

300617



UNIVERSIDAD LA SALLE

58

265

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**“ALTERNATIVAS PARA LA INCINERACION DE GASES  
DE DESECHO EN LA INDUSTRIA PETROLERA”**

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

AREA MECANICA

P R E S E N T A

**SALVADOR NACIF JULIAN**

DIRECTOR DE TESIS: ING. JOSE ALFREDO HEREDIA NAVARRO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1992



## **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.

# INDICE

|   | PAGINA |
|---|--------|
| INTRODUCCION.....   | 1      |
| I.- ANALISIS DE LA PROBLEMATICA DE INCINERACION DE<br>BASES DE PROCESO..... | 5      |
| II.- ADECUADO FUNCIONAMIENTO DE QUEMADOR AHORRA<br>ENERGIA.....             | 8      |
| III.- QUEMADORES PROPUESTOS.....  | 11     |
| III.1.- QUEMADOR DE VELAS.....  | 11     |
| III.1.1.- DESCRIPCION GENERAL.....  | 11     |
| III.1.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO.....                                      | 18     |
| III.1.3.- CONSTRUCCION DE LA FOSA DEL QUEMADOR DE<br>CAMPO DE VELAS.....    | 22     |
| III.1.4.- MANTENIMIENTO.....  | 27     |
| III.1.5.- ARRANQUE DE EQUIPO.....   | 30     |
| III.1.6.- SERVICIOS QUE SE NECESITAN EN EL<br>QUEMADOR.....                 | 32     |
| III.2.- QUEMADOR DE TIPO ELEVADO.....                                       | 33     |
| III.2.1.- DESCRIPCION GENERAL.....  | 33     |
| III.2.2.- DESCRIPCION DEL PROCESO.....                                      | 39     |

|   |    |
|---|----|
| III.2.3.- CARACTERISTICAS DE LA INCINERACION.....                   | 43 |
| III.2.4.- CARACTERISTICAS DEL DISEÑO DE UN<br>QUEMADOR ELEVADO..... | 46 |
| III.3.- QUEMADORES DE FOSA.....                                     | 52 |
| III.3.1.- DESCRIPCION GENERAL.....                                  | 52 |
| III.3.2.- QUEMADOR DE FOSA ATOMIZADO CON AIRE.....                  | 53 |
| III.3.3.- QUEMADOR DE FOSA ATOMIZADO CON VAPOR.....                 | 55 |
| III.3.4.-BOQUILLA DE QUEMADOR DE FOSA SIN<br>ATOMIZACION.....       | 58 |
| III.3.5.- SELECCION Y DISEÑO DE UN QUEMADOR DE<br>FOSA.....         | 60 |
| IV.- EQUIPOS DE SEGURIDAD DE QUEMADORES.....                        | 63 |
| IV.1.- SISTEMA DE ENCENDIDO DE QUEMADORES.....                      | 63 |
| IV.2.- SELLOS DE FLAMA.....   | 68 |
| IV.2.1.- INYECCION DE GAS DE PURGA.....                             | 69 |
| IV.2.2.- SELLO FLUIDICO.....  | 70 |
| IV.2.3.- SELLO MOLECULAR.....                                       | 73 |
| IV.2.4.- SELLO TIPO "U".....  | 76 |
| V.- BENEFICIOS ECOLOGICOS.....                                      | 78 |
| VI.- RESUMEN.....   | 80 |
| CONCLUSIONES.....   | 82 |
| BIBLIOGRAFIA.....   | 83 |

## INTRODUCCION

En la operación de las plantas que se tienen instaladas en los sistemas de refinación de petróleo, dentro de las diferentes actividades que se llevan a cabo en los diferentes procesos desde la extracción de petróleo crudo hasta obtener los productos terminados, se da una atención especial a la seguridad industrial y a la protección ambiental.

Los riesgos o peligros potenciales de incendio que se pueden presentar en la refinación del petróleo crudo, y en general en aquellas plantas de proceso que manejan compuestos volátiles e inflamables se deben a varias causas, entre las principales se puede citar a las ocasionadas por fallas en el equipo mecánico, condiciones de fuego, explosiones y a fallas operacionales principalmente.

Con el propósito de proteger al máximo una planta de las condiciones internas y externas que ocasionan alteraciones en las variables principales del proceso como son presión, temperatura, composición y concentración de los compuestos que se manejan, en diseño del equipo y recipientes que se utilizan para efectuar la transformación o separación de los productos del petróleo, se emplean dispositivos de alivio los cuales son válvulas automáticas que al accionarse, por medio de estas se desfogon los vapores o líquidos que hacen que se sobrepresionen los equipos y recipientes que toman parte en el proceso y que están expuestos a las emergencias o riesgos antes mencionados.

Debido a la importancia que tiene un sistema de relevo (dispositivo de alivio) en una instalación general, su diseño, selección y dimensionamiento se debe llevar a cabo con un estudio muy cuidadoso, ya que de ello depende el evitar los riesgos de incendio o explosiones en la planta donde se está realizando la transformación.

Por lo anterior se puede notar que todo proceso de la industria en general en la cual se manejan productos del petróleo o compuestos volátiles inflamables, es susceptible a tener condiciones que originen descargas normales y descargas de emergencia eventuales como una forma de protección hacia las propias instalaciones y principalmente para el personal que las opera.

De acuerdo a la naturaleza de los líquidos, gases o vapores que se desfogan, y en función de la peligrosidad específica de cada uno con respecto a su explosividad y toxicidad, en todas las instalaciones de refinación de petróleo estos desfogues se deben destruir por medio de incineración.

A medida que la humanidad evoluciona, los efectos nocivos de los contaminantes en el medio ambiente se incrementan, por lo que se hace necesario crear una tecnología aceptable que ayude a evitarlos. Tomando en cuenta las situaciones económicas de los países del tercer mundo que en cierta medida son los que más altos índices de contaminación presentan en el mundo, no es fácil el cambio radical de tecnología pero la adaptación de tecnologías propias en los equipos existentes puede ayudar en gran porcentaje a la optimización de los equipos existentes.

Las principales fuentes contaminantes del aire son: la industria, los automotores y todas las fuentes no controladas de desperdicios sólidas y líquidos expuestos al aire libre. Dada la gran emisión por parte de los anteriores a la atmósfera se han normalizado por parte de dependencias de gobierno y reglamentado todo lo referente a la emisión principalmente de humos y polvos contaminantes. Por lo anterior en la industria del petróleo se están tomando soluciones a éste problema al optimizarse los quemadores de gases de desecho existentes y a la construcción de otros más eficientes para el control más preciso de la contaminación.

En el presente trabajo se pretende el ampliar el panorama de por que es necesario la optimización de estos equipos indispensables en éste tipo de industria, el como se pueden volver más seguros y eficientes en el sentido de eliminar la contaminación dado que por las características del proceso y de los gases a quemar no es costeable el aprovechamiento de la energía que se está desperdiciando en el quemado.

Así como también la implementación de algunas medidas de seguridad modernas o de nueva tecnología para la operación de los quemadores de gases de desfogues ya que con anterioridad la operación era insegura en la mayoría de las plantas de refinación sobre todo en lo que respecta a los operadores de los equipos, ya que se tienen riesgos potenciales de incendio y explosiones cuyas causas principales son por mala operación, falla de equipo mecánico o falta de mantenimiento, por ésta razón los sistemas de

relevo, dentro de una instalación general, deben diseñarse y seleccionarse cuidadosamente, desarrollando los estudios más convenientes, ya que en ésta forma se tendrá un mejor control en el proceso.

## I.- ANALISIS DE LA PROBLEMATICA DE LA INCINERACION DE GASES DE PROCESO

Los desfogues de gases y vapores que existen dentro de las plantas de una refinería de petróleo crudo, se eliminan por medio de su combustión debido a que el reprocesamiento de los gases de desfogue no se realiza al 100% debido a muy variadas circunstancias como el elevado costo de las plantas específicas para este fin, y algunos aspectos químicos de los gases ya que en los desfogues las características de los gases varían en poco tiempo ya que se mezclan distintos tipos con diferentes características lo que complica más el reprocesamiento para su aprovechamiento de los gases de desfogue.

Por tales circunstancias se encuentran en las instalaciones de las refinerías de petróleo crudo así como en las plantas petroquímicas y algunas otras empresas los equipos destinados a la incineración de estos gases llamados de desecho los cuales son dispositivos de seguridad que actúan de sistemas de emergencia para eliminar el exceso de hidrocarburos gaseosos exclusivamente durante trastornos en los procesos o fallas en los equipos que manejan la planta; es decir una operación deficiente o inadecuada del proceso que se está llevando a cabo en la planta.

Frecuentemente los gases de desfogue arrastran hidrocarburos líquidos los cuales son altamente perjudiciales a todo el sistema de incineración ya que dicho sistema es diseñado única y exclusivamente para quemar gases.

Los quemadores que actualmente existen en el sistema

petrolero nacional no han sido implementados con dispositivos modernos para contrubuir a la disminución de la contaminación ambiental y convertirlos en equipos seguros y confiables en su operación.

Para evitar la contaminación por gases de este tipo a la atmósfera es necesario llavar a cabo la instalación de quemadores de una eficiencia mas representativa y económica y la instalación de implementos de seguridad en los quemadores para su adecuado y seguro funcionamiento.

En la actualidad dado el diseño no permite realizarse una combustión eficiente y completa, ya que con el crecimiento de las refineries, se hace necesario una mejor eliminación de los gases con el fin de abatir la contaminación producida por los mismos, ese tendrá como consecuencia mejorar el mantenimiento a los equipos y tener cada vez un control más extricto en el envio de los gases a quemadores lo cual implica que se tienen que optimizar los procesos en las plantas.

Así en el presente trabajo se pretende dar una variedad de opciones para la optimización de los equipos de quemado de gases de desfogue y sortear mediante medidas modernas los problemas que implica todos los equipos periféricos de los llamados quemadores de campo.

En los equipos actuales debido al descuido del personal de mantenimiento y operación se encuentra en muy precarias condiciones lo que implica el aumento potencial de riesgos por lo tanto la principal función de una modernización de estos equipos es la protección al personal primeramente, la

del ambiente y de los equipos esto es la consideración más importante. Los sistemas de incineración siempre deben basarse en diseños probados en campo.

La redundancia en las medidas de emergencia puede que sea costosa, pero es esencial.

No se puede escatimar la fiabilidad en rediseñar un sistema de incineración ya que la seguridad de todo lo anterior es lo importante y es lo que se trata de implementar en las refinerías del sistema petrolero nacional.

Otro de los problemas que hay que sortear es el factor económico ya que todo lo que implica un quemador en su selección se efectúa como cualquier equipo de proceso o sea que el factor económico gobierna su adquisición. Sin embargo, actualmente para llevar a cabo esta selección se tiene que considerar el problema de la contaminación del aire el cual puede ocasionar graves problemas para la salud de las personas operadoras o vecinas de las instalaciones, y sobre todo si la contaminación se convierte en cierto momento en aguda en aquel lugar donde se localizan los equipos de quemadores.

Para el caso especial de nuestro país, existe ya una reglamentación estricta sobre las emisiones de humos a la atmósfera dictada por la secretaria de desarrollo urbano y ecología en las cuales establece severas sanciones a las empresas que contaminen ostensiblemente y los quemadores de las refinerías actualmente lo hacen por tal motivo se convierte en urgente la modernización de los equipos de incineración de gases de desfogues.

## II.- ADECUADO FUNCIONAMIENTO DEL QUEMADOR AHORRA ENERGIA

Los métodos para controlar y reducir los continuos requisitos de energía deben tenerse en cuenta en términos tanto de eficiencia de costos como de fiabilidad general de funcionamiento.

En las instalaciones petroleras, el servicio del quemador es ininterrumpido desde la fase inicial de producción hasta la de transporte, almacenamiento, refinación y procesamiento.

Los quemadores de procesos eliminan el exceso de vapores de hidrocarburos liberados debido a fallas de equipos, a la inadecuada operación de los mismos o a emergencias mayores como cortes de corriente eléctrica o incendios.

La conservación de energía en el quemador es de primordial importancia para la industria petrolera.

Debe recordarse que la principal función en el diseño de quemadores o sistemas de quema es la seguridad del personal, del área circundante y de la misma planta.

Los factores que determinan la seguridad de un quemador son su tamaño y caída de presión, radiación térmica, arrastre de líquido, entrada de aire y explosión, y pilotos seguros, confiables y eficientes.

Dos aspectos generales que no influyen sobre el funcionamiento del quemador son la radiación térmica y el arrastre del líquido, pero si se relacionan con la pérdida de energía en el proceso de quema.

La radiación térmica es la fracción de calor general liberado por el quemador en forma de energía radiante. La

radiación térmica del proceso de quema depende de tasa de flujo de gas de desecho, contenido de calor de ese gas, longitud de llama del quemador, centro de la llama, emisividad de la llama e inclinación del viento.

