

57²⁰

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



DIMENSIONAMIENTO DEL CABEZAL DE DESFOQUE Y QUEMADOR PARA EFLUENTES GASEOSOS

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
ROBERTO LUIS KRAUSE NANTILLA

MEXICO, D. F.

RECEIVED
FALLA DE QUIMICA
1968



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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 SISTEMATICO

CAPITULO 1.- INTRODUCCION

CAPITULO 2.- DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS DE RESERVO

- 2.1.- Generalidades
- 2.2.- Clasificación
- 2.3.- Definiciones Básicas
- 2.4.- Criterios de Selección
 - 2.4.1.- Influencia de las Propiedades
 - 2.4.1.1.- Propiedades Químicas y Físicas
 - 2.4.1.2.- Propiedades Fisiológicas
 - 2.4.2.- Descargas Atmosféricas
 - 2.4.2.1.- Emisión de Vaporas
 - 2.4.2.2.- Exposición a Vaporas Tóxicas/Corrosivos
 - 2.4.2.3.- Ignición de la Corriente de Reservo
 - 2.4.2.4.- Nivel de Ruido
 - 2.4.2.5.- Contaminación Ambiental
- 2.5.- Eliminación con Quemadores
 - 2.5.1.- Propiedades de Combustión
 - 2.5.1.1.- Propiedades de Flama
 - 2.5.1.2.- Humo
 - 2.5.1.3.- Radiación
 - 2.5.1.4.- Métodos de Combustión
 - 2.5.2.- Tipos de Quemadores
- 2.6.- Tipos de Quemadores
 - 2.6.1.- Quemador Elevado
 - 2.6.2.- Quemador de Campo
 - 2.6.3.- Quemador sin Humo
- 2.7.- Dispositivos para el Reservo de Presión
 - 2.7.1.- Válvulas de Seguridad/Reservo
 - 2.7.2.- Discos de Ruptura
 - 2.7.3.- Causas de Sobrepresión

CAPITULO 3.- METODOLOGIA DE DISEÑO

- 3.1.- Dimensionamiento del Cabedal
 - 3.1.1.- Criterios de Diseño
 - 3.1.2.- Estrategia de Análisis por Tramos
 - 3.1.3.- Selección del Método de Cálculo
 - 3.1.3.1.- Ecuación de continúo
 - 3.1.3.2.- Ecuación de Crocker
 - 3.1.3.3.- Ecuaciones de Velocidad
 - 3.1.3.4.- Ecuaciones de Factor de Fricción
- 3.2.- Dimensionamiento del Quemador
 - 3.2.1.- Diámetro
 - 3.2.2.- Altura
 - 3.2.3.- Análisis Gráfico de Parámetros
 - 3.2.4.- Efecto del Viento
 - 3.2.5.- Dispersión de Gases
- 3.3.- Algoritmo de Cálculo
 - 3.3.1.- Nomenclatura

CAPÍTULO 4.- DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA

- 4.1.- Arranque del Programa
- 4.2.- Menú Principal
 - 4.2.1.- Captura de Datos
 - 4.2.1.1.- Editar Datos
 - 4.2.1.2.- Introducir Datos
 - 4.2.1.3.- Cargar y Guardar a Disco
 - 4.2.2.- Captura de Complementos
- 4.3.- Dimensionamiento del Cabezal
 - 4.3.1.- Propiedades Proceso
 - 4.3.2.- Factor de Fricción
 - 4.3.3.- Velocidad de Salida
 - 4.3.4.- VÁLVULA de Seguridad
 - 4.3.5.- Accesorios
 - 4.3.6.- Resultados
- 4.4.- Dimensionamiento del Quemador
 - 4.4.1.- Captura de Datos
 - 4.4.1.1.- Radiación permisible
 - 4.4.1.2.- Factor ambiental
 - 4.4.2.- Resultados
- 4.5.- Unidades

CAPÍTULO 5.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

- 5.1.- Confiables
- 5.2.- Ejemplo Ilustrativo
- 5.3.- Conclusiones

APÉNDICE A

APÉNDICE B

CAPÍTULO 6.- BIBLIOGRAFÍA

SUMARIO

CAPITULO 1: En el se presenta la justificación, objetivos e importancia del proyecto realizado como tesis.

CAPITULO 2: Trata sobre las generalidades de los sistemas de desarrollo así como sus constituyentes principales.

CAPITULO 3: Se describe la metodología empleada para la elaboración del programa. Se explican las ecuaciones y el algoritmo de cálculo.

CAPITULO 4: Se encuentra una descripción detallada del programa y ejemplos de cómo se observan las pantallas de captura y de resultados.

CAPITULO 5: Versa sobre el análisis y discusión de los resultados obtenidos en una corrida de prueba.

CAPITULO 1.- INTRODUCCION

Hoy en día el uso de computadores y programas de aplicación han tenido un singular impacto en muchos aspectos del conocimiento científico y humano. Un ejemplo de ello es la gran aplicación que tienen los microprocesadores en la Ingeniería Química.

Anteriormente muchas rutinas o algoritmos de cálculo para el dimensionamiento de equipo se basaban en métodos de prueba y error. Ello requería de muchas operaciones manuales consecutivas hasta obtener un resultado aceptable, no siempre cercano al óptimo. Hoy en día, es posible utilizar las mismas técnicas con la diferencia de que se emplea solo una fracción del tiempo original, además de que el resultado es casi siempre el mejor. Esto no sería posible sin el gran avance tecnológico que se ha manifestado desde hace una década a través de equipos computacionales modificados y mejorados. La aparición de microprocesadores más rápidos y lenguajes de programación más versátiles nos permiten encontrar soluciones rápidas a problemas que antaño requerían de un gran soporte técnico y humano. Sea un ejemplo de lo anterior el programa que como título de esta Tesis presento: Dimensionamiento del Cabecal de Desfogos y Quemador para Efluentes Gaseosos.

IMPORTANCIA

El uso del cabecal de desfogos como elemento de seguridad es particularmente importante en industrias donde se manejan hidrocarburos o sustancias inflamables, tóxicas o corrosivas. Su empleo proporciona seguridad a los empleados, a personas ajenas a la instalación y en última instancia a los equipos, al tiempo que se cuida al medio ambiente de emanaciones peligrosas. A pesar de ser un servicio de apoyo, es un elemento primordial que siempre debe tomarse en cuenta cuando el proceso así lo requiere.

