios, Construcción y Operación.

Aunque las estadísticas sugieren que la causa de la mayoría de las explosiones de hornos se deben más bien a errores humanos que a la mala función del equipo o a deficiencias de los señalamientos, es importante considerar si el error fué el resultado de:

1.0 Falta de comprensión apropiada de, o fracaso para asegurarse de los procedimientos de operación.

2.0 Características de operación desfavorable del equipo y/o su control.

3.0 Falta de coordinación funcional de los diversos componentes del sistema que genera la corriente de presión y su control.

4.0 Falta de adecuada provisión para la comunicación entre el centro de control y la localización (s) de la caldera.

Las explosiones de hornos han ocurrido como un resultado de desfavorables señalamientos funcionales. Frecuen-

temente la investigación ha revelado errores humanos, y ha revisado completamente el encadenamiento de causas las cuales produjeron el error de operación.

Esto enfatiza la extrema importancia de la integración de los objetivos de señalamientos, instalación y funcionales de todo el sistema de componentes y sus controles. Debe darse una consideración cuidadosa a las relaciones humanas-maquina las cuales existirán durante el tiempo de operación del sistema.

La importancia de la coordinación del señalamiento con el personal operante durante la planificación y las fases de ingeniería de construcción de plantas de fuerza no pueden sobreestimarse.

La responsabilidad final para la integración apropiada de los diversos componentes que consisten de calderas, quemadores, equipo de suministro de aire y combustible, controles de combustión, aparatos de seguridad y uniones, funciones operadoras, enseñanza y comunicación del operador, deben de curso, residir en la compañía que opera.

**Operación y Mantenimiento.**

**Organización Operacional.**

Aunque es muy importante la coordinación apropiada de todos los señalamientos y objetivos funcionales, el desarrollo y mantenimiento de un alto grado de competencia técnica y práctica en el manejo de operación de la planta



y su organización operacional es igualmente esencial para la seguridad de la operación. La clave es que los que la laboran tanto como patronos y empleados asistan y colaboren con los señalamientos. Puede ocurrir serias consecuencias como un resultado de una organización que opera con un bajo orden de competencia técnica.

Con la complejidad de crecimiento de modernas unidades que general presión y sistemas afines, no puede asumirse que los asignamientos designados correctamente y las instrucciones sobre la operación por el fabricante garanticen la seguridad de un sistema operante sin el beneficio de un alto nivel de competencia técnica y operacional en la operación de la planta.

Carbón Aceite Combustibles - Problemas Especiales.

Riesgos especiales peculiares al aceite carbón.

1.0 Riesgos comunes están involucrados en la combustión de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos. En suma, cada uno de estos combustibles, tienen riesgos especiales relacionados a sus características físicas. Las características de aceite combustible y carbón-aceite requieren condiciones especiales las cuales son:

(a) Debido a la gran concentración de energía en aceite combustible con respecto a su volumen, una pequeña fuga puede representar un riesgo de seguridad mayor.

(b) Una característica significativa en su viscosidad, la cual afecta sus características de bombeo, atomización

y combustión. La temperatura afecta significativamente la viscosidad. El punto de encendido, como un índice de fracciones volátiles, afecta también las características de ignición y combustión.

(c) El aceite combustible es una mezcla compleja de hidrocarburos de diferentes pesos moleculares, de diferentes puntos de ebullición y de congelación. Las acumulaciones del combustible cuando se sujetan a temperaturas suficientemente altas se descompondrán y/o volatizarán, creando así nuevos combustibles líquidos, sólidos y gaseosos con propiedades impredecibles. Porciones de acumulación del combustible, cuando se expusieron a temperaturas ambientales bajas, pueden solidificar y causar interrupciones.

(d) El aceite combustible debe introducirse dentro del horno como un vapor extremadamente fino para mezclarlo íntimamente con el aire en combustión en orden para obtener combustión completa. En calderas de presión esto se acompaña con láminas rociadoras con grandes caídas de presión (automatización mecánica) o mediante el uso de aire o atomización de vapor para clausurar el flujo de aceite.

Algunas de las condiciones típicas que deben considerarse en orden para evitar riesgos de operación inaceptables son las que siguen:

(a) Agua o lodo en aceite combustible almacenado en tanques o succión localizada inapropiadamente desde las tomas del tanque de almacenamiento pueden resultar en pulsa-

ciones o interrupciones riesgosas del suministro de aceite combustible hacia los quemadores. Puede resultar un flama-  
zo tanto inmediatamente como en un tiempo posterior debido a  
coladeras tapadas o extremos de los coladores tapados.