Para la seguridad son esenciales niveles adecuados de radiación térmica en el sitio y en el equipo circundante. El personal que trabaja cerca del área del quemador debe de tener el tiempo suficiente para alejarse en caso de contratiempos que requieran en el funcionamiento del quemador.

Los valores típicos de radiación segura varían de 325 Langley/hr (1200 a 2000 BTU/hr-pie<sup>2</sup>). Esos valores a su vez dependen de factores tales como enfriamiento del viento, radiación solar y temperatura ambiente.

El arrastre de líquidos desde el quemador es un riesgo muy grande para trabajadores y equipo. Los quemadores están diseñados sólo para manejar vapores, pero la corriente de gas de desecho a veces viene acompañada de hidrocarburos condensados. Si esos líquidos no se separan de la corriente de vapor el área de proceso y la planta reciben una lluvia de fuego. Esas gotitas ardientes no sólo son un peligro de incendio, sino que también representan una pérdida de energía que podría recolectarse y devolverse al proceso, ya sea en forma de materia prima o como combustible para el mismo.

La conservación de la energía en el quemador depende de los factores de entrada de aire, explosión, sellos del quemador y purga, los pilotos del quemador y el equipo de ignición.

**Estos dos últimos aspectos son importantes para la seguridad y a la vez dependen de factores tales como diámetro y tamaño del quemador.**

### III.- QUEMADORES PROPUESTOS

#### III.1.- Quemador de fosa de tipo velas

##### III. 1.1.- Descripción general

Como se a venido mencionando dentro de las instalaciones de las refineries de petroleo se tiene la necesidad de prevenir situaciones peligrosas por alteraciones en las condiciones de operaci3n de las plantas.

Una de las variables frecuentemente sobrepasa el valor de dise1o que es la presi3n en el equipo. El permitir excesos en la presi3n expone a los recipientes a la ruptura dentro de las areas de proceso. Para poder manejar esta situaci3n existen dispositivos de seguridad denominados v3lvulas de relevo que al exceder la presi3n a que han sido calibradas permiten el paso de hidrocarburos hasta recuperar la presi3n de dise1o.

Los hidrocarburos que en las condiciones anteriores salen de los equipos o plantas de proceso, contaminan el ambiente y son potencialmente peligrosos.

Este tipo de corriente se conducen mediante un cabezal colector de una o varias plantas hacia un quemador de campo en donde por combusti3n se evitan los riesgos de contaminaci3n y peligrosidad.

El buen funcionamiento de un quemador de campo se mide por su capacidad para manejar los vol6menes generados en las plantas en distintas situaciones de emergencia mediante una

combustión sin emisión de humos y sin quedar residuos de hidrocarburos con riesgo de explosividad.

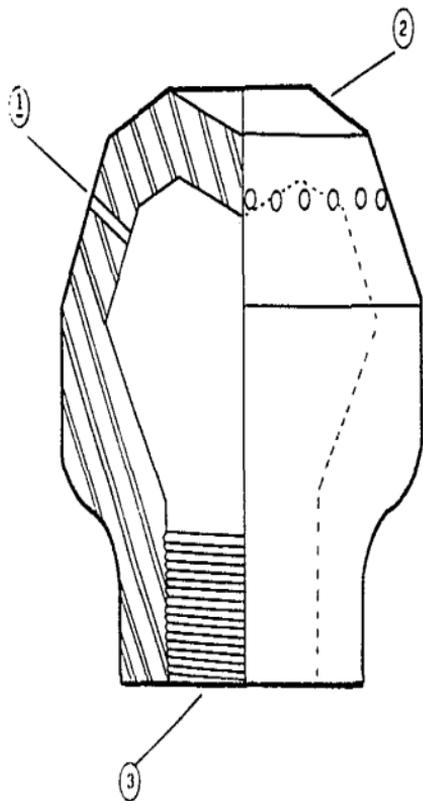
Una operación libre de humo, consecuencia de una operación completa, puede lograrse con los quemadores de campo del tipo de velas. Su operación se basa en la división del flujo total en pequeñas corrientes de gas distribuidas a través de numerosas boquillas de quemado. La velocidad lograda en los conductos espirales de la boquilla de quemado crean la turbulencia necesaria en la mezcla gas-aire para lograr una alta eficiencia en la combustión. (Figura 1).

De la figura anterior se puede identificar la forma del quemador a la cual se llegó después de analizar el comportamiento de prototipos similares para obtener la más alta eficiencia en el quemador. Esto se logro tomando en cuenta que para las pruebas se utilizó una mezcla de gases de desfogue similar a la de un desfogue a quemadores con un peso molecular promedio de 44.

Se pueden considerar dos tamaños de cabeza de quemado según las restricciones que se tengan para la construcción del quemador de campo. La versión de 3" la cual tiene 32 eyectores de 1/4" con capacidad de quemar gas de 419.3 lb/hr a una presión de 1.9 psi, y la versión de 1" que tiene 20 eyectores de 1/8" con capacidad para quemar gas de 163.93 lb/hr a 1.9 psi.

Para lograr un arreglo de cabezas de quemado se tiene que tomar en cuenta que no siempre se va a tener un volumen constante de gas a quemar por tal motivo un quemador de campo implementado con cabezas de quemado de tipo vela se

21



- 1.- SALIDA DE GASES
- 2.- CUERPO DE ACERO INOXIDABLE 310
- 3.- CUERDA

U.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 1.- CABEZA DE QUEMADO PARA QUEMADO DE VELAS

S.N.J. MAYO 1992

debe calcular en base a un promedio diario de desfogues de refinería pero teniendo escalonadas las etapas de presión en un rango de 0.5 a 2 psig. Cada etapa de quemado tiene un número específico de cabezas de quemado para llevar a efecto la combustión.

Las etapas de quemado son los cabezales secundarios que alimentan a los quemadores. Tienen una válvula controladora de flujo al principio del cabezal para formar una secuencia de operación en serie, todo el conjunto es alimentado por el cabezal principal cuya función es distribuir el gas a quemar.

En cada una de las etapas de quemado se localiza un piloto que permite mantener en constante operación a el quemador de campo.

Es muy importante que el quemador se encuentre resguardado en una fosa para poder inducir el aire y aumentar la eficiencia en la combustión.

De los pilotos y la fosa de quemado se hablará mas adelante.

En las figuras 2 y 3 se pueden apreciar los arreglos de los quemadores de campo de tipo velas.

Los dimensionamientos, especificaciones y normas que se deben emplear para la construcción del quemador de campo es la siguiente:

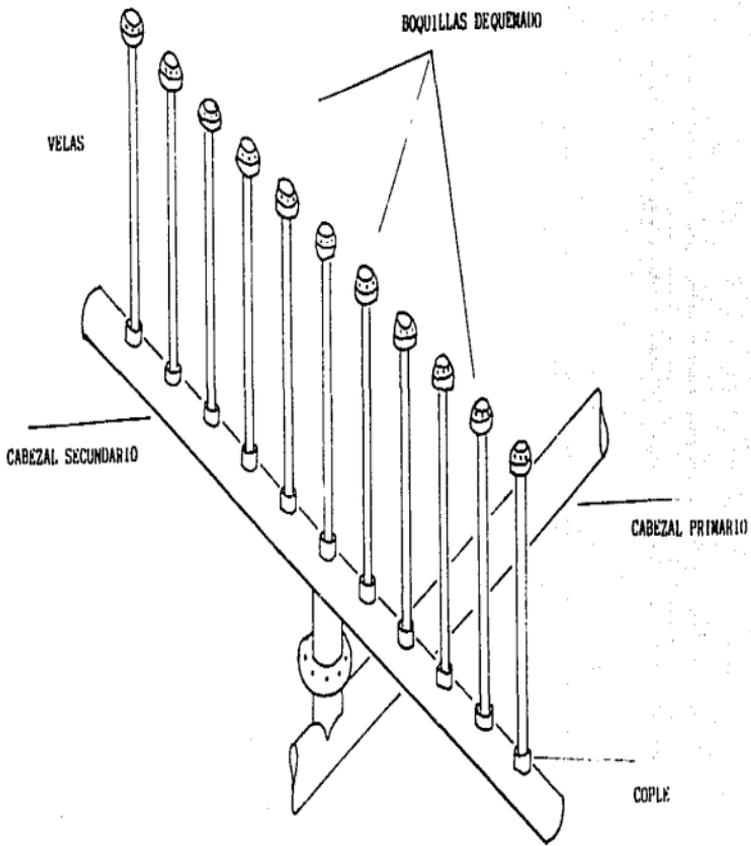
Boquillas o cabezas de quemado:

Puede ser de 1" diámetro o 3" de diámetro de recepción del tubo elevador bajo la especificación ASTM-A-312, AISI 310.

El tubo elevador de cabeza de quemado:

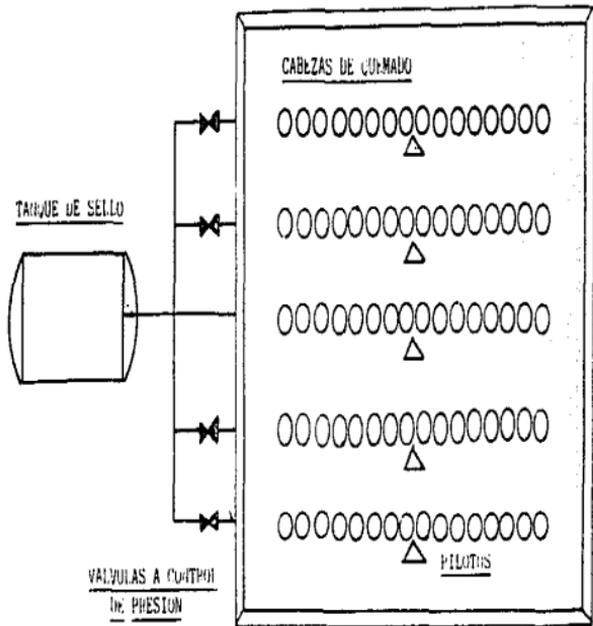
Puede ser de 1" o 3" de diámetro con pared de cédula 80 bajo

5/



|                                      |                       |
|--------------------------------------|-----------------------|
| U.L.S.A.                             | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 2.- RIEL DE VELAS Y CABEZALES |                       |
| S.N.J.                               | MAYO 1992             |

9,



TALLER DE LA FOSA

|  |                       |
|--|-----------------------|
| U.L.S.A.                                       | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 3.- QUEMADOR DE VELAS<br>VISTA SUPERIOR |                       |
| S.N.J.   | MAYO 1992             |

la especificación ASTM-A-312, AISI 304.

#### **Cabezales:**

Todos los cabezales secundarios deben ser de 6" diámetro bajo la especificación ASTM-A-53 Gr.B. al igual que el cabezal distribuidor que varía de 12" hasta 54" según la magnitud del quemador.

#### **Válvulas:**

Las dimensiones de las válvulas son las que recomienda el fabricante para el diámetro de línea y deben de ser: el cuerpo ASTM-A-53 Gr. B el interior Acero inoxidable, el disco de níquel y buna N.

Dado el servicio que va a prestar el equipo, para obtener una eficiencia y durabilidad aceptable todos los materiales deben de cumplir con las normas señaladas. Para ampliar un poco más podemos decir que las normas:

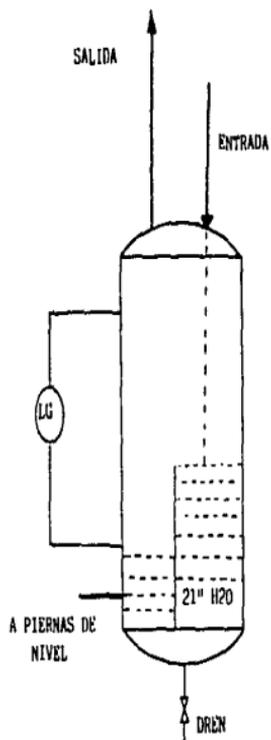
**AISI 310.-** Es un acero inoxidable austenítico, antimagnético no templable que por su mayor contenido de plomo y níquel posee una gran resistencia a la corrosión y a temperaturas hasta 1100°C y es el más recomendable para cabezas de quemado.

**AISI 304.-** Es también un acero inoxidable austenítico, antimagnético no templable con excelentes propiedades de ductibilidad y resistencia al golpe. Posee buena resistencia a la corrosión y 920°C de temperatura.