OBJETIVOS

Al realizar esta tesis se cumplieron dos objetivos. En primer lugar, se desarrolló un sistema computacional para dimensionar equipo (cabezal, tuberías y quemador) y evaluar parámetros y propiedades (diámetro del cabezal y quemador, presión de entrada y de salida, velocidad crítica, altura del quemador, etc. como se explica con detalle más adelante). En segundo lugar, se cumplió el propósito de aplicar conocimientos de flujo de fluidos, adquiridos durante la formación profesional.

ALCANCE

El programa dimensiona dos partes fundamentales de un sistema de cenizas: las tuberías que conforman al cabezal y el quemador. Adicionalmente se evalúan otros parámetros y propiedades que en un momento dado permiten tomar decisiones. Al final del programa se obtienen resultados impresos, permitiendo de esta manera analizarlos y hacer ajustes al sistema conforme se vaya requiriendo.

En cada ejecución del programa se señalan los datos que se requieren alimentar, y las suposiciones que pueden hacerse cuando no existe suficiente información. El único dato que siempre se supone como punto de partida es el diámetro de cada tramo del cabezal.

La estructura modular del programa permite añadir secciones que se relacionen con este tipo de sistemas de seguridad, consolidando con el tiempo un sistema más completo y ventajoso.

CAPÍTULO 2.- DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE DESFOQUE

2.1.- GENERALIDADES (12,13)

Actualmente se requiere de industrias no solamente eficientes y productivas sino sobre todo seguras. La seguridad es un elemento fundamental en la industria química y debe considerarse desde el diseño de la planta hasta la construcción, operación y mantenimiento de la misma.

La seguridad se brinda a través de diferentes formas, pero aún así, pueden darse casos en que se crean riesgos por el proceso en sí o por una falla inadvertida de operación. Uno de los mayores riesgos que pueden crearse por el proceso mismo es el aumento excesivo de presión, el cual puede provocar la fractura y explosión de equipo.

La presión se puede elevar por distintas causas y puede abatirse por diferentes métodos, caso por ejemplo por medio de un control de presión o un venteo manual. Sin embargo, el método más efectivo es el sistema de relevo o cabezal de desfogue.

Un sistema de relevo tiene como objetivo principal proteger al equipo y al personal. Los equipos se diseñan para resistir una presión máxima a ciertas condiciones de operación. Esta presión máxima está dada en función de las condiciones máximas de operación. En el caso de plantas que ya se encuentran operando y en donde se requiere efectuar cambios en las condiciones de operación, la presión de operación estará determinada por las características mecánicas del equipo. Cuando existe la posibilidad de que dicha presión sea excedida por alguna falla, el exceso de presión se evita desalojando una cierta cantidad de fluido a través de un sistema de relevo.

El sistema de relevo es un conjunto de diferentes elementos, entre los que destacan el cabezal principal y tuberías asociadas, el quemador, los tanques de separación y tanques de sellos, sellos

moleculares, válvulas de seguridad, etc, los cuales se mencionan en el Capítulo 3.

Las condiciones que debe satisfacer un sistema de relevo son: proteger al personal, disminuir las pérdidas de energía durante y después de una falla operacional, disminuir las pérdidas de tiempo ocasionadas por el evento, prevenir daño al equipo, prevenir daños a propiedades circunvecinas y acatar los reglamentos locales.

3.2.- CLASIFICACION (11)

De acuerdo a la forma de disponer de la masa relevada, el sistema de desfogue puede ser cerrado o abierto. Se le llama sistema cerrado o quemador a aquel sistema cuyo fluido relevado no debe estar en contacto directo con la atmósfera. Este sistema consta de un cabezal y ramales a los cuales se integran las descargas de los distintos dispositivos. El sistema cerrado posee la ventaja inherente de ser el más seguro, pero debido al quemador, al cabezal y a los ramales de interconexión al mismo, no resulta ser el más económico.

El sistema abierto es aquel en el que la masa relevada está en contacto directo con la atmósfera. Para ello, es necesario que la sustancia relevada no reaccione químicamente con el aire y que no forme neblinas explosivas, no inflamables, no tóxicas ni contaminantes con él. Si los vestes a la atmósfera son de alguna manera peligrosos o si la localización de los equipos impide la descarga a la atmósfera, se debe recurrir a sistemas de relevo cerrados. De lo anterior se concluye que se utilizan sistemas abiertos en donde se emplean fluidos como agua, aire comprimido, vapor de agua, etc. que únicamente deben satisfacer los requerimientos de ruido durante la descarga. Algunos hidrocarburos pueden relevarse directamente a la atmósfera, dependiendo de su difusión en el aire. Algunos de los equipos susceptibles de ventearse a la atmósfera son los que manejan

gases de bajo peso molecular y aquellos cuyas descargas se encuentran en lugares altos, o que manejen gases no inflamables, no contaminantes, no tóxicos ni explosivos.

Los gases de vapor que tienen condensables pueden conducirlos hacia un burbujeo con agua de manera que se condense la fracción condensable. Los incondensables pueden descargarse directamente a la atmósfera o hacia un quemador. Para este último caso es necesario colocar un tanque separador antes del quemador para impedir que pase líquido que pudo haberse arrastrado y condensado en la corriente.

1.3.- DEFINICIONES BÁSICAS (10)

A continuación se presentan algunos de los términos que con mayor frecuencia se emplean al referirse a los sistemas de desfogos.

1.- Presión de Diseño. Es la presión empleada en el diseño del tanque o equipo para determinar el espesor mínimo permisible y/o ciertas características mecánicas.

2.- Presión de Operación. Es la presión a la que comúnmente se encuentra operando el equipo. Un equipo de proceso tiene normalmente una máxima presión permisible de operación, la cual proporciona un intervalo apropiado por encima de la presión de operación, de manera que se proteja contra operaciones inusuales.

3.- Presión de Ajuste. Es la presión de entrada al dispositivo de seguridad a la que éste se ajusta para que se abra y entre en servicio.

4.- Sobrepresión. Es el aumento de presión sobre la presión de ajuste de la válvula.

5.- Presión de Ruptura. Es la presión bajo la cual un disco de ruptura entra en operación, fracturándose para dar paso a la masa relevada.