(b) Es necesario el control de la viscosidad del flujo  
de aceite hacia los quemadores para mantener una apropiada  
atomización. Esto requiere control de la temperatura esta-  
ble y/o viscosidad.

(c) El almacenamiento en el mismo tanque de dos embar-  
ques de aceite combustible que tienen características de  
viscosidad ampliamente diferentes o de gravedad específica  
puede resultar en un cambio significativo en la proporción  
de salida de combustible hacia los quemadores, sin un cam-  
bio equivalente en el flujo de aire o sin cambio apropiado  
en la temperatura del aceite combustible para restaurar la  
viscosidad hacia el valor apropiado.

(d) Con quemadores de atomización mecánica, una dife-  
rencia muy pequeña en el tamaño del agujero en la punta o  
lámina rociadora, tanto en el proceso de manufacturización  
o como un resultado del consumo, pueden resultar en una sig-  
nificativa diferencia en el flujo de aceite entre los quema-  
dores individuales. Esto puede ser perjudicial no solamente  
para la eficiencia de la caldera, sino en el caso de calde-  
ras que operan con muy poco exceso de aire, la presencia de  
combustibles en el horno puede resultar también. Los caño-  
nes de aceite deben probarse periódicamente en el flujo para

observar la capacidad.

e) La incompresibilidad de aceite combustible, acoplada con el sistema de tubería relativamente inelástico usado normalmente, puede crear flujos de aceite transitorios muy rápidos a través de los quemadores sobre los que operan:

(1) Operación rápida de suministro de aceite a la válvula.

(2) Operación rápida de las válvulas de salida del quemador individual.

(3) Operación rápida de la válvula que regula el retorno de aceite desde la cabeza del quemador (sobre sistemas que usan este tipo de control).

Tales cambios incontrolados en la salida de combustible hacia el horno pueden introducir condiciones muy riesgosas. Debe darse una consideración particular a la creación de tales condiciones debidas a fallas de la válvula o a cualquier operación rápida de la válvula que se haya probado.

Requerimientos de equipo.

Sistema de combustión de combustible.

Requerimientos funcionales.

A. El sistema de combustión de combustible funciona para convertir continuamente cualquier salida inflamable del horno dentro de productos no reactivos de combustión a la misma proporción a la que entran reactivos de aire y combustible al horno.

B. El sistema de combustión de combustible debe ser de tamaño apropiado, adecuado para encontrar los requerimientos de operación de la unidad, debe ser compatible con otros sistemas componentes de la caldera, y debe ser capaz de ser controlado sobre el rango de operación completo de la unidad.

#### Requerimientos del Sistema.

1.0 El sistema de combustión de combustible consiste de los siguientes subsistemas: suministro de aire, quemador principal, atomización, ignición, horno y eliminación de productos de combustión. Cada uno debe ser de tamaño apropiado y estar interconectado para asegurar los requerimientos funcionales y no interferir con el proceso de combustión.

2.0 El sistema de combustión de combustible debe proporcionar medios para asegurar el inicio de operación, operación y cierre del proceso de combustión. Esto debe incluir aberturas y configuraciones apropiadas en los ensambles componentes para permitir la observación adecuada, mediciones y control del proceso de combustión.

3.0 El sistema de combustión de combustible debe predicarse sobre los siguientes fundamentos:

#### (a) SUBSISTEMA DE SUMINISTRO DE AIRE.

(1) El equipo de suministro de aire debe ser de tama-

ño apropiado y clasificado para asegurar un flujo de aire rápido y continuo, adecuado para todas las condiciones que operan sobre la unidad.

(2) El ordenamiento de las salidas de aire, trabajo del ducto, y calentadores de aire debe reducir la contaminación del suministro de aire por materiales tales como chimeneas de gas, agua y combustible. Deben proporcionarse y condicionarse las aberturas de drene apropiadas.

(3) El equipo de suministro de aire debe ser capaz de continuar el flujo de aire apropiado durante las pulsaciones de presión del horno anticipadas.

**(b) SUBSISTEMA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE.**

(1) El equipo de suministro de combustible debe ser de tamaño adecuado y debe colocarse adecuadamente para asegurar un flujo de combustible rápido y continuo adecuado para todos los requerimientos operantes de la unidad. Esto incluye coordinación del regulador de presión del calentador del quemador, cierre de las válvulas del quemador, y regular el volumen de la tubería asociada, para asegurar contra pasos rápidos de presión de combustible lo cual puede resultar en que se excedan los límites del quemador para una flama estable como un resultado de quemadores rotos o fuera de servicio.