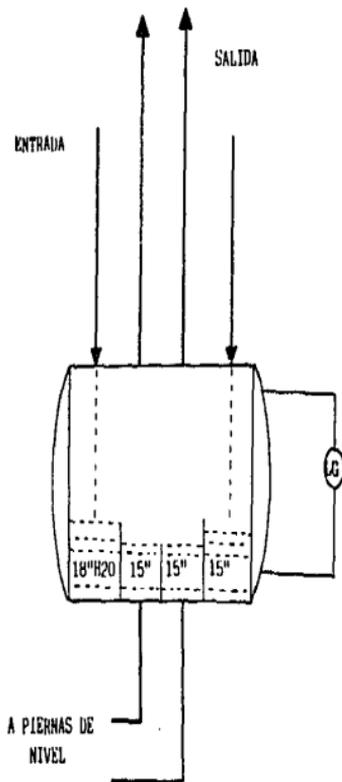
### III.1.2.- Descripción del proceso

El gas desfogado por una refinería o un complejo petroquímico a través de un cabezal general es modulado con dos tanques de sello. Los tanques de sello funcionan con una altura de agua en su interior la cual el gas vence al llegar a cierta presión (Figura 4), dado el diseño que se propone en el presente trabajo el primer tanque maneja sólo el desfogue para el cual es mandado al quemador de fosa de velas y otro tanque maneja el resto del desfogue que es mandado a otro tipo de quemador de el cual se hablará más adelante. En otro tipo de diseño se puede sustituir las válvulas automáticas que controlan la presión a los cabezales por tanques de sello de distintas alturas de agua para llegar a la presión deseada de ruptura de sello, se proponen las válvulas ya que se considero ser un medio más moderno en operatividad y económicamente más accesible.

El tanque de sello que maneja el desfogue se utiliza para mantener la línea general de desfogue a cierta presión hasta su ruptura además de ser uno de los dispositivos de seguridad del quemador de fosa de los cuales se hablará más adelante. La especificación que debe cubrir el tanque de sello es de acero al carbón ASTM- A- 205 Gr. C y en cuya línea de entrada se tiene que disponer de una válvula de mariposa cuya finalidad es la que si el quemador de fosa tipo de velas se saca de operación, el desfogue puede enviarse hacia algún otro quemador que disponga la refinería.



TANQUE DE SELLO  
VERTICAL



TANQUE DE SELLO  
HORIZONTAL

U.L.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 4.- TANQUE DE SELLO  
LIQUIDO

S.N.J. MAYO 1992

La corriente de gas procedente del tanque de sello del primer paso, es enviada al quemador de fosa tipo velas a través del cabezal general que se encarga de distribuir los desfuegos hacia las etapas de quemado.

La primera etapa de quemado se deja sin restricción alguna para dejar pasar cualquier cantidad de gas por mínima que esta sea. Las etapas subsecuentes de quemado se han escalonado en foma geométrica de 0.5 a 1.9 psig y ninguna etapa debe operar hasta que la precedente esté a su máxima capacidad.

Como un ejemplo de un quemador de fosa de velas se forma la siguiente tabla:

| ETAPA | DIAM. CABEZAL | #DE CABEZAS | CAPACIDAD    | ABERTURA |
|-------|---------------|-------------|--------------|----------|
|       |               |             | LB/HR        | PSIG     |
| 1     | 6"            | 10          | 3713         | ---      |
| 2     | 6"            | 25          | 9600         | 0.5      |
| 3     | 6"            | 30          | 11671        | 0.7      |
| 4     | 6"            | 40          | 15763        | 0.9      |
| 5     | 6"            | 45          | 17961        | 1.1      |
| 6     | 6"            | 50          | 20209        | 1.3      |
| 7     | 6"            | 50          | 20462        | 1.5      |
| 8     | 6"            | 120         | 49716        | 1.7      |
| 9     | 6"            | 130         | 54516        | 1.9      |
| ----- |               |             |              |          |
| 500   |               |             | 203615 lb/hr |          |

El ejemplo anterior es basado en desfuegos de la refinera de Salamanca Gto. son 500 cabezas de quemado para quemar aproximadamente 203615 lb/hr de gas tomando en cuenta un promedio de peso molecular de 44 para efectuar el calculo de cabezas de quemado las cuales se calcularon con base a la cabeza de quemado de 3" de diámetro.

### III.1.3.- Construcción de la fosa del quemador de campo de velas.

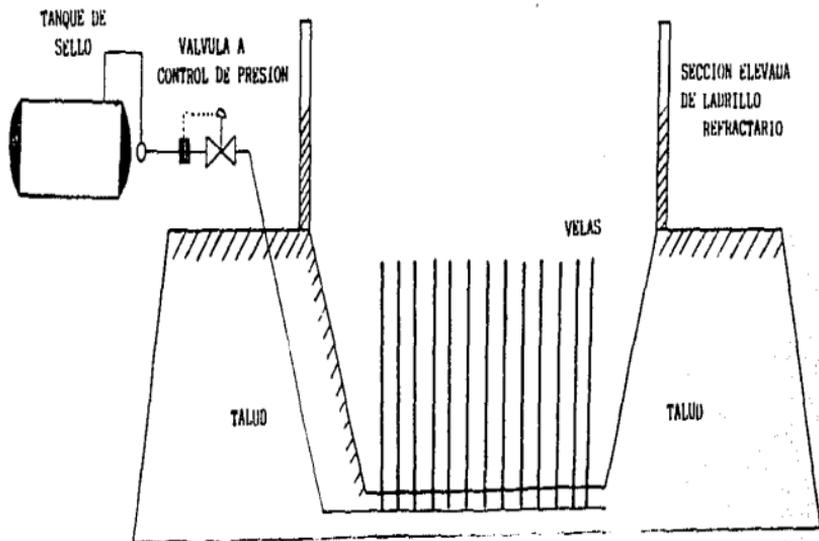
La fosa de quemado es muy importante para varios aspectos como son el resguardo del personal y equipo circundante del calor y flama que se llegán a generar, así como también los muros de la fosa ayudan a enclaustrar la radiación la cual permite lograr una mejor combustión.

Tomando como base el ejemplo de las 500 cabezas de quemado una fosa para un quemador de tales dimensiones debe ser de 40m de ancho por 50 de largo y debe tener dos taludes de 45 grados en ambos lados, con el propósito de inducir el aire para la combustión. En los otros dos lados de la fosa se construyen muros o paredes dobles: un muro de tabique refractario y en seguida un muro de tabique rojo, logrando de esta manera un aislamiento parcial del quemador con el area circundante. (Figura 5).

El muro frontal debe ser de 6m de alto por 40m de largo un muro de tabique refractario Carborundum Mullfrax 202 o similar con dimensines de 22.9 x 11.4 x 7.6 cm y un muro de ladrillo rojo recocido normal.

Los taludes laterales deben ser trapezoidales de 3.5 m de altura y 1 m de corona con parreúas a 45 grados contruidos de tierra compactada al 85% , recubierto con plantilla de concreto de 25 cm de espesor  $150 \text{ kg/cm}^2$  reforzado con malla electrosoldada. La cara interna de la fosa debe cubrirse con ladrillo refractario.

El piso de la fosa es muy importante ya que protege a los cabezales secundarios de la radiación y altas temperaturas



|   |                       |
|---|-----------------------|
| U.I.S.A                                       | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 5.- CORTE LATERAL DE QUEMADOR DE VELAS |                       |
| S.N.J.  | MAYO 1992             |

que se manejan en el interior de la fosa . El piso debe ser de grava o piedra de rio 15" de altura sobre el cabezal distribuidor.

El ladrillo refractario empleado en la construcción del muro frontal, revestimiento de los taludes laterales y posterior de la fosa, debe tener como mínimo las características siguientes:

|   |   |
|---|---|
| tipo:   | Alta alúmina  |
| Especificación                                  | ASTM parte 17   |
| Cono pirométrico Orton                          | 37-40   |
| Temp. max. de cara caliente                     | 15°C  |
| Módulo de ruptura<br>(ASTM 133-35)              | 109/1550 kg/cm <sup>2</sup> 20°C/psi<br>a 70°<br>122/1730 kg/cm <sup>2</sup> 1350°C/psi a<br>2460°F |
| Densidad aparente (ASTM C 134-41)               | 2.80 g/cm <sup>3</sup> 175 lb/pie <sup>3</sup>  |
| Porosidad (ASTM C 20-46)                        | 19.8%   |
| Contracción a la temperatura<br>(ASTM C 546-67) | 2.8 a 25 psi  |
| Expansión térmica                               | 6 cm/cm/°C x 10 <sup>-6</sup><br>(25-1400°C)<br>3.3 pulg/pulg/ °F x 10 <sup>-6</sup> (70-2250°F)    |
| Conductividad térmica                           | 1.9W/m/°K a 1447 °K   |
| Calor específico                                | 0.25 col/gram/°C  |

Variación por recalentamiento

(ASTM C 113-46) - 0.6

Indice de resistencia a la abrasión 4.5

Resistencia al spalling 89

Resistencia a la compresión

(ASTM c 133-55) 541 kg/cm<sup>2</sup> 7700 psi

Permiabilidad a 25°C 3.7 CC de aire/min/pulg en  
prensa de agua.

Las características anteriores son las adecuadas para el empleo deladrillos refractarios y especificados para el uso en los quemadores de campo de refineries.

En la siguiente tabla se puede observar el análisis químico del cual esta constituido el ladrillo refractario.

| COMPONENTE                     | %    |
|--------------------------------|------|
| Si O <sub>2</sub>              | 9.5  |
| AL <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 89.8 |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.1  |
| TiO <sub>2</sub>               | 0.1  |
| Na <sub>2</sub> O              | 0.2  |
| Otros                          | 0.3  |

Las condiciones a las cuales operan los ladrillos refractarios son:

a) El material del ladrillo sólo se calienta por una de sus caras.

b) Se puede presentar en determinado momento contacto con

gases corrosivos o ácidos los cuales llegan a saturar los poros de los ladrillos.

c) Los ladrillos sólo soportan su propio peso en apilamiento adecuado.

d) Se presenta su uso continuo y a la intemperie.

e) Su choque térmico es moderado.

Las condiciones de operación anteriores nos determinan que la duración de los refractarios no es muy larga y en determinado tiempo se tiene que efectuar inspección para reparación o cambio de los ladrillos.

Así como también se tiene que utilizar cemento refractario del tipo mortero con las siguientes características:

Tipo: extra alta alúmina, % de alúmina promedio 88%.

Fraguado al aire

Temperatura máxima de operación: 1800°C

### III.1.4.- Mantenimiento.

La razón para efectuar el mantenimiento a éste quemador es por la determinación de los efectos causados en él de los factores siguientes.

- a) Temperatura de operación
- b) Productos de combustión
- c) Erosión
- d) Corrosión
- e) Condiciones climatológicas
- f) Asentamiento en la cimentaciones.

La inspección del sistema permitirá establecer los lineamientos a seguir para un mantenimiento preventivo antes de que ocurran daños serios o para el remplazo de materiales y equipo.

Las inspecciones periódicas permiten obtener protección, operación eficiente y estudiar sustitución de diferentes materiales.

Un quemador es un equipo para dar seguridad y nunca debe operarse en mal estado.

La inspección de un quemador requiere la siguiente información:

- a) Planos de proyecto
- b) Dibujos de detalle
- c) Listas de material
- d) Especificaciones.

Las inspecciones deben ser catalogadas y el catálogo debidamente ordenado y disponible en cualquier momento para

constatar a manera de bitácora por las condiciones y reparaciones que se han efectuado al quemador.

Los periodos entre inspecciones pueden ser semestrales, excepto donde se indica, debe tomarse en cuenta por los encargados de mantenimiento el aprovechar los paros de planta o paros de emergencia de los equipos que desfogan para hacer inspecciones a los quemadores y dar mantenimiento si es necesario.

Las medidas de seguridad que deben tomarse antes de empezar una inspección del quemador son:

- a) Ventilación adecuada y remoción de gases peligrosos
- b) Purga de líquidos entrampados
- c) Reducción del nivel de temperatura hasta niveles seguros para el personal.
- d) Bloqueo del sistema a inspeccionar respecto a los sistemas vecinos.
- e) Protección adecuada respecto a la radiación de quemadores vecinos.

Las herramientas y equipo de seguridad necesarios para la inspección deben ser revisados antes de ir al área de trabajo incluyendo andamios, tablonos, columpios y escaleras.

Antes de empezar la inspección, deben colocarse señales de que se está aislando la zona de trabajo.

Las cabezas de quemado dado su material y diseño su mantenimiento se limita a la limpieza con liquido diluyente, siempre tomando en cuenta que se tendran que sustituir en determinado momento según su estado físico.

El piso de la fosa debe estar totalmente cubierto con grava para facilitar el drenado de la misma además de proteger los cabezales distribuidores de la radiación y contribuir el reflejar la radiación para hacer más eficiente la combustión.

Debe inspeccionarse los taludes y reponer cualquier refractario roto o cualquier parte calcinada. Deben reportarse las partes de concreto desconchadas ya que esto se debe al efecto de un calor excesivo o a la mala elaboración del mismo.