6.- Válvula de Relieve Balanceada. Es un tipo de válvula que incorpora dispositivos mediante los cuales se minimiza el efecto de contrapresión en sus características de operación. Las válvulas se describen con mayor amplitud en el Capítulo 3.

7.- Válvula de Relieve Convencional. Una válvula de este tipo tiene un bonete cerrado y comunicado con la descarga de la válvula. Por lo mismo, sus características de operación se ven afectadas directamente con la contrapresión ejercida en la válvula.

8.- Acumulación. Se refiere al aumento de presión por arriba de la máxima presión permisible de operación del equipo.

9.- Descarga Atmosférica. Es la descarga de vapores o de gases provenientes del sistema deprimado hacia la atmósfera.

10.- Contrapresión. Es la presión existente a la salida de la válvula de relave o elemento de relave.

11.- Contrapresión Acumulada. Se la denomina así a la presión ejercida por otros sistemas de relave sobre la salida de algún elemento de relave. Así, cuando una válvula de relave entre en operación y en otra parte del sistema otra válvula descargue, ambas sufrirán un efecto de presión en sus respectivas salidas.

2.4.- CRITERIOS DE SELECCIÓN (18)

La selección del método de desfoque depende de factores que pueden ser específicos de una localización particular. A continuación se mencionan algunos de los criterios considerados durante el diseño.

2.4.1.- INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL FLUIDO

2.4.1.1.- PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS

Es de vital importancia considerar el punto de ebullición súbito (flash point), límites explosivos, temperatura de ignición, etc. de

los fluidos con los que se piensa trabajar.

2.4.2.2.- PROPIEDADES FISIOLOGICAS

El factor que merece atención especial en esta categoría es la toxicidad. Se define como toxicidad al grado al cual una sustancia se vuelve venenosa para el organismo humano. Los límites tóxicos denotan la máxima concentración susceptible de tolerarse en el aire durante un tiempo limitado sin riesgo de sufrir efectos tóxicos. Del mismo modo, deben considerarse los olores, humos y ruido, como un índice en 2.5.1.

2.4.2.3.- DESCARGA ATMOSFERICA

En muchos casos, es posible desfogar ciertas corrientes gaseosas directamente a la atmosfera de manera segura. Esto resulta sumamente conveniente y ventajoso en sistemas de relevo, gracias a su simplicidad de operación, economía y seguridad. La decisión de desfogar vapores de corrientes flambles debe estudiarse detenidamente para asegurarse de que el desfogue no ocasiona riesgos o problemas como: formación de mezclas flambles a nivel de piso o en estructuras elevadas, exposición del personal a vapores tóxicos o sustancias químicas corrosivas, ignición de las corrientes de relevo en el punto de emisión, niveles elevados de ruido, contaminación ambiental, etc.

Para poder evaluar los daños potenciales de mezclas flambles resultantes de un desfogue atmosférico de hidrocarburos es muy importante considerar el estado físico del material, ya que el comportamiento de una emisión de vapores es completamente diferente al de un líquido. Entre ambos extremos existe una gama intermedia de mezclas vapor-líquido donde se forman nieblas o dispersiones.

3.4.3.1.- EMISION DE VAPORES

Cuando las corrientes de relevo atmosférico están formadas por hidrocarburos, se crearán mezclas que se encuentran dentro de límites flamables. Para disminuir el riesgo, es importante considerar la efectividad con la que el material se mezcla con el aire y se diluye en el a concentraciones que no presenten riesgos. Una evaluación completa requiere la consideración de: velocidad y temperatura del gas de salida, peso molecular y flujo del mismo, condiciones meteorológicas predominantes (sobre todo condiciones adversas características del lugar), topografía, presencia de estructuras cercanas y elevación a la cual la emisión entra en contacto con la atmósfera.

Una velocidad de salida alta es adecuada para alcanzar una dispersión rápida. Para casos en donde la válvula de relevo opere a la capacidad máxima o cerca de ella, es posible alcanzar velocidades de descarga de 500 ft/seg.

3.4.3.2.- EXPOSICION A VAPORES TOXICOS/CORROSIVOS

Aunque la mayoría de las corrientes gaseosas son dañinas a concentraciones elevadas, casi todas presentan un riesgo mínimo para el personal cuando la descarga final se encuentra en un lugar alejado. Una persona puede tolerar una exposición corta a la mayoría de los vapores de hidrocarburos a concentraciones equivalentes o por encima del límite inferior de flammabilidad.

Sin embargo, ciertas corrientes provenientes de las refinarias pueden contener vapores sumamente venenosos a concentraciones bajas, como es el caso de sulfuro de hidrógeno que puede ocasionar inconsciencia a los diez segundos siguientes al contacto, si la concentración es superior a 1,000 ppm.

Cuando se encuentren presentes sustancias de riesgo similar, es conveniente realizar una investigación que permita reducir la misma concentración visto abajo en un sitio donde el personal pueda estar expuesto a él. Se debe prestar atención a estructuras elevadas adyacentes que se encuentran al paso de la pluma y que por consiguiente están sujetas a concentraciones relativamente altas.

Cada situación en donde puedan ocurrir emanaciones de sustancias tóxicas hacia la atmósfera debe analizarse minuciosamente. Como la toxicidad varía en cada sustancia, se debe determinar en primera instancia la máxima concentración que puede ser tolerada por el organismo. Si nos basamos en el tiempo de exposición, el límite permisible puede variar según la exposición. Una concentración elevada suele tolerarse más en estructuras elevadas o en sitios donde se puede evacuar rápidamente, a diferencia de áreas de operación en donde el personal de trabajo debe permanecer en sus puestos durante alguna emergencia. Es posible controlar entre 5 a 10 minutos a la mayoría de los eventos que pueden ocasionar una situación de emergencia (sobrepresión). La duración de la emergencia dependerá del proceso y del equipo de que se trata. Por ejemplo, cuando la causa de una sobrepresión es originada por la operación de una bomba, ésta puede eliminarse apagando la bomba o compressor. De 10 a 30 minutos deben ser suficientes para controlar una situación de emergencia cercana a estallar.

2.4.2.3.- IGNICION DE LA CORRIENTE DE RELEVO

Existen cuatro posibles causas de ignición de una corriente de relevo constituida, en su mayoría, por hidrocarburos. En base a ellas se puede analizar la posibilidad de accidentes y la manera de

evitarlas cuando sea posible.