(2) Deben designarse descargas, almacenaje, calentamiento y facilidades de entubación y colocarse para inhibir la contaminación del combustible. Cuando es necesario

se deben proporcionar aparatos de limpieza para asegurar que llegue un combustible limpio hacia las válvulas y quemadores. Debe proporcionarse un acceso conveniente y apropiado para los componentes del sistema de combustible importantes. Los drenajes deben proporcionarse en puntos bajos en las tuberías.

(3) Deben proporcionarse medios para eliminar los contaminantes desde tanques de almacenamiento y las tuberías colocadas, pensando que los aceites combustibles tienen diferentes densidades. Deben considerarse la prevención de la evaporación de componentes volátiles del aceite mientras está almacenado.

(4) El equipo de suministro de combustible debe diseñarse con una consideración cuidadosa de las condiciones ambientales y del medio ambiente que opera. El sistema debe ser capaz de haber resistencia a temperaturas altas sin fracaso en orden para reducir la vulnerabilidad a descargas externas. Debe darse atención especial a las rutas de la tubería, localización de las válvulas, etc., para reducir la exposición a fuentes de temperaturas altas, las cuales pueden causar carbonización del aceite inmóvil dentro del sistema o para temperaturas bajas, las cuales pueden incrementar la viscosidad o inhibir el flujo.

(5) El aceite combustible debe liberarse hacia los quemadores a temperatura y presión apropiadas como se recomendó por el fabricante de los quemadores, para asegurar

que el aceite está en la viscosidad necesaria para la apropiada atomización.

(c) SUBSISTEMA DEL QUEMADOR PRINCIPAL.

(1) Debe designarse el sistema del quemador principal de modo que las salidas del quemador proporcionen al horno sus límites de flama estables de modo continuo, independientemente del subsistema de ignición auxiliar sobre el rango operante del equipo de quemado de combustible. Variaciones en las características de quemado del combustible, y las variaciones en el manejo de combustible y en el equipo de quemado de combustible, introducen un desconcierto para los límites inferiores que operan en el subsistema de combustible principal en el señalamiento de cualquier horno dado.

(2) Deben proporcionarse medios para la adecuada observación de las condiciones en el quemador y en su zona de ignición. Debe hacerse una provisión adicional para la detección del equipo de la flama.

(3) El equipo del quemador debe localizarse en un ambiente apropiado con acceso conveniente para el mantenimiento. Debe tomarse conciencia especial de los peligros de incendio impuestos por el derrame o ruptura de la tubería cerca del quemador. Deben reconocerse los requerimientos del buen mantenimiento.

(d) SUBSISTEMA DE ATOMIZACION.

(1) Cuando el aceite es atomizado con la asistencia



de otro medio, este medio de atomización debe suministrarse libre de contaminantes que puedan causar una interrupción del servicio.

(2) El medio de atomización debe proporcionarse y mantenerse a la presión requerida para la propia operación.

(3) El equipo de ignición deberá localizarse en un ambiente apropiado con acceso conveniente para el mantenimiento.

(f) SUBSISTEMA DE HORNO.

(1) El horno deberá ser de tamaño adecuado y adaptado con respecto al subsistema del quemador principal de modo que el producto del quemador principal pueda ser quemado para mantener la flama estable.

(2) Los pasajes del horno y gas deben cerrarse y liberarse de "espacios muertos" en la proporción de depuración de flujo de aire.

(3) Deben proporcionarse puestos de observación colocados adecuada y apropiadamente para permitir la inspección del horno y cajas de viento.

(g) SUBSISTEMA DE ELIMINACION DE PRODUCTOS DE COMBUSTION.

(1) Los ductos de gas combustible, ventiladores y cañones de chimenea deben ser de tamaño adecuado y colocarse de modo que remuevan los productos de combustión a la misma proporción que son generadas por el proceso de quema de combustible durante la operación de la unidad.

(2) Deben proporcionarse accesos, apropiados y convenientes y aberturas de drenes.

(3) Debe designarse el sistema de ductos de gas combustible de modo que no contribuyan a las pulsaciones del horno.

#### SISTEMA DE ALARMA.

##### Requerimientos Funcionales.

1.0 El requerimiento funcional de cualquier sistema de alarma es brindar una condición específica para la atención del operador. Las alarmas pueden usarse para indicar mala función del equipo, condiciones peligrosas, y error de operación. Para el propósito de esta Standard, el interés primario es con alarmas las cuales indican condiciones anormales que pueden conducir a riesgos inminentes o inmediatos.