### III.1.5.- Arranque de equipo

Antes de proceder a la puesta en marcha del quemador, deben verificarse los puntos siguientes.

- a) Todos los componentes deben estar instalados de acuerdo a los dibujos de referencia.
- b) Todos los servicios eléctricos deben estar conectados a su fuente de energía.
- c) Todas las tuberías deben estar secas, libres de humedad y materias extrañas.
- d) Los drenes y válvulas de venteo deben estar cerradas.
- e) Los instrumentos deben estar calibrados y propiamente ajustados.
- f) Verificar que todas las válvulas de control funcionen correctamente.
- g) Verificar el funcionamiento del sistema de control.
- h) Verificar que todo el sistema conectado al quemador, esté purgado debidamente. Todo el equipo deberá estar libre de oxígeno, a fin de prevenir explosiones.

El sistema de desfogue que incluye toda la tubería, desde la válvulas relevadoras de presión, el sistema de cabezales, los tanques de sello y las velas. Es necesario mantener el sistema completo purgado cuando estén en operación las plantaas de proceso.

Los gases convenientes para un buen purgado son: nitrógeno, gases inertes, gas natural y dióxido de carbono. Generalmente cada una de las plantas de proceso tiene una inyección de gas combustible desde el principio del cabezal

de desfogue.

El objeto del gas de purga es remover todo el oxígeno de los cabezales de desfogue de tal manera que no se presenten mezclas de gas-aire dentro del sistema a fin de evitar una explosión.

**III.1.6.- Servicios que se necesitan en el quemador.**

**Aire de plantas:** 1500 PVSH suministrado a 15 psig

**Aire de instrumentos:** En el quemador 2 PCSM y área de tanques 0.25 PCSM.

**Energía eléctrica:** Area del quemador 110v/1f/60hz y área de tanques 220-440v/3f/60hz.

**Agua de servicios:** para tanque de sellos 0.5-1.0 gpm (continuos por tanque) y para estación de servicios 10 gpm (ocasional).

### III.2.- Quemador de tipo elevado.

#### III.2.1 .- Descripción general.

Un quemador elevado consiste en una tubería elevada, el medio que la soporta, la boquilla de quemado, un sello para ayudar a estabilizar la flama, los pilotos de encendido y en algunos casos dispositivos inyectores de vapor, agua o gas para elevar el poder calorífico.

Además el quemador cuenta con su unidad de piloto para encendido con su panel de control.

Este equipo es mecánicamente diseñado para producir llamas sin humo y garantizar seguridad, rendimiento, protección al ambiente y ahorro de energía.

Anteriormente el quemador elevado consistía en un tubo vertical en cuyo extremo salía la corriente de gas, hoy su diseño es más complejo precisamente para satisfacer las anteriores características.

Existen tres tipos de quemadores elevados clasificados por el medio que los soportan.

##### a) Quemador tipo elevado tipo torre.

Sus características de solidez y resistencia hacen que se le prefiera sobre otros tipos de soportes de quemador, pues puede soportar dos o tres boquillas de quemado.

Se construye en base a perfiles estructurales armados hasta formar una torre, que puede ser rectangular o triangular

según el número de boquillas que soporte.

El quemador tipo torre es ideal para instalaciones cuyo riesgo es mayor ya que se necesita altura para disminuir radiación y donde las distancias disponibles con respecto a otro equipo están limitadas. Se utilizan alturas hasta 120 m, sin ningún problema.

Tiene la desventaja de que el tamaño del equipo de protección que se pueda emplear está limitado por el espacio interno de la base de la estructura además de ser de un costo muy elevado. (Figura 6).

#### b) Quemador elevado cableado.

La característica principal de este tipo de quemador es que puede emplear un sólo diámetro de tubería hasta la boquilla de quemado, sin necesidad de estructura.

Se construye equilibrando la tubería con cables o contravientos a fin de soportar los efectos sísmicos del viento o de su propio peso. Se utilizan alturas hasta de 180 m.

El quemador cableado tiene la desventaja que necesita mucho espacio, ya que las anclas de los cables forman un círculo cuyo diámetro es muy similar a su altura. Además cuando se tengan expansiones térmicas severas, debe tenerse especial cuidado en la manera en que se aten los cables, en el ángulo que formen con la tubería elevada y el número de cables que se utilicen. (Figura 7).

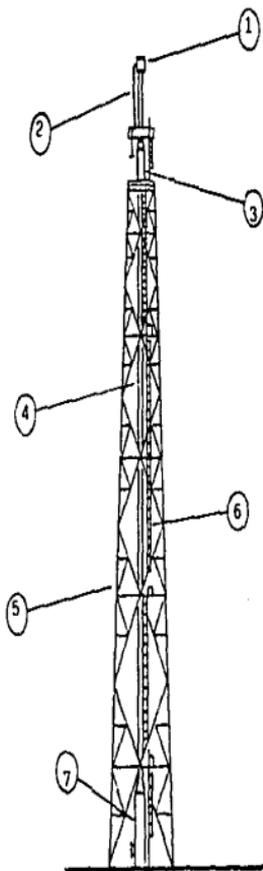
c) Quemador elevado autosoportado.

Se utiliza principalmente en sistemas que demanden poca altura, debido a la relativa baja inversión en material y mano de obra. Es más fácil su erección y ocupa menos espacio ya instalado.

Su instalación se hace uniendo tuberías de diferentes diámetros, en orden progresivo. Generalmente se usan tres diámetros; el tubo del diámetro mayor se emplea para localizar un tanque de sello, un tanque separador de líquidos o un arrestador de flama.

Tiene la desventaja de estar altamente influenciado por la oscilación rítmica producida por el viento.

Otra desventaja es la de sólo permitir la instalación de una boquilla de quemado. (Figura B)

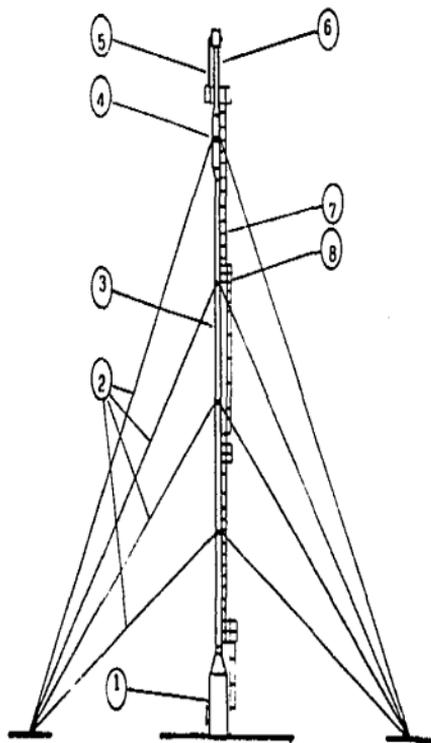


- 1.- BOQUILLA DE QUEMADO
- 2.- PILOTO DE CHISPA ELECTRICA
- 3.- SELLO MOLECULAR
- 4.- TUBERIA
- 5.- ESTRUCTURA DE SOPORTE
- 6.- ESCALERA
- 7.- SELLO DE AGUA

U.L.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 6.- QUEMADOR TIPO TORRE

S.N.J. MAYO 1992

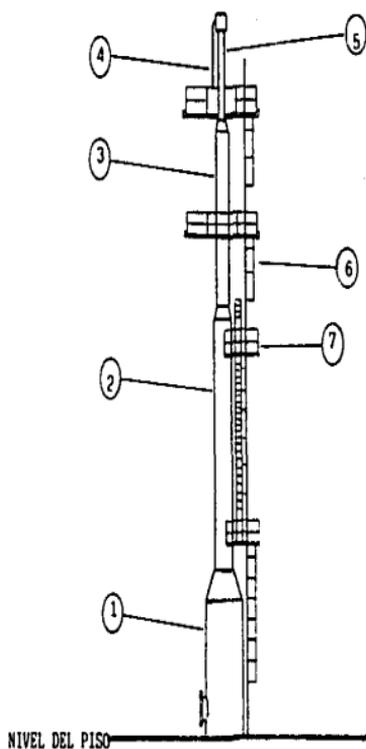


- 1.- SELLO DE AGUA
- 2.- CABLES CONTRA VIENTOS
- 3.- TUBERIA ELEVADA
- 4.- SELLO MOLECULAR
- 5.- PILOTO DE CHISPA ELECTRICA
- 6.- BOQUILLA DE QUEMADO
- 7.- ESCALERA
- 8.- PLATAFORMA

U.I.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 7.- QUEMADOR CABLEADO

S.N.J. MAYO 1992



- 1.- SELLO DE AGUA
- 2.- TUBERIA ELEVADA
- 3.- SELLO MOLECULAR INTEGRADO
- 4.- PILOTO DE CHISPA ELECTRICA
- 5.- BOQUILLA DE QUEMADO
- 6.- ESCALERA
- 7.- PLATAFORMA

NIVEL DEL PISO

U.L.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA B.- QUEMADOR AUTOSOPORTADO

S.N.J.

MAYU 1992

### III.2.2.- Descripción del proceso.

El proceso de quemado de los quemadores elevados es básicamente de igual manera que el de los quemadores de fosa pero el quemador elevado desde el punto de vista de seguridad es más adecuado.

El uso del quemador elevado se justifica grandemente al tener que manejar gases altamente peligrosos por su toxicidad, olor, irratibilidad o cualquier efecto dañino a la comunidad.

Este tipo de quemador se le considera más eficiente que el de fosa ya que en el tipo de boquilla se puede inducir aire, vapor o gas de elevación de poder calorífico regulados mediante una válvula dentro del extremo de la llama gaseosa. Ya que la manera ideal de quemar las emisiones de los hidrocarburos es de una manera invisible, sin olor y sin ruido. Los factores claves que afectan el diseño de los casquetes de quemado son:

La cantidad y distribución del oxígeno en la zona de combustión, la temperatura en la zona de combustión y el tipo de gas quemado.

El oxígeno es el elemento más crítico y determinante en la producción de humo. Para un producto completo de la combustión una cantidad estequiométrica de oxígeno es requerida en la zona de quemado. Los requerimientos de aire estequiométrico equivalentes varían con la clase de gas (Tabla 1). Pero son esencialmente constantes en una clase.

Para la combustión sin humo de una parafina aproximadamente

20 % de la cantidad de aire estequiométrico debe ser igualmente distribuida en la zona de mezcla primaria. Para una combustión sin humo de una oleofina la cantidad primaria de aire debe ser incrementada 30% del volumen estequiométrico. El aire restante requerido para completar el proceso de combustión es inducido dentro de la flama por medio de aspiración.

| TIPO DE GAS     | Ft <sup>3</sup> /lb | Stock de aire<br>lb/lb de comb. |
|-----------------|---------------------|---------------------------------|
| Etano           | 12.6                | 16.2                            |
| Propano         | 8.6                 | 15.7                            |
| Butano          | 6.5                 | 15.5                            |
| Etileno         | 13.5                | 14.8                            |
| Propileno       | 9.0                 | 14.7                            |
| Acido sulfurico | 11.1                | 6.1                             |

Tabla 1. Requerimientos estequiométricos del aire.

La temperatura en la zona de combustión es el segundo factor importante en el quemador elevado. La temperatura tiene un efecto directo en la cantidad de humo formado porque afecta la cantidad de la descomposición termal que tenga lugar. Ya que la descomposición aumenta con la temperatura, la cantidad de humo aumentará si la temperatura aumenta si agua o vapor son inyectados correctamente en el extremo humeante de la llama la cantidad de humo desciende siempre y cuando la inyección de vapor no exceda de 0.28 lb/lb de combustible

y de agua de 0.7 lb/lb de combustible, ya que el aumento de agua o vapor baja la temperatura en la zona de combustión por dilución, turbulencia que incrementa la cantidad de aire aspirado y distribuido en el extremo de la llama y creando la reacción endotérmica carbón-agua.

El bajar la temperatura de la zona de combustión prolonga el proceso de oxidación y minimiza la cantidad permisible de descomposición de hidrocarburos.

Otro factor importante en el diseño de un quemador elevado es el ruido, se debe de tener cuidado al diseñar la velocidad de salida del gas porque si aumenta la velocidad del gas aumenta el ruido en la llama. El ruido total de la combustión tiene dos partes:

El ruido de la combustión y el ruido del jet. El de la combustión es una función lineal de la cantidad de aire mezclado con el gas. Si se aumenta el flujo de aire aumenta el ruido de la combustión, la amplitud del ruido de la combustión puede ser predecida si sólo una flama está envueltan y si es en un medio ambiente libre. Si muchas flamas están presentes, las predicciones del ruido deben de estar basadas en correlaciones empíricas y detalladas porque la interacción de varios ruidos hace difícil las predicciones.