1.- Exposición a Superficies Calientes o a Llamas. Existe la posibilidad de que se encuentren presentes estos elementos en terrenos circosvecinos. Los puntos de emisión deben localizarse de manera que la atmósfera fluyente no esté en contacto con estos puntos de ignición. Esta situación debe evitarse seleccionando adecuadamente el terreno.

2.- Rayos. Se ha comprobado que descargas eléctricas han encendido corrientes de viento atmosférico. A excepción de las descargas de emergencia asociadas con la interrupción de energía eléctrica (las cuales pueden ocurrir durante una tormenta), la probabilidad de que ocurra simultáneamente la apertura de una válvula de relevo y exista presencia de rayos, es prácticamente despreciable. La probabilidad de que se enciendan cuenta para las descargas continuas o cuando existan fugas en las válvulas de relevo.

3.- Electricidad Estática. Durante las descargas a gran velocidad en los pozos de gas hacia la atmósfera se genera suficiente carga estática como para ocasionar un chispeo y en seguida la ignición. La experiencia demuestra que las corrientes con alto contenido de hidrógeno son susceptibles a prenderse por estática, debido a la descarga electrostática al final del equipo de viento. La Agencia Nacional de Aeronáutica y Administración Espacial (NASA) investigó el fenómeno y encontró que dichas cargas pueden prevenirse instalando un anillo toroidal al final de la torre de viento. El anillo inhibe el flujo de corriente en el labio del viento, eliminando las causas de turbulencia provocadas por el final abrupto.

4.- Autoignición. La ignición del hidrógeno proveniente del demogueo puede también ocasionarse como resultado de la reacción química entre el hidrógeno y los óxidos de hierro que son comunes en

los tanques y en las tuberías. Cuando partículas diminutas de ácidos de fierro son arrastras hasta tener contacto con el oxígeno de la atmósfera, ocurre una reacción exotérmica.

Liberación de Escoria. Es posible que ocurra una explosión ocasionada por la acumulación e ignición de una masa gaseosa. Debe tenerse la precaución de evitar cualquier confinamiento de gas liberado, ya que éste a su vez puede ocasionar un incremento de presión y provocar una autoignición. Una evaluación completa debe abarcar la proximidad de edificios o densidad de equipo que puedan ocasionar confinamiento. El potencial global de accidentes se puede relacionar directamente con la cantidad total de gas liberado, o más aún, la cantidad total de mezcla aire-hidrocarburo que puede acumularse dentro de los límites flangeables corriente abajo al punto de emisión.

2.4.2.4.- NIVEL DE RUIDO

El ruido que se genera por una válvula de relevo que descarga puede ser lo suficientemente alto como para ocasionar daños permanentes en el sentido auditivo. Los límites tolerables de ruido han sido establecidos por la "American Conference of Governmental Industrial Hygienists" (ACGIH). En un sistema de relevo existen dos situaciones que pueden ocasionar ruido excesivo: las válvulas de seguridad en condiciones de flujo y la descarga por el cabesal hacia la atmósfera. Como se espera que los sistemas de desfogos entren en operación durante algunas fallas (la cual debe ser de corta duración y poco frecuentes), el límite de intensidad global de ruido debe de ser 115 db (sin protectores de oído). Las exposiciones prolongadas y repetitivas pueden evaluarse mediante el valor límite de ruido establecido por la ACGIH. La intensidad de ruido debe referirse a

Áreas donde normalmente labora el personal.

1.4.1.5.- CONTAMINACION AMBIENTAL

Los continuos problemas de contaminación en el medio ambiente son factores que ameritan un estudio serio. En general, los reglamentos permiten descargas atmosféricas únicamente cuando se trata de situaciones de emergencia. Se debe controlar la concentración a nivel de piso y en otras ubicaciones, a pesar de que los niveles para descargas ocasionales y de emergencia pueden ser mucho más altas que para emisiones prolongadas y continuas.

1.5.- ELIMINACION MEDIANTE QUEMADORES (10,12,17)

La función primordial de los quemadores es convertir los vapores tóxicos y/o inflamables en componentes de menor riesgo mediante la combustión. Esto puede lograrse con éxito empleando quemadores elevados o de campo. Este último se localiza a nivel del suelo. La selección depende de varios factores, como es la disponibilidad de espacio; características del gas: composición, cantidad y nivel de presión; aspectos económicos: inversión inicial, y costos de operación y mantenimiento.

1.5.1.- PROPIEDADES DE COMBUSTION

1.5.1.1.- PROPIEDADES DE FLAMA

Se puede considerar a la flama como una reacción química que ocurre en una zona definida. Existen básicamente dos tipos de flama: la flama de difusión que se pueden encontrar en quemadores convencionales; ésta ocurre durante la ignición de una corriente de combustible en el aire, y la flama acreada, la cual existe cuando tanto el combustible como el aire son premezclados antes de la ignición.

3.3.1.2.- HUMO

Las flamas que se generan como resultado de la combustión de varios hidrocarburos son laminares debido a partículas incandescentes de carbono que se forman. Bajo ciertas condiciones, estas partículas son liberadas de la flama luminosa en forma de humo. Las razones exactas así como los mecanismos por medio de los cuales se forma el humo no están entendidos por completo. Se puede afirmar con seguridad que el humo se forma durante la combustión de hidrocarburos, fuertemente cuando el sistema es rico en sustancias combustibles. Se ha observado que la eliminación de hidrógeno atómico de la flama tiene como consecuencia la eliminación de humo. Por consiguiente, es posible que la formación de humo se elimine o por lo menos reduzca por medio de reacciones que consuman los átomos de hidrógeno.

Existen métodos para reducir la cantidad de humo mediante la inyección de vapor de agua. Una de las teorías establece que el vapor separa las moléculas de hidrocarburos, minimizando la polimerización y formando compuestos con oxígeno, los cuales se queman a una velocidad reducida y a una temperatura tal que no favorezcan el proceso de polimerización. Otra teoría establece que el vapor de agua reacciona con las partículas de carbono para formar CO , CO_2 y H_2 de manera que se elimina el carbono antes de que se enfríe y forme humo.