2.0 Los sistemas de alarmas deben ser designados de modo tal que el operador reciba indicaciones tanto visibles como auditivas de la condición anormal. Deben proporcionarse medios para silenciar la alarma audible, pero la indicación visual debe permanecer hasta que la condición haya vuelto a la normal.

3.0 El diseño debe hacerlo difícil para "anular" manualmente la alarma y, cuando la mala función del equipo hace necesario esto, debe hacerse por personal competente y la alarma debe ser registrada como inoperante.

## ANEXO 2.

### INSTRUCTIVO PARA SOLICITAR CERTIFICADO DE JEFE DE PLANTA, OPERADOR O FOGONERO PARA OPERAR GENERADORES DE VAPOR

#### 1. GENERALIDADES.

Instructivo para los solicitantes que trabajan en las empresas de Jurisdicción Federal, señaladas en el artículo 527 de la Ley Federal del Trabajo.

Los solicitantes para obtener el certificado de Fogoneros, Operador ó Jefe de Planta, cuyas empresas radiquen en el Distrito Federal, deberán presentarse en el Departamento de Autorizaciones, dependiente de la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo que se encuentra ubicada en el Edificio interior de la Secretaría del Trabajo y Prevención Social con domicilio en: Dr. Vértiz y Dr. Río de la Loza, de lunes a viernes de 9 a 11 hs. En caso de que los solicitantes presten sus servicios en empresas que radiquen fuera del Distrito Federal, a fin de agilizar sus trámites, podrán presentarse en cualquier Delegación o Subdelegación Federal del Trabajo correspondiente a la entidad federativa en donde se encuentre la empresa.

#### 2. REQUISITOS.

##### 2.1 Para Jefe del Planta o del L.I.Q.

Los solicitantes para obtener certificado de Jefe de Planta, deberán presentarse en la Subdirección de Seguri-

dad e Higiene, Departamento de Autorizaciones, con los siguientes documentos:

- a) Presentar original del título, cédula profesional y copia de estos documentos que lo acredite como Ingeniero cuyos estudios directa y suficientemente se relacionen con la materia y presentar constancia que acredite haber trabajado al lado de un Jefe de Planta durante no menos de un año ininterrumpido. Esta constancia debe ser expedida por la empresa: en papel membretado de la misma.
- b) Presentar constancia que acredite haber trabajado como maquinista naval o ferroviario ó como auxiliar de Jefe de Planta de generadores de vapor, por un período no menor de dos años ininterrumpidos. Esta constancia debe ser expedida por la empresa en que presta los servicios, en papel membretado de la misma.
- c) Dos fotografías recientes tamaño credencial de frente.
- d) Presentar examen de competencia en el Departamento de Autorizaciones.
- e) Pagar los derechos de examen en la Oficina Federal de Hacienda correspondiente.

## 2.2 PARA OPERADOR.

- a) Presentar constancia de haber trabajado durante tres años (o más) como fogonero, o conocer el oficio de pailero y sustentar examen de competencia en el Departamento de Autorizaciones.
- b) Presentar original y copia del certificado de fogonero.

- c) Presentar carta de la empresa debidamente membretada que acredite al tiempo que ha trabajado como fogonero.
- d) Dos fotografías recientes tamaño credencial de frente.
- e) Pagar los derechos de examen en la Oficina Federal de Hacienda correspondiente.

### 2.3 PARA FOGONERO

- a) Haber sido ayudante de Fogonero durante seis meses ó más y sustentar examen de competencia en el Departamento de Autorizaciones.
- b) Presentar carta de la empresa debidamente membretada que acredite el tiempo que ha trabajado como ayudante de Fogonero.
- c) Dos fotografías recientes tamaño credencial de frente.

ANEXO: 3

AUTORIZACION DE INSTALACION, CONSTRUCCION O REPARACION DE  
GENERADORES DE VAPOR Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

I N S T R U C T I V O

Para obtener la autorización de instalación, construcción o reparación de Generadores de Vapor y Recipientes sujetos a presión que otorga la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, es necesario presentar una solicitud para autorización y tres copias dirigidas a la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo, Departamento de Autorizaciones. Esta presentación podrá hacerse personalmente en la Oficialía de Partes de 9:00 a 15:00 hs. o enviada por correo certificado con acuse de recibo a Dr. Vértiz Esq. con Dr. Río de la Loza, México 7, D.F. La cual contendrá los puntos que a continuación se enumeran:

1. INFORMACION GENERAL Y PRESENTACION.
  - 1.1 Razón Social o Propietario.
  - 1.2 Nombre de la Unidad (si existe).
  - 1.3 Rama y clase de Industria.
  - 1.4 Materia o materias primas utilizadas.
  - 1.5 Ubicación detallada de la empresa y número telefónico.
  - 1.6 Registro Federal de Causantes.
  - 1.7 Registro Patronal del I.M.S.S. ó I.S.S.S.T.E.
  - 1.8 Nombre y fina del propietario o Gerente de la Empresa.