El ruido del jet es provocado por un gas o un fluido pasando a través de una restricción. En un grado de flujo constante, el ruido de jet aumenta en proporción directa a una presión aumentada de una gota. Por esta razón las narices aspiradoras de gas o vapor deben ser ajustadas para pasar la

cantidad de utilidad a la menor posible presión gota que normalmente no pasa de los 100 psig. Si una alta presión de gota se debe tomar debe ser llevada a cabo tomando varias reducciones chicas de presión en vez de una presión de gota grande. Cuando el vapor es usado como medio aspirador, el vapor seco es preferible al húmedo porque el nivel de ruido aumenta con la humedad debido al sonido de las moléculas de agua explotando en la flama de vapor caliente.

Las emisiones de calor pueden ser muy grandes a través de los efectos de convección y radiación, en las flamas que se presentan al quemar gas la pluma de la convección se incrementa hacia arriba de la flama lo cual tiene pocas consecuencias, pero la transferencia radiante de calor hacia los alrededores si puede ser significativa.

El producto de calor radiado es una función de la flama geométrica (largo, forma y diámetro) el tipo de hidrocarburo quemado y el grado de humo en la flama. La geometría en la flama es importante porque la distancia del centro de la flama a los alrededores tiene un efecto inverso al de la intensidad de calor. Asumiendo que la teoría de radiación esférica es válida, las flamas en forma de pelota o bolas radiarán más calor a tierra que una flama larga y cilíndrica. El tipo de hidrocarburo usado afecta el nivel de calor debido a los valores de calor asociado con varios hidrocarburos. En caso de llamas humeantes o no humeantes pruebas indican que las llamas humeantes radian aproximadamente 30% más calor a la tierra que las llamas no humeantes.

### III.2.3.- Características de la incineración.

Los quemadores elevados pueden ser categorizados como aquellos que reducen humo aportando aire a la zona de combustión y aquellos que reducen humo enfriando la zona de combustión.

El quemador elevado debe ser capaz de operar dentro de un rango amplio de grados en la llama generada sin importar el método para la reducción de humo. Para lo anterior las llamas generadas deben de tener agarre al casquete es decir que no llegue el momento en el que el incremento de la velocidad de salida del gas haga de se despegue la llama de la boquilla por lo tanto se debe tener la flama estable en la punta del quemador.

El mezclado eficiente de una flama de gas con el aire requiere un area de contacto grande entre el aire y el gas. Esto se logra usando una acción de jet para crear mucha turbulencia o dividiendo el flujo de gas en arroyos o caminos pequeños lo anterior se logra actualmente empleando en los casquetes de quemado el efecto "COANDA" el cual es simplemente el lograr una intima revolvencia gas-aire (Figura 9).

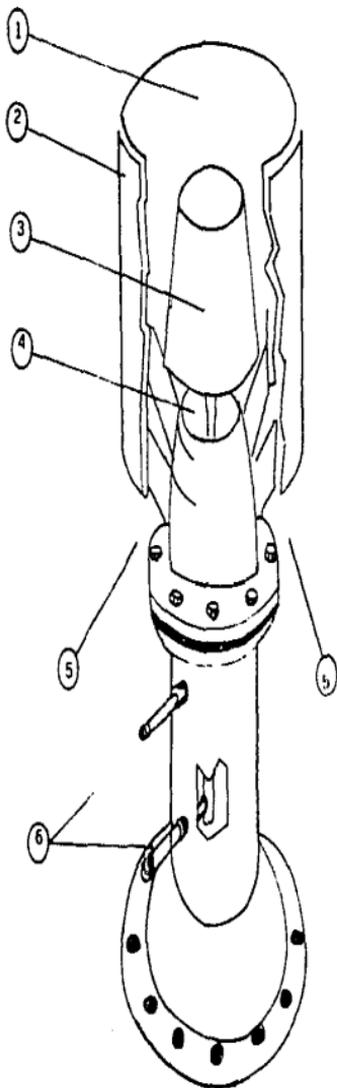
Sin embargo el tamaño de la turbulencia debe ser minimizado para que se logren llamas no humeantes al menor ruido posible.

Hay muchos diseños para quemadores no humeantes, por tal motivo el consumo de aire, vapor, gas o agua para disminuir las emisiones de humo varía, pero se llegó a la selección de

cuanto se debe de inyectar al quemador para disminuir las emisiones de humo.(Tabla 2)

| INYECCION DE: | LB/LB DE HC. |
|---------------|--------------|
| VAPOR         | 0.25         |
| AGUA          | 0.7          |
| AIRE          | 3.1          |
| GAS           | 0.7          |

Tabla 2. Requerimientos para disminuir humo.



- 1.- BOQUILLA DE QUEMADO
- 2.- CUERPO DE BOQUILLA (A1)
- 3.- MAMPARA DE EFECTO COANDA
- 4.- SALIDA DE GASES
- 5.- ZONA DE REVOLVENCIA
- 6.- INYECCION DE VAPOR O AIRE

U.I.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 9.- BOQUILLA (CASQUETE)  
QUEMADOR ELEVADO

S.N.J. MAYO 1992

### III.2.4.- Características en el diseño de un quemador elevado.

Las características fundamentales para el diseño de un equipo de incineración de éste tipo son la altura y el diámetro del cañon.

La altura de un quemador elevado está esencialmente basada en la intensidad de calor generado por la flama.

El cálculo de la intensidad de calor radiante involucra algunos factores como: Probabilidad de máximo relevo, duración del relevo, actividad del personal en el area, calor liberado en el relevo.

Los niveles de intensidad de radiación permisible son:

440 BTU/hr . pie<sup>2</sup> Es el valor de intensidad de radiación para exposición prolongada del personal.

1500 BTU/hr.pie<sup>2</sup> Es el límite de intensidad para exposición en un corto intervalo de tiempo del personal que trabaja en el area.

3000 BTU/hr.pie<sup>2</sup> Límite de exposición de radiación para exposición del equipo.

5000 BTU/hr.pie<sup>2</sup> Nivel al que deberá diseñarse la estructura del quemador.

Resumiendo, para una intensidad calorífica de 1500 BTU/hr.pie<sup>2</sup> o mayor es necesario proteger al personal y para una intensidad calorífica de 3000 BTU/hr.pie<sup>2</sup> o mayor es

necesaria la protección al equipo.

Para determinar la localización y altura se pueden considerar los efectos de la intensidad de radiación sobre el cuerpo humano:

| INTENSIDAD                   | UMBRAL DEL DOLOR | AMPOLLAMIENTO |
|------------------------------|------------------|---------------|
| 2000 BTU/hr.pie <sup>2</sup> | 8 Segundos       | 20 segundos   |
| 5300 BTU/hr.pie <sup>2</sup> | instante         | 5 segundos    |

Los efectos de la intensidad de la radiación en el equipo metálico son función del tiempo de exposición. Mientras más alta sea la intensidad más alta resultará la temperatura. Las temperaturas de recipientes que contengan fluidos en movimiento lógicamente resultarán menores debido a la influencia del mismo.

El límite de intensidad tolerada por el cuerpo humano para tiempo de exposición ilimitada es de 440 BTU/hr.pie<sup>2</sup>. De esto resulta la necesidad de intervalo de tiempo, para escapar de la radiación en caso de que sea incrementada la fuente de calor.

Asumiendo que una persona pueda estar en la base del quemador cuando ocurra un desfogue repentino existe un intervalo corto de tiempo (tiempo de reacción 5 segundos) en el que la intensidad de calor radiante está siendo absorbida, luego sigue una rápida emisión (20 pies/seg de velocidad de escape) durante la cual continuamente el calor radiante avanza y disminuye hasta valores seguros de exposición, es por tanto necesario determinar el valor absorbido en el tiempo total de exposición y mantenerlas

dento de las limitaciones.

En el diseño de un quemador se debe tomar en cuenta la suposición de que la flama sea extinguida mientras ocurra un desfogue.

El incremento de la temperatura y la velocidad de salida de un gas ocasionará la dispersión del aire, de tal manera de que en su punto X viento abajo, el personal pueda encontrar niveles de toxicidad permisibles. Un valor aceptable de concentración viento abajo del quemador es de 0.100 ppm.

La altura del quemador debe ser tal que el punto entre la máxima concentración alcance el suelo, se tenga un nivel muy por abajo de los límites de toxicidad y explosividad.

Los coeficientes de difusión, pueden ser tomados en base a las condiciones metereológicas del lugar.

Con respecto al diámetro en un quemador elevado éste es generalmente dimensionado en base a la velocidad del gas y la caída de presión a través de la boquilla.

Dependiendo de la relación de flujo máximo que pueda presentarse durante un corto periodo de tiempo en una situación de extrema emergencia y del flujo de gas que pueda considerarse como normal a un tiempo de mayor duración, se podrá establecer el criterio para dimensionar el quemador.

Es deseable quemar a una relación de velocidades de 0.4 Mach en un corto periodo de tiempo y para una situación probable de desfogue. Para un flujo considerado como normal, deberá quemarse a una relación de velocidades de 0.2 Mach.

Una relación de velocidades más baja podrá tener como consecuencia daños por corrosión, además de que la flama

porá estar grandemente influenciada por el efecto del viento.

Para velocidades extremadamente bajas deberá utilizarse material resistente a la corrosión cuando menos 7 pies abajo de la boquilla de quemado, pues en la zona de baja presión los gases atacarán al metal a un ritmo acelerado.

Debe tenerse especial cuidado en mantener la caída de presión sino esto ocasionará una flama extremadamente larga, un rango aceptable es de 0.5 a 1 psi.

El criterio básico para el diseño de una línea o para un cabezal de desfogue se basa en el valor de contrapresión o desarrollarse en el sistema.

Cuando ha sido establecido el máximo valor de descarga y se ha definido la máxima contrapresión tolerable por el sistema, para la selección del diámetro tenemos un método práctico presentado por Lapple.

Este método emplea flujo teórico y crítico de gas en un conducto ideal y en condiciones isotérmicas.

Método de Lapple:

a.- Diámetro del cabezal de desfogue.

$$d^{5.29} = \frac{0.27 W^2 T L}{1.661 \times 10^8 (P_2^2 - P_1^2) M}$$

b.-Relación de presión a masa descargada.

$$\frac{P_1 / P_0}{(G/Gen)_n} = \frac{247 P_1 d^2}{W} \sqrt{\frac{M}{T}}$$

c.- Volumen

$$V_0 = \frac{W \times 10.73 \times T}{P_1 \times M \times 3600}$$

d.- Velocidad de línea

$$V . L = \frac{V_0}{A}$$

e.- Velocidad sónica

$$V_s = 223 \sqrt{\frac{T \text{ K}}{M}}$$

f.- Contrapresión.

$$P_0 = \sqrt{(P_1)^2 + \frac{0.27 W^2 T L}{1.661 \times 10^5 d^{5.28} M}}$$

g. -Número de Mach.

$$M' = \frac{V \cdot L}{VS}$$

Simbología:

d = Diámetro interno del cabezal (plg)

W = Cantidad de gas manejado (lbs/hr)

T = Temperatura promedio (°R)

L = Longitud (m)

P<sub>0</sub> = Presión en límite de batería (psig)

P<sub>1</sub> = Presión en el quemador (psia)

M = Peso molecular promedio.

$\frac{P_1}{P_0}$  Relación entre los valores de presión inicial y

$\frac{G}{G_{ent}}$  = final del gas y los valores max. de descarga.

V<sub>0</sub> = Volumen (pies<sup>3</sup>/seg)

V<sub>L</sub> = Velocidad del gas en la tubería (pies/seg)

A = Area del tubo (pies<sup>2</sup>)

V<sub>s</sub> = Velocidad sónica (pies/seg)

K = Relación de calores específicos (C<sub>p</sub>/C<sub>v</sub>)

P<sub>0</sub> = Contrapresión (psig)

M' = Número de Mach.

### III.3.- Quemadores de fosa

#### III.3.1.- Descripción general.

Este tipo de quemador es el que en la actualidad el más común utilizado en las refinerías y complejos petroquímicos ya que el volumen de gas de desfogue es muy elevado además de ser lo más sencillo de instalar y poner en operación pero los problemas relativos a su operación son los más peligrosos ya que provoca una luminosidad excesiva, radiación térmica y producción de humo lo cual provoca una elevada emisión de contaminantes en el area, peligro potencial de retroceso de flama.

El quemador de fosa consiste simplemente en tubería terminal a una fosa en cuyo extremo escapa el gas el cual es prendido con un piloto, en similitud a un mechero y en varias líneas de quemado.

Generalmente éste arreglo de quemador solamente se utiliza para situaciones máximas de emergencia pero en nuestro país se utilizan aún y en situaciones normales de operación de plantas.

A éste quemador se le ha dado el nombre de quemador de emergencia con humo lo cual con los arreglos propuestos a continuación se puede lograr eliminar los humos y consecuentemente bajar la emisión de contaminantes.