3.3.1.3.- RADIACION

Efecto en Humanos. Se ha realizado un gran número de investigaciones encaminadas a determinar el efecto de radiación térmica sobre la epidermis del hombre. Stoll y Green (12) reportaron que el umbral de dolor se alcanza a una intensidad de $3,000 \text{ BTU}/\text{m}^2\text{-}t$ en 8 segundos, ocasionando espellamiento en 10 segundos. En la piel descubierta de ratas blancas, una intensidad igual a la

anterior produjo quemaduras en menos de 10 segundos. El mismo reporte indica que a intensidad de 7,100 $\text{Rtu/h}\cdot\text{ft}^2$ se ocasiona quemadura en 6 segundos.

La siguiente tabla dada por Bestiner (en concordancia con Stoll y Green) indica los tiempos de exposición necesarios para alcanzar al umbral de dolor en función de la intensidad de radiación.

Intensidad de Radiación ($\text{Rtu/h}\cdot\text{ft}^2$)	Tiempo al umbral de dolor (segundos)
440	infinito
530	80
740	40
920	30
1,500	18
3,100	9
3,000	8
3,700	4
4,100	3

Puede notarse que los niveles de radiación permisible son función del tiempo de exposición. Se deben considerar los factores de tiempo de reacción y movilidad humana. En situaciones de emergencia, el tiempo de reacción puede suponerse entre 3 y 5 segundos. Posiblemente se tomen otros 3 ó 10 segundos antes de que el individuo alcance protección o se aparte del área de riesgo. En total, se calcula un tiempo de exposición de entre 6 a 15 segundos.

Otro factor que debe considerarse con respecto a los niveles de radiación térmica es la protección adecuada que da al sujeto la ropa, de modo que esa poca el área expuesta por completo a la

radiación. Para el caso en donde la emanación se encuentre en un lugar elevado, el casco duro que normalmente se usa, suele ser suficiente para la protección del cuello y cabeza.

Al evaluar los posibles efectos de radiación se debe considerar a personas ajenas a la planta, las cuales pueden estar expuestas estando en la planta o fuera de ella.

Efecto sobre el Equipo. Los recipientes de proceso y de almacenamiento se protegen de la sobrepresión que se genera como resultado de fuego externo con dispositivos de relave. La capacidad de los dispositivos de relave debe ser adecuada de modo que permitan el escape adecuado de vapores que se generen como resultado de la entrada de vapor al recipiente por medio de fuego abierto o falla operacional.

2.2.1.4.- METODOS DE COMBUSTION

La eliminación de gases combustibles por medio de combustión está acompañada por dispositivos llamados quemadores. Los quemadores pueden utilizarse ventajosamente para eliminaciones continuas y rápidas de escapes de flujo gaseoso y para grandes descargas de gas en caso de emergencia. La chimenea debe diseñarse de manera que opere sin trazo, cuando esto sea posible, o por lo menos para la mayoría del intervalo del flujo gaseoso que se espera manejar. Para ello se debe considerar un aporte suficiente de vapor en el quemador. Otros requerimientos de operación son: piloto positivo de ignición, estabilidad de flama, niveles aceptables de ruido y luminosidad.

2.6.- TIPOS DE QUEMADORES

El diseño de un quemador de relave debe reunir ciertas características. Los factores climatológicos y ambientales son

importantes en su diseño. Una alta velocidad de viento pueda afectar el diseño e influir en la selección de un sello. Las disposiciones sobre contaminación pueden exigir la eliminación de humo. El tipo de estructura de soporte dependerá del espacio disponible y de los requerimientos de altura para reducir la radiación de calor a las zonas cercanas.

Existen dos tipos de quemadores: de campo y elevados. La decisión de emplear uno u otro depende principalmente del espacio disponible, de las condiciones atmosféricas, de normas locales y de aspectos económicos. Se emplea el quemador de campo o fosa cuando no existen construcciones cercanas y no se proyecta construir zonas residenciales cercanas a donde el humo y/o ruido puedan provocar molestias. En situaciones donde se manejan fluidos fríos y de mayor peso molecular que el aire, existe el riesgo de que se acumulen gases en un quemador de fosa. Esto puede conducir a una combustión incompleta debido a falta de aire. Lo anterior es difícil que se presente en los quemadores elevados ya que la mezcla combustible se forma de manera adecuada, con la ventaja adicional de tener una dispersión efectiva debido a la altura y velocidad de descarga para el caso de una combustión incompleta. Desde el punto de vista de seguridad es indudable que el uso del quemador elevado es el más adecuado.

3.4.1.- QUEMADOR ELEVADO

Este tipo de quemador no requiere de un área libre grande, ya que su combustión se lleva a cabo a gran elevación. Puede ubicarse dentro de la misma área de proceso o en la periferia. Cuando se determina su localización en el área de proceso o periferia inmediata, un factor crítico a considerar es la exposición a energía radiante por parte del personal que requiere permanecer en el área de

proceso durante la situación de emergencia. Comparándolo con un quemador de campo, el quemador elevado optimiza el uso de espacio y permite acortar las longitudes de las líneas que van hacia él. Su desventaja principal es su costo de construcción, dificultad de mantenimiento y visibilidad de flama. Dentro de los elevados se pueden encontrar tres variaciones de acuerdo a la estructura que los soporta:

1.- Quemador Tipo Torre. Es ideal para instalaciones dentro de los límites territoriales de la planta, donde se requiere altura para disminuir la radiación y donde la distancia disponible con respecto a otros equipos o edificios es reducida. Se puede ergir en estructuras de hasta 120 m de altura sin problemas de estabilidad. Como su costo es mayor que las otras alternativas, su elección está basada en la disponibilidad de espacio.

2.- Quemador Cableado. Se emplea para alturas de hasta 120 m. Se recomienda para chimeneas de gran diámetro. Requiere de gran espacio circundante, ya que las arrias de los cables forman un círculo cuyo diámetro es muy similar en magnitud a la altura del mismo. En general, suele ser el quemador elevado más económico.

3.- Quemador Autosoportante. Su utilización es recomendada para alturas de 77 m o menos. Su costo es bajo, de más fácil erección y ocupa menor espacio.

2.5.3.- QUEMADOR DE CAMPO

En lo referente a diseño, este tipo de quemador es similar al anterior. La diferencia más importante es que no existe una estructura de soporte, lo cual se traduce en ahorro. La desventaja principal es que debe ubicarse lejos del proceso, haciendo que la planta requiera de un terreno mayor, dependiendo del calor liberado. La distancia misma sin obstrucción que requiere rodear al

quemador puede variar entre 250 y 500 pies. Una de sus ventajas es su fácil mantenimiento. Debido a que el peso o tamaño no son críticos, se pueden incorporar otros dispositivos que no sería posible instalar en un quemador elevado.