1.9 Indicar el número oficial (de construcción otorgada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social).

1.10 En el plano se incluirá:

- a) Razón Social de la Empresa.
- b) Dirección detallada.
- c) Dibujo de que se trate a escala en m.m. con sus respectivos accesorios. (Válvulas de Seguridad, Manómetros, etc.).
- d) Corte longitudinal y transversal.
- e) Desarrollo de los cálculos en general.
- f) Marca del aparato y número oficial de construcción otorgada por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- g) Fecha, nombre, firma, cédula profesional del Ingeniero responsable sobre las copias heliográficas.
- h) Dos copias heliográficas por cada plano cuya descripción será hecha en castellano.
- i) Las dimensiones de los palnos que se presenten deberán ser de 90 x 60 cms. aproximadamente, procurando que en la escala a utilizar no permita que se pierda ningún detalle del dibujo.

La persona enviada por la empresa se identificará y presentará carta poder de la misma, anexada a la documentación para llevar a cabo los trámites necesarios.

DATOS QUE DEBERAN CONTENER LOS PLANOS DE GENERADORES DE  
VAPOR Y RECIPIENTES SUJETOS A PRESION

A. CONSTRUCCION O REPARACION

2.0 GENERADORES DE VAPOR

2.1 Desarrollo de Cálculos:

- a) Superficie de calefacción, incluyendo envolvente, tubos, hogar, espejos, paredes, pisos y techos.
- b) Presión máxima de la coraza o envolvente.
- c) Presión externa máxima del hogar interior.
- d) Presión máxima de domos (cuando se trate de ellos).
- e) Diámetro de la (s) válvula (s) de seguridad.
- f) Espesores empleados.

2.2 Indicar la presión de diseño.

2.3 Indicar la presión de prueba.

3.0 RECIPIENTES SUJETOS A PRESION.

3.1 Desarrollo de Cálculos.

- a) Superficie expuesta a presión incluyendo, cálculo del cuerpo, del envolvente y tapas.
- b) Presión interna máxima de trabajo en cuerpo y tapas.
- c) Diámetro de la válvula de seguridad.
- d) Cálculo de los espesores empleados en cuerpo y tapas.

B. I N S T A L A C I O N

4. GENERADORES DE VAPOR

4.1 Desarrollar los cálculos como se indica en el punto



- 2.1 (incluyendo el inciso f).
- 4.2 Indicar la presión de trabajo.
- 4.3 Croquis de ubicación del Generador de Vapor dentro de la factoría y orientación cardinal.
- 4.4 Indicar la potencia del Generador de Vapor.
- 4.5 Indicar el número oficial de Autorización para construcción otorgada por la Secretaría de Trabajo y Previsión social.
5. RECIPIENTES SUJETOS A PRESION.
  - 5.1 Desarrollar los cálculos como se indica en el número 3.1 (excluyendo el inciso d).
  - 5.2 Indicar la presión de trabajo.
  - 5.3 Croquis de ubicación del Recipiente dentro de la factoría y orientación cardinal.
  - 5.4 Indicar el número oficial de autorización para construcción otorgado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, en los planos.

Una vez recibida la documentación correspondiente en el Departamento de autorización, se efectuará la evaluación técnica.

En caso de que sean aprobados los planos en su evaluación, se le notificará a la Empresa que deberá realizar el pago correspondiente; esta notificación se el enviará por correo con acuse de recibo.

La mencionada notificación deberá ser cubierta en la Oficina Federal De Hacienda que le corresponde a la Empresa.

Una vez realizado este último trámite se enviará o entregará personalmente copia del comprobante de pago en la Oficialía de Partes de esta Secretaría como requisito indispensable para recoger los planos debidamente autorizados o en su caso se enviarán por correo certificado con acuse de recibo.

Para cualquier aclaración relacionada con este instructivo, favor de acudir personalmente al Departamento de Autorizaciones, de la Dirección General de Medicina y Seguridad en el Trabajo.