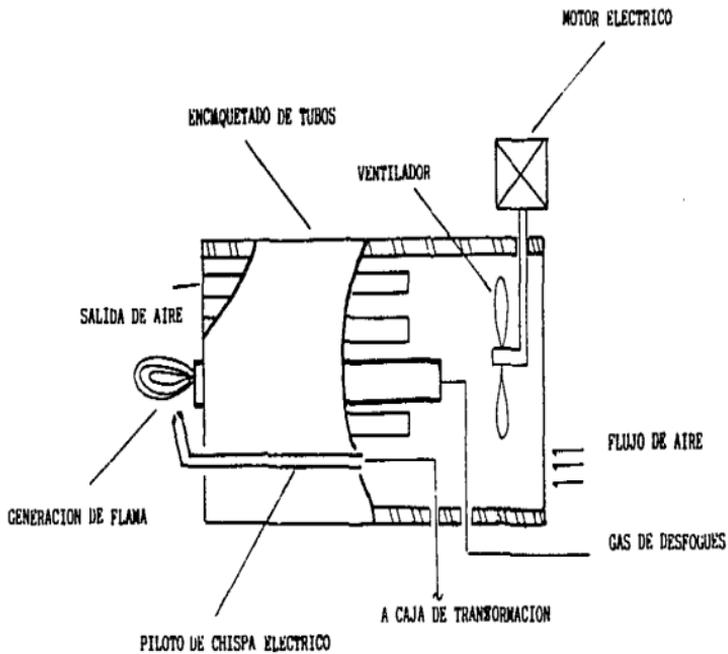
### III.3.2.- Quemador de fosa atomizado con aire.

En éste tipo de quemador se efectua una mezcla gas aire con la velocidad necesaria para sostener una combustión uniforme y continua, por lo tanto se mezcla el gas y aire a la salida de gas de proceso.

Se usará una cantidad de aire teórico para que la combustión sea completa; cabe aclarar que es conveniente agregar un exceso de 10%-20% de aire, del gasto máximo de gas de desfogue.

Para dicho quemador se tendrá un encamisado con haz de tubos donde el aire a presión circula debido a la acción de un soplador eléctrico, mandando normalmente la máxima cantidad de aire para el máximo flujo de gas, obteniendose la relación adecuada gas-aire y optimizando así su eficiencia. (Figura 10).

Debido a las variaciones en el flujo de gas se tiene la necesidad de instalar al sistema de quemado el equipo necesario de instrumentación para regular la relación gas-aire.



U.L.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 10.- QUEMADOR DE FOSA  
ATOMIZADO CON AIRE

S.N.J. MAYO 1992

### III.3.3.- Quemador de fosa atomizado con vapor.

Para aumentar la eficiencia en la combustión en éste tipo de quemador, el gas se pone en contacto con el vapor a alta presión produciendose una mezcla uniforme completa y continua en el medio dispensante, mezclandose el gas con el aire, manteniendose una combustión uniforme completa y continua.

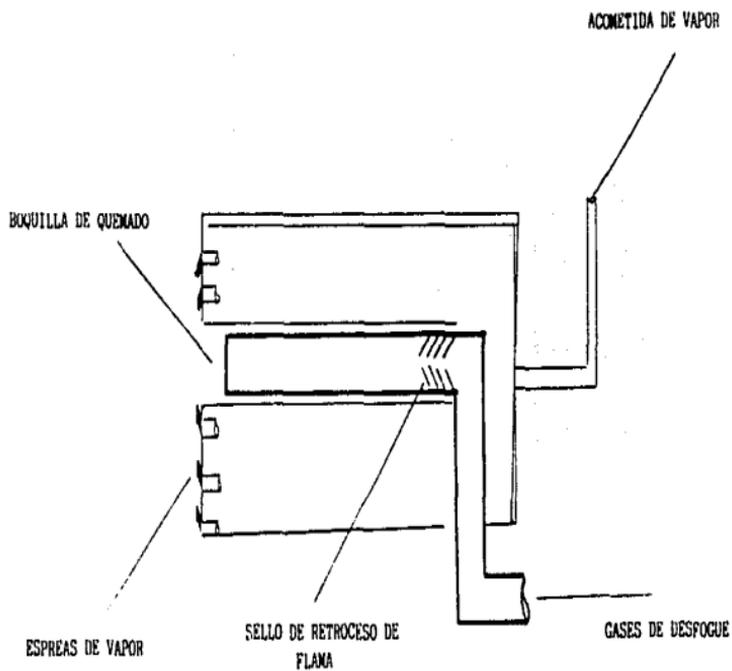
El quemador tiene una chaqueta con un haz de tubos colocados antes de la salida de éste, el cual se encuentra en la parte central del piloto para evitar que la flama de gas se apague.

Para que la cantidad de gas que es quemada se optimise hasta la combustión completa; se aumenta el vapor y la cantidad de gas en relación aproximada de 1.2 a 1 respectivamente, para lograr ésto es necesario usar una instrumentación adecuada que al igual que el quemador atomizado con aire en éste, el elemento primario de medición más recomendable es un anubar.

El anubar es un elemento primario de medición del tipo diferencial para medir gas, líquido o vapor. Se basa en el teorema de Bernoulli; cada segmento anular de la tubería es individualmente muestreado y automáticamente promediado, obteniéndose gran exactitud. Producen una pérdida de presión de menos del 1% con respecto a la diferencial de presión para la mayoría de los tamaños.

Su medición y control correspondiente consiste en señalar la salida al pasar a un ajustador de relación de reajuste manual (en donde se da la relación gas-vapor) cuya señal

controlada de salida, pasa a la válvula automática de vapor a través de un posicionador para hacer más efectivo el control, pudiéndose en cada caso y según las características del gas que se va a quemar, ajustar la relación adecuada. (Figura 11).



U.L.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 11.- QUEMADOR DE FOSA  
ATOMIZADO CON VAPOR

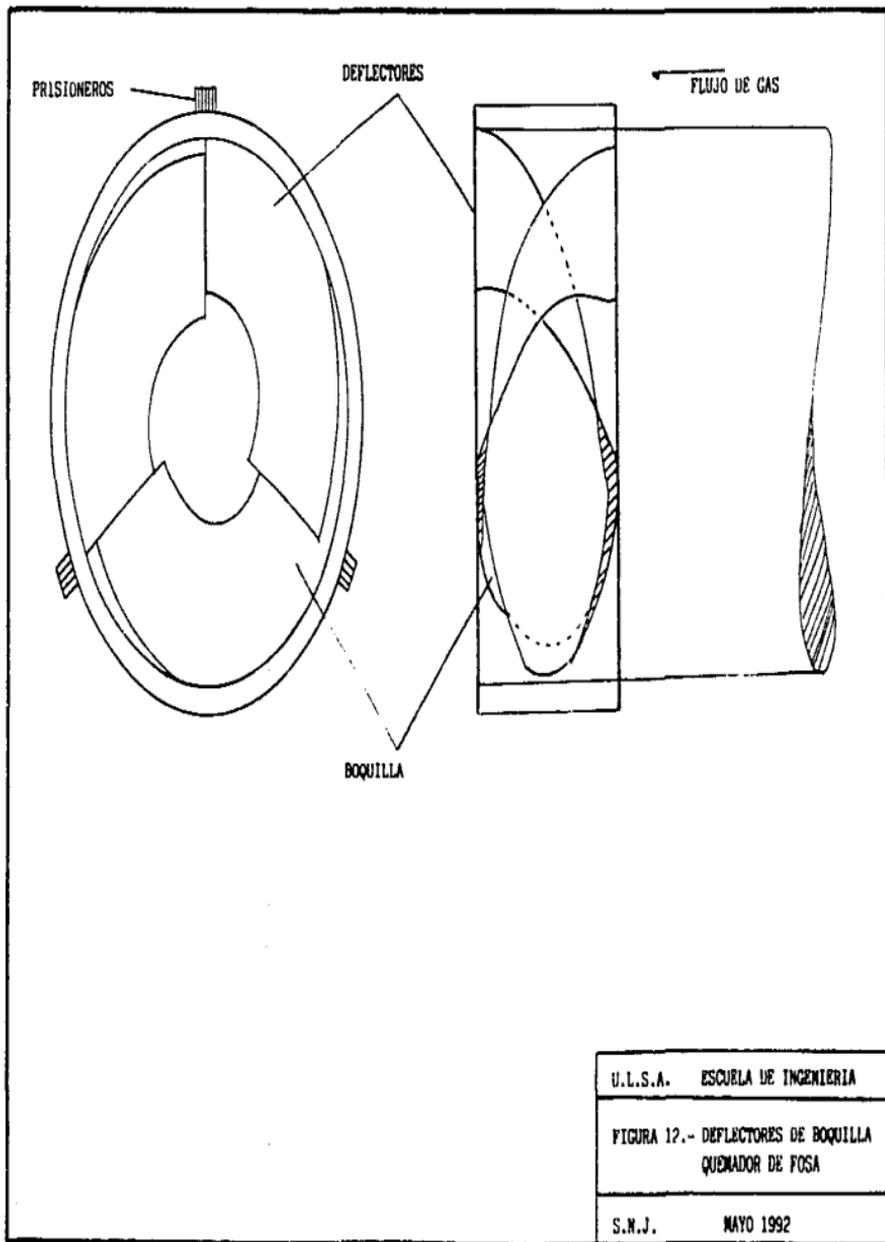
S.N.J. MAYO 1992

### III.3.4. - Boquilla para quemador de fosa sin atomización.

Un arreglo normal de quemadores de campo es en el que el equipo sea lo mas simplificado posible y esto es simplemente la tobera de desfogue directo sin presentarse ningún arreglo para eliminar humos como en las arreglos anteriores.

Este es a experiencia de los operadores el más inseguro y el que provoca mayor emisión de humos, pero es el equipo más económico para incineración de gases por tal motivo se han presentado algunas modificaciones en la salida de la tobera; estas modificaciones consisten en deflectores angulados los cuales proporcionan al gas de desfogue una revolvencia a la salida del gas, la cual con el aire se sucede una mezcla más íntima y se logra una combustión mejor. (Figura 12).

Pero como se pueden presentar cambios en la velocidad de los gases de desfogue sera variable el efecto de revolvencia a la salida de estos por lo tanto no es de gran eficiencia sin embargo se logra disminuir la emisión de humos.



|   |                       |
|---|-----------------------|
| U.L.S.A.  | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 12.- DEFLECTORES DE BOQUILLA<br>QUEMADOR DE FOSA |                       |
| S.N.J.  | MAYO 1992             |

### III.3.5.- Selección y diseño de quemador de fosa.

En base a un análisis de quemadores de fosa se llegó a considerar que lo más conveniente a instalar es el quemador de fosa con inyección de aire ya que en el quemador de fosa de inyección de vapor se tiene precisamente el vapor como limitante y los quemadores con boquilla son de menor eficiencia.

Para el diseño de éste quemador se deben de considerar los siguientes puntos:

- 1.- Determinación del espesor mínimo de la tubería.
- 2.- Estimación del desgaste medio anual de la tubería.
- 3.- Soplador.
- 4.- Estimación del gasto de los gases de desfogue en miles  $m^3$ /día.
- 5.- Estimación de la velocidad de los gases de desfogue a la salida del quemador.

Empezamos con la determinación del espesor de la tubería:

Primero el material de los tramos de tubería deberá ser de acero de bajo carbón con la especificación ASTM-A-35 grado A de cédula 40. La razón para emplear cédula 40, se debe a que los tramos son instalados en el sistema de protección al equipo y por lo mismo no es fácil cambiarlos frecuentemente. Además la tubería y el resto del equipo se pueden afectar por la corrosión provocada por la presencia de gases, por lo cual queda justificado el empleo de ésta cédula.

En cuanto al desgaste medio anual de la tubería:

En tuberías de acero de la especificación ASTM-A-53, grado

A, la temperatura máxima de trabajo en períodos cortos y largos es respectivamente de 283° C y 483.5 °C.

A continuación podemos observar la fórmula para calcular el desgaste medio anual:

$$D.M.A. = \frac{\text{Espesor original} - \text{Límite de retiro}}{\text{Vida probable en años}}$$

Con lo que respecta a el soplador:

El exceso de aire necesario para efectuar la combustión completa se ha encontrado prácticamente y en equipos similares, que éste debe ser de un 10 a 20%, mayor al gasto de gas por lo tanto el soplador deberá proporcionar éste gasto.

Estimación de los gases de desfogue:

Actualmente por muestreo estadístico de desfogues se ha llegado a contabilizar la cantidad de 2,400,000 m<sup>3</sup>/día en una refinería de producción aproximada de 115,000 Barriles/día.

El dato anterior se puede emplear como base para diseño de los quemadores pero si se requiere precisión se tiene que levantar el balance de desfogues de todas las válvulas de cada una de las plantas de la refinería en las condiciones de desfogue total.