3.6.3.- QUEMADORES SIN HUMO

La operación sin humo se puede lograr mediante varios métodos, como la inyección de vapor, distribución del flujo a través de quemadores pequeños (diseño multichorro), etc. El multichorro logra una flama no luminosa y sin humo. Es conveniente instalarlos en sitios donde las llamas son continuas o en sitios donde la legislación ambiental es muy rigurosa. Aunque su costo de operación es bajo, el desarrollo inicial es mucho mayor que para otros tipos de quemadores sin humo. Los multichorros se pueden emplear conjuntamente con un quemador convencional que maneja el exceso de capacidad del primero.

3.7.- DISPOSITIVOS PARA EL RELEVO DE PRESIÓN (3.12.18)

Hay en día sé cuenta, en general, con dos tipos de dispositivos para el relevo de presión:

1.- Los dispositivos que cierran por sí solos después de que la necesidad de relevo ha desaparecido; tal es el caso de las válvulas de seguridad/relevo. La válvula de seguridad es un dispositivo automático, al cual se le ajusta un valor determinado de presión para entrar en acción. Una vez realizada su función, la válvula regresa a su posición cerrada. Las válvulas de seguridad emplean un resorte, al cual se ajusta a la fuerza de cierre de acuerdo a las necesidades de operación.

La válvula que maneja líquidos se denomina válvula de relve y se caracteriza por abrir en proporción al incremento de presión por

encima de la presión de ajuste. La válvula comienza a abrir cuando la presión alcanza el valor ajustado y abre totalmente en el instante en que la presión alcanza un incremento determinado.

La válvula que maneja vapores o gases se denomina válvula de seguridad y se caracteriza por abrir completamente en forma rápida.

En ambos casos, el funcionamiento, cálculo y selección es muy parecida. Ambas actúan por la presión estática corriente arriba de la válvula, la cual vence la fuerza que ejerce el resorte sobre la válvula, abriéndola y permitiendo que fluya una cierta cantidad de masa.

3.- Los dispositivos que permanecen abiertos hasta cerrarse manualmente, repararse o sustituirse, como es el caso de los discos de ruptura. El disco de ruptura es un dispositivo diseñado para ceder ante el empuje ocasionado por el exceso de presión. Este debe regenerarse una vez pasada la falla aunque solamente se haya fracturado. Cuando el incremento de presión en el sistema es gradual y el fluido no es de naturaleza explosiva, se recomienda el empleo del dispositivo válvula de relevo o seguridad. Por el contrario, cuando sea absolutamente necesario deprimir por completo al sistema, o cuando la velocidad con que se espera la elevación de presión es grande, debe emplearse el disco de ruptura.

2.7.1.- VALVULA DE SEGURIDAD/RELEVO

Las válvulas actúan por la presión ejercida contra el disco de la misma. El disco se mantiene cerrado contra el asiento debido a la fuerza ejercida por un resorte. Cuando la presión bajo el disco aumenta y la fuerza provocada por la presión es igual a la fuerza ejercida sobre el resorte, la válvula comienza a abrir.

Cuando el fluido relevado es un gas, la explosión provocada al disminuir la presión permite que una cantidad adicional de fuerza

dinámico se ejerce bajo el disco, permitiendo que la válvula se abra repentinamente (conocido también como acción "pop").

En servicios líquidos la apertura inicial de la válvula se logra únicamente con la presión ejercida bajo el disco, la cual vence la fuerza ejercida por el resorte. Dado que el líquido no se expande cuando su presión se reduce, no existe fuerza dinámica adicional que estimule la acción "pop". Por lo tanto, las válvulas que operan para dar servicio a líquidos requiere una sobrepresión para lograr una apertura completa, debido a la falta de los efectos de expansión.

Las válvulas se abren por completo cuando se alcanza la sobrepresión especificada. Para mantener la válvula abierta es necesario un 25 a 10% del flujo máximo permitido por la válvula. Un flujo mayor que el determinado resulta en un continuo abrir y cerrar, dando lugar a un efecto de castañetes (o "chattering") que persiste hasta que disminuya la presión del equipo protegido o hasta que la válvula deje de funcionar.

El requisito básico para una válvula de seguridad cargada por resorte es un cuerpo adecuado, normalmente del tipo de ángulo. Debe tener una conexión de entrada capaz de resistir los requerimientos de presión y temperatura de relevo. El cuerpo y la conexión de salida así como el bonete pueden estar diseñados para una presión más baja que la presión en la entrada.

La conexión de entrada incluye una boquilla o asiento que se acopla con un disco. Este disco está cargado por el resorte, con la fuerza del mismo aplicada en la parte superior del disco por medio de un vástago.

El bonete se diseña para dar cabida al resorte que se requiere para la máxima presión de ajuste permisible.

La presión de ajuste se gobierna por la selección del resorte apropiado. Se ajusta por medio de una tuerca que comprime al resorte

a la carga deseada. El resorte es seleccionado para un intervalo de presiones, de modo que nunca sufra un esfuerzo extra y que tenga una flexibilidad correcta para permitir una apertura completa.

El ajuste del resorte puede aumentarse o disminuirse hasta en un 10% del ajuste especificado de fábrica sin que se perjudique la operación de válvulas que trabajan hasta a 250 psi. A presiones superiores, el ajuste puede ser de un 14 máximo.

Existen dos grandes categorías para clasificar a las válvulas de relevo: convencionales y balanceadas. El primer tipo de válvulas se ve afectado por la contrapresión del sistema, mientras que el segundo no.

La presión creada por la descarga del fluido afecta la capacidad de descarga de cualquiera de los dos tipos de válvulas, aunque en una relación diferente ya que en las válvulas convencionales, cuando la contrapresión alcanza un 10% de la presión de relevo, la válvula se ve gradualmente afectada. Por otro lado, las válvulas balanceadas pueden mantener su capacidad de descarga hasta que la contrapresión alcance su valor aproximado al 40 o 50% de la presión de relevo. Por lo tanto, las válvulas balanceadas permiten una tolerancia mayor a contrapresiones mayores, y por ende cabezales de menor diámetro.