La velocidad de los gases de desfogue:

Experimentalmente se ha obtenido que primeramente una tobera de desfogue de 3" con un gasto diario de 600,000 m<sup>3</sup>/día y una densidad promedio de los gases de 1.85 kg/m<sup>3</sup> y peso molecular 44 se va a obtener 12.81 kg/seg (28.182 lb/seg).

Se llega a una velocidad de optima de 2.14 pies/seg.

Resumiendo el gasto total diario de gases de desfogue se debe de repartir en cuatro quemadores de 3" de diámetro.

#### IV.- EQUIPOS DE SEGURIDAD DE QUEMADORES.

##### IV.1.- Sistema de encendido de quemadores.

En cualquier sistema de quemado independientemente del flujo manejado, la composición del gas y las condiciones atmosféricas, es necesario contar con un dispositivo que pueda encender una y otra vez la masa de gas efluente. Tal dispositivo debe ser una unidad de encendido remoto fija.

En tecnologías del pasado se tenía un equipo de encendido remoto el cual era muy ineficiente, caro y forzosamente tenía que tener un operador cada vez que se decidía encender los pilotos los cuales son de quema de gas natural.

Dado estas aseveraciones se ha buscado una substitución al modelo anterior dando por resultado una unidad de encendido seguro y sin necesidad de tener un piloto de gas natural, es decir que el encendido moderno ahorra el consumo de gas natural que se quema en los pilotos.

El sistema consta de lo siguiente:

- a) Electrodo piloto.- Son los que proporcionan una chispa de alto voltaje generada en una mampara de ignición en la cual se genera un efluente del mismo gas de desfogue provocando el encendido del gas y generando así la flama que prende el quemador.
- b) Cajas de distribución.- Son los registros eléctricos de cada una de las unidades de encendido y general de todas.
- c) Gabinete de transformación.- Es una caja bajo la especificación Nema 7, a prueba explosión donde alberga los

transformadores de cada una de las unidades de ignición siendo estos de 127/12000 V.

d) Tablero de control.- Es el controlador de tiempos por medio de temporizadores los cuales controlan la frecuencia (0.1- 3 seg) y la repetición de la chispa (2min- 999 hrs), además de tener alarmas de falla de corriente y nulo monitoreo. El sistema de control no es muy sofisticado dado que la unidad temporizadora viene en paquete y es del todo comercial. (Figuras 13 y 14).

A fin de establecer un máximo de confiabilidad en estas unidades se deben seguir las recomendaciones siguientes:

a) Hay que estar seguros de que los materiales a emplearse en la instalación de las unidades de encendido sean a prueba de explosión y para uso a la intemperie.

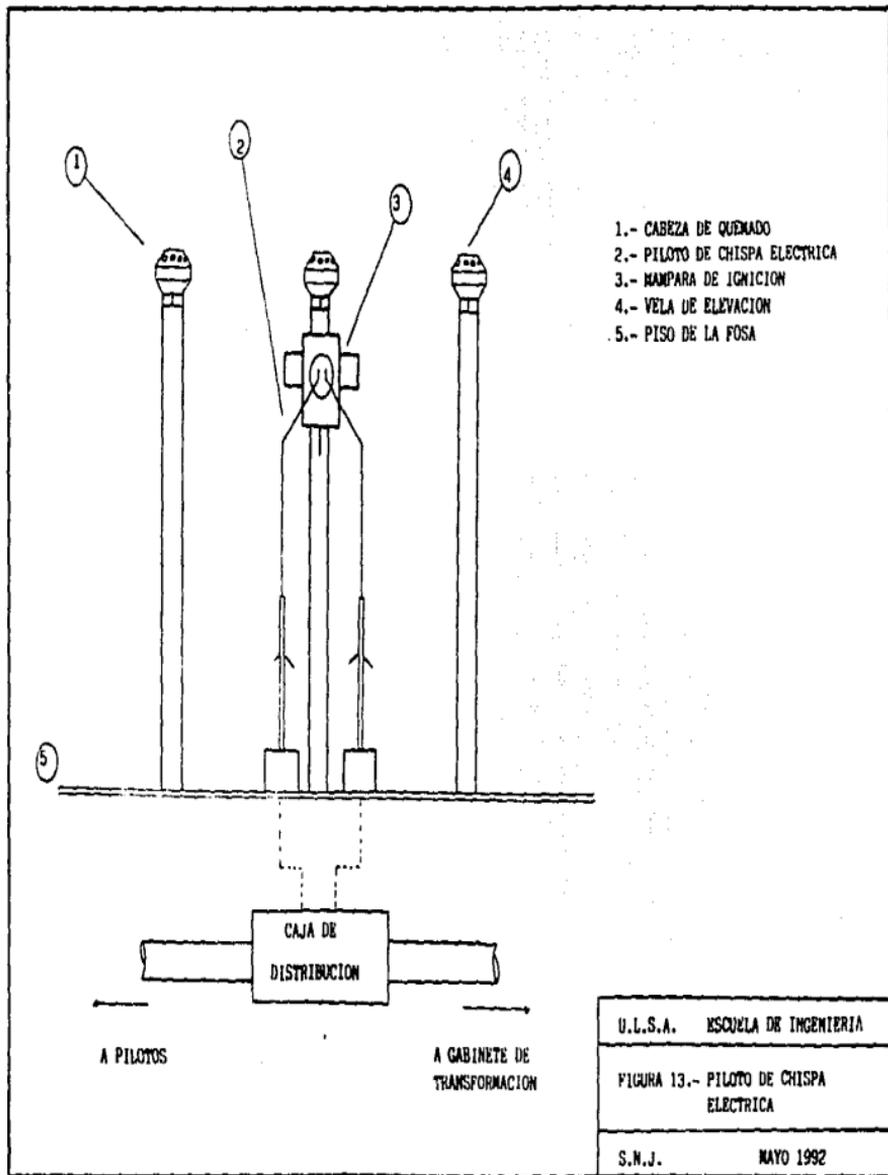
b) Solicitar al fabricante los manuales de mantenimiento y recomendaciones para el buen funcionamiento de las unidades de encendido.

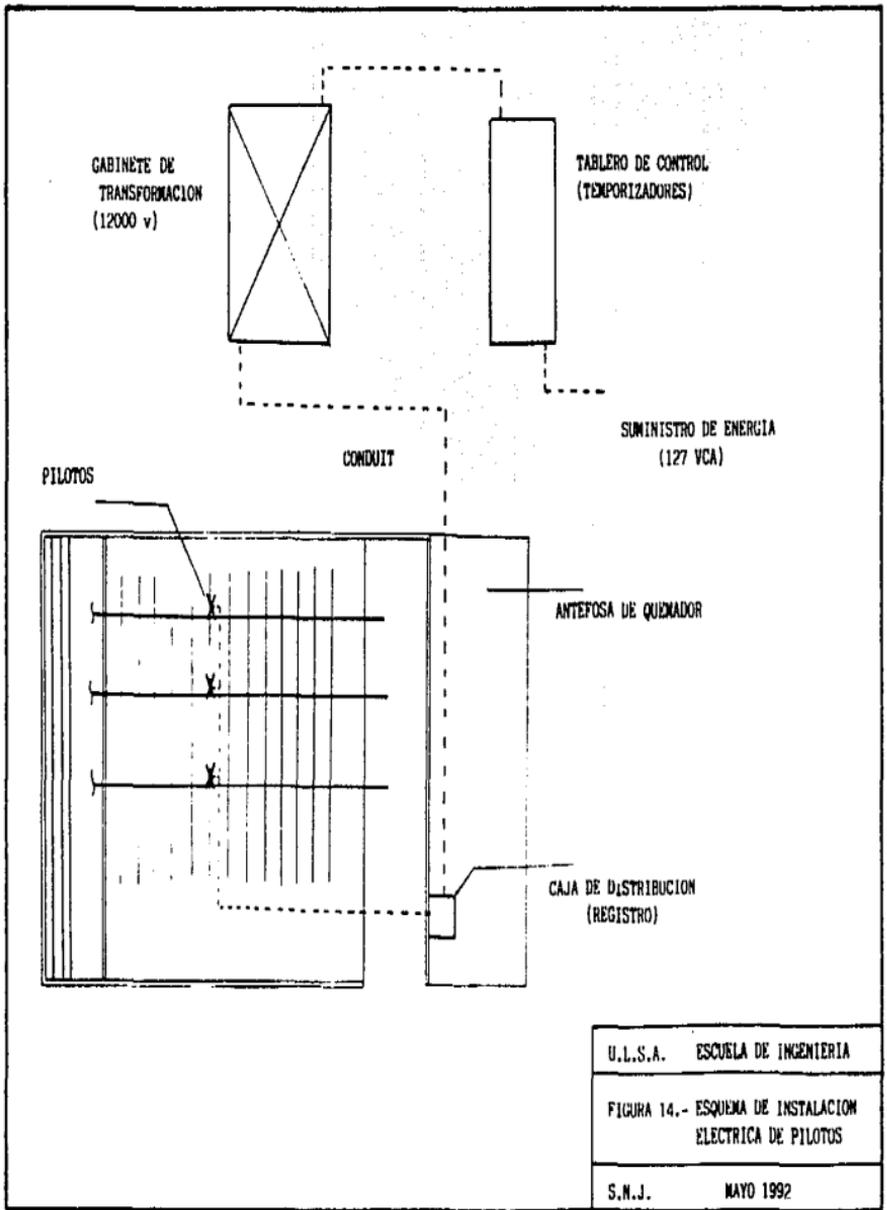
c) Al estar funcionando los encendedores en un quemador de cualquier tipo aunque sean totalmente automáticos es importante la inspección periódica por parte del personal para estar seguros de que se está trabajando correctamente. Este es un sistema moderno y de tecnología actual el cual simplifica en comparación de anteriores sistemas y proporciona seguridad en el encendido y ayuda considerablemente al ahorro de energía ya que sustituye al piloto de quema de gas natural por una simple chispa de alto voltaje.

Cabe aclarar que en años atrás existía desconfianza en

sistemas de éste tipo ya que muchas ocasiones llegaban a fallar porque los electrodos estaban sucios o llenos de carbón en este sistema el diseño ha proporcionado un efecto para lograr que no se encucien los electrodos y tengan un mínimo de mantenimiento.

Este tipo de encendido de quemadores es adaptable a cualquier tipo de quemador desde el quemador de fosa hasta el quemador elevado.





|   |                       |
|---|-----------------------|
| U.L.S.A.  | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 14.- ESQUEMA DE INSTALACION ELECTRICA DE PILOTOS |                       |
| S.N.J.  | MAYO 1992             |

#### **IV.2.- Sellos para flama.**

Uno de los factores de primordial importancia para la seguridad del personal y de la misma planta es la entrada de aire la cual puede provocar una mezcla explosiva dentro del quemador y poner en peligro a el personal, el equipo y la misma planta, por esa razón existen los siguientes dispositivos preventivos para el retroceso de flama.

En principio, una explosión de gas puede ser evitada removiendo las mezclas inflamables dentro del sistema, sin embargo ésta no siempre es posible porque en algún punto de operación del quemador, la flama estará bajo la franca influencia del viento, especialmente en sistemas de muy baja presión.

A continuación se describen los métodos para disminuir las posibilidades de un retroceso de flama.

#### IV.2.1.- Inyección de gas de purga.

El propósito de la inyección de gas de purga es barrer el aire que pueda entrar al sistema por efecto del viento. El gas de purga crea una condición en la cual el volumen de oxígeno libre no exceda del 6% cuando menos en 25 pies del lado interno de la boquilla, dando como resultado mezclas no explosivas.

Cualquier gas o mezcla de gases que no alcance el punto de rocío bajo cualquier condición de operación, puede ser utilizado como gas de purga.

Cuando se tengan sistemas de desfogue estáticos, a muy baja presión, o con muy poco flujo hacia el quemador debe de inyectarse un gas de purga con peso molecular menor de 29. El tiro de la chimenea del quemador debe ser cuando menos 2" de columna de agua.

Los sistemas de desfogue deben ser purgados completamente antes de ser operados con el objeto de barrer el aire contenido en él. El tiempo de barrido se estima con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo} = \frac{\text{volumen}}{\text{Flujo del gas de purga}}$$

Volumen es el total del sistema en pies cúbicos, incluyendo el cabezal de desfogue, los tanques separadores de líquidos, de sello y el quemador.

El flujo del gas de purga debe ser en pies cúbicos por hora.

#### IV.2.2.- Sello fluidico

La entrada de aire a la columna llena de hidrocarburos, podría resultar en una explosión de la columna del quemador. Como puede verse en la Figura 15 un sello fluidico consiste en una serie de baffles o mamparas orientadas de tal manera que la corriente de aire que pueda entrar en la boquilla, regrese por las paredes de la misma.

El baffle origina que el gas salga por el centro de la boquilla creando un flujo positivo hacia la salida. Este efecto puede ser reforzado por el empleo de un gas de ayuda o gas de purga, una cantidad de aire está entrando deslizándose por la pared de la boquilla. Este aire es regresado por el primer baffle y reducido por el segundo, tercer y cuarto baffle progresivamente.

Para evitar la penetración de aire se utiliza un sello fluidico ya que reduce drásticamente los requisitos de gas de purga y desempeña un papel importante en la conservación de la energía. Otra entrada de aire a la columna menos evidente pero mucho más peligrosa, es la fuga de aire con flujo de purga bajo o nulo.

Si la columna de quemador contiene gas de desecho de baja densidad (peso molecular bajo o temperatura alta) o se purga a régimen de flujo muy bajo, la caída de presión por fricción en la columna es menor que el tiro de flotación de gas. El resultado es presión negativa en la base de la columna.

Cualquier fuga de aire por las conexiones, bridas o bocas de

inspección podría producir una mezcla explosiva en la columna. La mejor solución al problema de fuga de aire es un cabezal de quemador hermético y un sistema seguro de vigilancia y alarma del oxígeno.

El sello fluídico reduce la utilización de gas de purga a una cuarta parte.

DESFOGUES

BOQUILLA DE  
QUEMADO

AREA DE  
FLAMA

CONOS DEFLECTORES  
(ACERO AISI 310)

U.I.S.A. ESCUELA DE INGENIERIA

FIGURA 15.- SELLO FLUIDICO  
CONOS DEFLECTORES

S.N.J. MAYO 1992

#### IV.2.3.- Sello molecular.

Un sello preventivo del retroceso de flama similar al de los deflectores cónicos es el sello molecular el cual se emplea en los quemadores elevados.

Este tipo de sello utiliza una doble curvatura tipo "U" invertida una hacia otra (Figura 16), para prevenir el paso de flujo de aire hacia el interior del quemador.

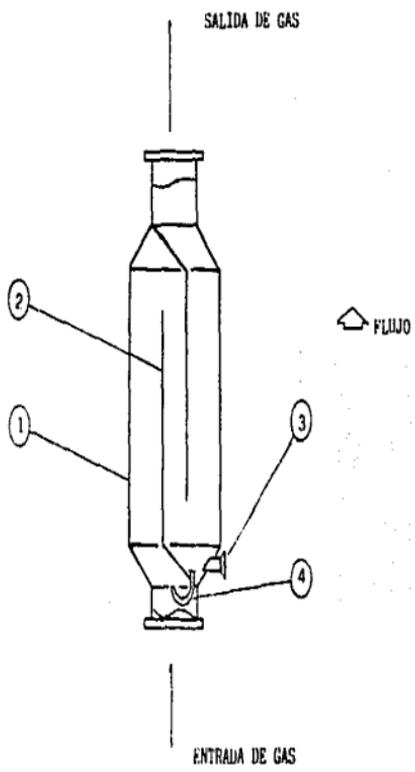
A pesar de su efectividad el sello molecular tiene algunas desventajas:

- 1.- Es muy pesado y grande debido a la complejidad de sus pasajes.
- 2.- Requiere una estructura más fuerte y costosa.
- 3.- Su eficiencia se ve reducida si sus pasajes se llenan parcialmente de agua y aunque se pueda drenar completamente, remover el aislamiento requiere un alto costo de mantenimiento.
- 4.- Se requiere de mayor volumen de gas de purga, éste requerimiento aumenta en alto viento, oscilación o alguna contracción térmica.

La oscilación es causada por algún cese repentino de la corriente de gas, ya sea total o parcialmente. La columna de gas continua su viaje a través de sistema, cuando la columna de gas salga por el quemador será creada una zona de baja presión ocasionando que el aire entre al sistema. Esta entrada de aire es controlada por el sello molecular porque la caída de presión a través del sello es igual en ambas direcciones.

La contracción térmica también arrastra aire al quemador, cuando la flama se apague , el gas se enfriará rápidamente, la contracción en el gas creará una baja presión en una zona vulnerable al flujo del aire circundante. El problema se agrava por lluvia especialmente porque se acelera el proceso de enfriamiento.

Durante una operación normal, la lluvia no interferirá con la operación del sello molecular, sin embargo, si el área del sello se encuentra tapada, podrá ocurrir explosiones en la zona de baja presión. Un dren abierto inadvertidamente podrá dar como resultado una pérdida de gas a la atmósfera.



- 1.- CILINDRO EXTERIOR
- 2.- MAMPARAS
- 3.- BOQUILLA DE INSPECCION
- 4.- DREN

|                             |                       |
|-----------------------------|-----------------------|
| U.L.S.A.                    | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 16.- SELLO MOLECULAR |                       |
| S.N.J.                      | MAYO 1992             |

#### IV.2.4.- Sello tipo "U"

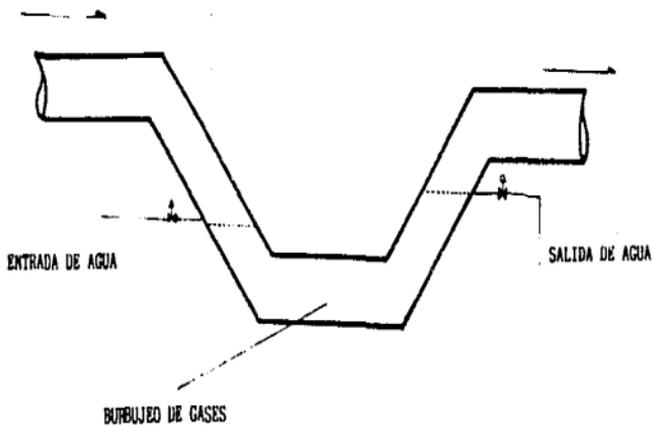
Este tipo de sello tiene una doble función, la de detener en determinado momento una bola de fuego generada en la columna de desfogue y para retener partículas sólidas que arrastre el gas.

Consiste en un arreglo en la tubería de desfogue colocado a no más de 4 metros de la boquilla de quemado en la cual se hace bajar la tubería a 45 grados continuarla a raz del piso no más de 80 cm y sube a 45 grados lo necesario para continuar a la salida ya sea a un quemador de campo o a el cabezal de un quemador de velas.(Figura 17).

Se inyecta agua a la llamada "U" la cual va a circular dentro de ella, el gas va a tener que romper el sello de agua el cual va a estar solamente a 1" de columna de agua.

DESFOQUE DE GASES

A CABEZAL PRIMARIO



EE

|   |                       |
|---|-----------------------|
| U. L. S. A.                                   | ESCUELA DE INGENIERIA |
| FIGURA 17.- SELLO "U" PARA RETROCESO DE FLUJO |                       |
| S. N. J.                                      | MAYO 1992             |

## V.- BENEFICIOS ECOLOGICOS.

Hay que tomar en cuenta que en el tiempo que estamos viviendo la contaminación de nuestro entorno se acrecenta día con día, sólo se necesita caminar por una de nuestras zonas urbanas e industrializadas para ver la suciedad ocasionada por primera instancia de la contaminación del aire. Los edificios cubiertos por hollín, las ventanas y parabrisas sucios, las telas manchadas, la ropa que hay que limpiar después de dejarla secar, la cara sucia, las superficies metálicas corroidas y de muchos otros efectos fáciles de observar.

Debido principalmente a las empresas de altas emisiones contaminantes y a la gran concentración de vehículos automotores se tiene la consecuencia de los altos niveles de contaminación que estamos padeciendo en la actualidad.

Una de las principales empresas que contribuye a la contaminación es la que refina el petróleo ya que en nuestro país el proceso de modernización de las plantas de proceso es lento y muy caro. Por tal motivo las emisiones son mayores y consecuentemente sus desfogues de gases de desecho son elevados y por las mismas circunstancias sus sistemas de control de los gases de desfogue son precarios.

En las refinerías y complejos petroquímicos de México la manera que se tiene para eliminar los gases de desfogue es por medio de su incineración y el objetivo del presente trabajo es un control más eficiente de la incineración de estos gases.

Como ya se ha expuesto en el desarrollo de este trabajo los medios por los cuales se puede hacer una incineración más eficiente disminuyendo las altas emisiones de humos y partículas contaminantes a la atmósfera y contibuyendo de cierta manera a un control más efetivo de la contaminación ambiental.

Principalmente porque los quemadores provocán en el entorno en donde se encuentran ubicados ambientes agresivos para la vida es de primordial importancia un estudio para lograr una eliminación definitiva de estos sistemas y lograr la recuperación de los gases de desecho, pero a la fecha esto costaría grandes cantidades de dinero lo cual nuestro país no esta todavía en posibilades de hacerlo lo que tiene que provocar que en las plantas de se optimicen los procesos para lograr mayor eficiencia y así bajar la emisión de gases de desfogue.

## VI.- RESUMEN

En las actividades que se desarrollan dentro de una planta de refinación debe atenderse primordialmente la seguridad industrial, con el fin de proteger prioritariamente al personal que las opera y a las instalaciones.

Con el fin de obtener una combustión más eficiente reduciendo las emisiones de contaminación se han considerado diferentes tipos de quemadores de gases de desecho que han sido diseñados de tal manera que reduzcan considerablemente las emisiones de contaminación.

Es muy importante conocer y determinar el volumen de gases de desfogue que se obtienen en la refinería a fin de determinar las características para decidir el diseño del equipo a usar.

El quemador que se presenta como el más eficiente y menos riesgoso a la seguridad es el de tipo elevado con la limitación que sólo maneja volúmenes no muy grandes y un quemador de campo que maneje mayor volumen y con eficiencia es el de velas.

La debida implementación de dispositivos de seguridad en los distintos tipos de quemadores para lograr una funcionalidad lo más seguro posible como son los dispositivos de retroceso de flama, sellos líquidos y encendido seguro.

En cuestión de mantenimiento se debe de cuidar que en los diseños las piezas que se dañen con el continuo uso sean hechas con características de fácil cambio para facilitar el remplazo de estas en el tiempo más corto debido a que los

sistemas de quemado de gases de desfogue son de servicio continuo y las reparaciones se deben de efectuar lo más rápido posible. Es por tal motivo que más sencillo es programar la reparación de un quemador al mismo tiempo que cuando está programado un paro de planta para mantenimiento.

## CONCLUSIONES

El trabajo aquí presentado se proponen básicamente algunas modificaciones y equipos modernos llamados en lo principal de seguridad industrial para los sistemas de quemado de gases de desfogue que producen las plantas de proceso de las refineries y complejos petroquímicos principalmente.

La presentación de este trabajo se concreta a mencionar la falta de seguridad que existe en algunos de los sistemas de incineración de gases de desecho y las distintas opciones que existen para satisfacer esa falta de seguridad y ayudar a controlar las altas emisiones de contaminantes que se emiten y afectan a la ecología.

Con motivo de la modernización tecnológica que se presenta en la actualidad es posible adaptarla a los procesos actuales de México lo cual podrá eficientar de tal manera los procesos que los desfogues se podrán disminuir a un mínimo lo cual beneficiaría notablemente en los aspectos económicos y de ahorro de energía a la industria.

Cada persona debe de estar conciente para prevenir y a la vez evitar dichas emisiones, ya que el proceso de refinación del petroleo crudo provoca índices de contaminación elevados que afectan el medio ambiente y la ecología en la cual se desarrolla la humanidad por tal razón es indispensable y no aplasable el tomar en cuenta todas y cada una de las opciones que existen para disminuir las elevadas emisiones de contaminantes que se producen.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- KENT, G.R.  
HYDROCARBON PROCESSING & PETROLEUM REFINER.  
PRACTICAL DESING OF FLAIR STAKS  
AGOSTO 1964, VOL. 43, No. 8.
  
- 2.- VANDERLINDE LEO, G.  
HYDROCARBON PROCESSING & PETROLEUM REFINER.  
SMOKELESS FLAIRES  
OCTUBRE 1974, VOL 80, No. 10.
  
- 3.- STRAITZ, J. F.  
PETROLEO INTERNACIONAL  
DISTINTIVOS DE DISEÑO QUE OPTIMIZAN LAS TEAS SIN HUMO  
JULIO DE 1981
  
- 4.- DEPARTAMENTO DE PROCESO  
APUNTES SOBRE QUEMADORES DE CAMPO  
REFINERIA "MIGUEL HIDALGO", TULA, HGO.  
SEPTIEMBRE 1979
  
- 5.- STRAITZ, J.F.  
PETROLEO INTERNACIONAL  
ADECUADO FUNCIONAMIENTO DE UN QUEMADOR DE GASES  
JULIO 1981

6.- DEPARTAMENTO DE PROCESO, SUPERINTENDENCIA GENERAL

APUNTES SOBRE QUEMADORES DE CAMPO

REFINERIA "ANTONIO M. AMOR", SALAMANCA GTO.

FEBRERO 1976.