Es práctica común emplear válvulas convencionales para descargas específicas ya que la contrapresión es constante. Se recomienda emplear válvulas balanceadas cuando éstas se encuentren integradas a un cabezal, con el fin de disminuir el tamaño del mismo.

2.7.2.- DISCOS DE RUPURA

Estos dispositivos son placas metálicas, fabricados a manera de disco y sujetos por bridas. Están diseñados para ceder a una presión determinada. Se emplean principalmente en servicios de sustancias corrosivas. El espesor de la placa y el esfuerzo del

material se diseñan para ceder a una presión determinada.

El uso principal que se le da a estos dispositivos es en la prevención por explosiones internas en los equipos, debido a que su rapidez de respuesta al cambio de presión es inmediato.

Adicionalmente poseen la ventaja de que pueden funcionar a presiones de relave muy altas y a gastos mayores a los que puede manejar una válvula de seguridad.

El disco de ruptura sirve para presiones tan bajas como 0.4 Kg/cm². Su valor de ruptura no puede ajustarse con exactitud, por lo que se fija un intervalo de presión de \pm 5%. La presión del equipo protegido no debe exceder al 70% de la presión de ajuste del disco.

Es difícil predecir con exactitud la vida útil de un disco de ruptura ya que su funcionamiento depende de varios factores: corrosividad del fluido, cambios de presión y temperaturas, condiciones de proceso, etc., los cuales pueden ocasionar una falla prematura. Cuando se decida utilizar estos dispositivos, se recomienda elaborar un programa de cambios una vez que se ha logrado conocer el factor de vida útil, ya que un paro programado es menos costoso que uno de emergencia.

El disco de ruptura posee la ventaja de ser comparativamente más barato y puede obtenerse de una gran variedad de metales y aleaciones. Suele ser más caro el juego de bridas que lo soportan que el propio disco.

Se pueden clasificar en dos grupos:

1.- **Preacabado o Convencional.** Este tipo recibe la presión del lado cóncavo. Requiere que la presión de ajuste sea alrededor de 1.5 veces la presión de operación debido a su susceptibilidad a la fatiga. Su ventaja es la disponibilidad del tamaño y materiales.

2.- **Fundeo-Inverso.** Recibe la presión de lado convexo, lo

cual le da una mayor resistencia a la fatiga y le permite ajustarse a alrededor de 1.1 veces la presión de operación. Es más caro que el tipo convencional.

2.7.3.- CAUSAS DE SOBREPRESIÓN

El dispositivo de relevo debe diseñarse de modo que maneje la masa necesaria para el desfoque y que además no sea mayor a la que se requiere realmente.

El exceso de presión se puede producir por diferentes causas y la masa necesaria a rellevar varía en cada caso. Puede haber varias causas que ocasionen un aumento de presión en un equipo pero solo una de ellas ocurrirá a la vez. En todo caso, una causa puede dar lugar a otra pero no pueden presentarse simultáneamente. Cuando en la realidad existen varias causas probables, se dimensiona el dispositivo de relevo con el evento que desarrolle la mayor masa. De esta manera las dimensiones del sistema serán útiles para dar servicio a las otras causas.

Del diagrama de tubería e instrumentación y según la distribución de equipos, se debe analizar donde es necesario instalar dispositivos de relevo de presión, prestando atención a sitios donde pueda existir descarga bloqueada. Los sistemas de relevo deben instalarse de modo que se proteja el mayor número de equipos posible con el mismo de dispositivos.

A continuación se esbozan las causas principales de sobrepresión:

1.- Fuego Externo. Cuando por alguna causa se produce un incendio en una instalación industrial, cualquier recipiente o contenedor que maneje o procese materiales inflamables o no inflamables puede estar expuesto a fuego. Si el recipiente contiene líquido, el calor suministrado provoca que una fracción del líquido pase a fase vapor, ocasionando un incremento de presión. Este exceso de presión

Debe ser aliviado para evitar una explosión.

Se ha visto que existen limitaciones físicas en lo que se refiere al tamaño de la flama. A través de la observación de incendios se estableció que la altura máxima que puede alcanzar una flama es de 25 pies sobre cualquier superficie.

1.- Descarga Bloqueada. Se presenta cuando el recipiente o equipo se encuentra obstruido en su salida. Esto puede suceder por varios motivos, como cuando se recibe un fluido a una presión mucho mayor a la de diseño.

2.- Ruptura de Tubería. Este fenómeno puede presentarse en los cambiadores de calor. Se presenta cuando la presión de operación de uno de los lados es mayor a la presión de diseño. En caso de fractura, la presión alta se comunicará al otro lado.

4.- Fuga de Agua de Enfriamiento. Cuando ocurre una erosión en el agua de enfriamiento, existe un aumento en el volumen del vapor debido a una condensación deficiente.

5.- Fuga de Reflujo. Este tipo de fallas se puede presentar en torres de destilación. La fuga en el reflujo, ya sea total o parcial, provoca que el vapor ascendente evapore mayor cantidad de líquido, produciendo una cantidad considerable de vapor. La fuente de calor que contribuya a generar dichos vapores puede ser determinante en el estimado de la masa a relevar. Si se tiene una capacidad adecuada para recibir o absorber de algún modo el producto de los domos, la fuga de reflujo no produce un aumento de presión considerable. En condiciones normales, la masa a relevar es la masa que sale del domo en condiciones normales de operación. Cuando existan rehervidores, la masa a relevar es la masa que sale del domo más la masa de vapores alimentados por el rehervidor. Si la fuente de calor es la alimentación misma, se deben estimar los vapores producidos en la zona inmediata al plato de alimentación.

6.- **Fuga de Líquido.** Existe la posibilidad de que en equipos como condensadores de calor o tanques queda bloqueada una cierta cantidad de líquido. Si adicionalmente existe una fuente de calor, el líquido tiende a expandirse. En caso de que en condiciones iniciales el líquido ocupe todo el recipiente, la tendencia de expansión ocasiona una enorme sobrepresión. Esta falla también puede presentarse en líneas de gran longitud y expuestas a una posible fuente de calor, como en el caso de los cabezales de agua de enfriamiento.

7.- **Falla de Corriente Eléctrica.** Es común encontrar equipos y controles operados por corriente eléctrica. Cuando existe una interrupción en el suministro de energía eléctrica, los controles quedan inutilizados.

8.- **Falla de Control.** Se trata de fallas asociadas a las válvulas de control, ya sea por falla de aire de instrumentos, de energía eléctrica, congelamiento, etc. La masa a relevar es el resultado de un análisis detallado de flujos, temperaturas y presiones de las corrientes relacionadas a esa falla. Es importante tomar en cuenta a las válvulas de control con gran caída de presión y que al fallar quedan abiertas. En estas fallas, la posición del dispositivo de relevo influye en la masa a relevar y consecuentemente en el tamaño y costo del mismo.

9.- **Simultaneidad de Fallas.** En general, es práctica común el no dimensionar bajo la consideración de que ocurran dos fallas simultáneas, ya que en la realidad es difícil que así suceda. Cuando existe la remota posibilidad de fallas simultáneas, siempre se determina que una es producto de la otra. Por ejemplo, cuando existe una falla en el agua de enfriamiento suministrada por bomba operada con energía eléctrica, la falla de electricidad provoca una falla en el suministro del agua de enfriamiento.

CAPITULO 3.- METODOLOGIA DE DISEÑO(1,2,3,4,5,6,7,13,14,16,18,22,24)

3.1.- Dimensionamiento del Cabecal de Relvo

Al dimensionar un cabecal de relvvo se busca encontrar una diámetro óptimo tal que no produzca una caída de presión mayor a la disponible y que no sea mayor al requerido para no incrementar los costos.

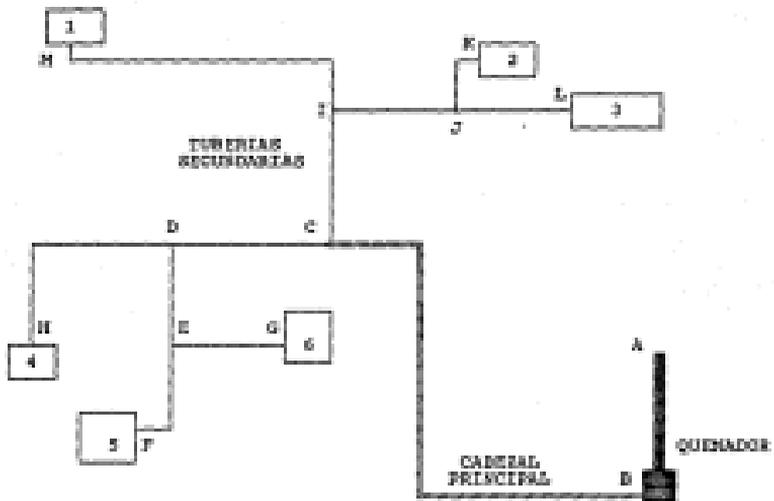
3.1.1.- CRITERIOS DE DISEÑO

Existen varios factores que deben tomarse en cuenta para el dimensionamiento de los cabecales y líneas asociadas a los sistemas de desfogue cerrados. Entre los más importantes destacan: el proceso que se lleva a cabo, la distribución física o geometría de la planta, la máxima caída de presión permisible, el método matemático de cálculo, la máxima descarga simultánea al cabecal y el tipo y características de las válvulas de relvvo.

La capacidad máxima requerida se encuentra establecida por el grupo de válvulas que relvvan simultáneamente al cabecal. La falla que maneje al flujo más grande es la que debe gobernar el dimensionamiento.

3.1.2.- ESTRATEGIA DE ANALISIS POR TRAMOS

Resulta conveniente dividir el sistema de desfogue en unidades que permitan calcularse de manera subsecuente y organizada. Para ello es recomendable dividir a todas las líneas que conforman el sistema de modo que los tramos resultantes se encuentren constituidos por una entrada y una salida. De esta manera, los balances de materia y los cálculos se facilitan.



De acuerdo a la figura, el sistema consta de un quemador AB y de 11 tramos, conforme lo indica la nomenclatura: BC, CD, DE, EF, EG, HI, IJ, JK, JL o IM.

Sean 1, 2, 3... 6 tanques o equipos que durante alguna falla de operación sufren incremento de presión.

Seguiente esta estrategia se pueden evaluar fácilmente las características de cada tramo.

3.1.1.- SELECCION DEL METODO DE CALCULO

Si el sistema bajo consideración acarrea fluidos compresibles y la caída de presión del sistema es pequeña, se puede considerar que la densidad del fluido permanece casi constante. Para ello, cualquier ecuación de pérdidas de fricción, como la de Fanning, es capaz de evaluar la caída de presión del sistema. Sin embargo, cuando la caída de presión es grande, la densidad cambia apreciablemente conforme varía la presión, llevándose a cabo un cambio en la energía cinética. Las ecuaciones estándar no toman en cuenta el cambio de energía cinética. Por lo tanto, el uso directo de estas ecuaciones redundará en resultados poco confiables.

Una manera de enfrentar a dichas ecuaciones consiste en determinar una densidad promedio. A pesar de que el método toma en cuenta los cambios de presión en la línea, los resultados obtenidos son todavía poco confiables. De hecho, pueden encontrarse diferencias de un 25 a 34% conforme lo indica Chouler.

Se debe usar una ecuación básica de caída de presión para fluidos compresibles que arroje resultados satisfactorios. El siguiente problema es determinar si las condiciones de flujo para el caso particular permiten aseverar que es adiabático o isotérmico.

Tanto Lapple como Chouler y Jesser concuerdan en que la solución isotérmica y adiabática dan resultados de la misma magnitud. La diferencia entre ambos métodos se hace apreciable para tramos cortos, y se hace prácticamente despreciable conforme la longitud aumenta. A 1,000 diámetros de longitud, el resultado que dan ambos métodos es casi el mismo.

Las consideraciones establecidas como punto de partida del algoritmo que se presenta en este capítulo son tres:

- 1.- Régimen permanente (Estado estacionario, isotérmico).
- 2.- Fluidos compresibles (Gases).
- 3.- Flujo en una sola fase: gas.

3.1.3.1.- ECUACION DE CONISON

En la mayoría de las soluciones adiabáticas e isotérmicas, las condiciones de flujo se basan en las condiciones de entrada, las cuales se conocen con poca frecuencia. Cuando este sea el caso, se tiene que aplicar la técnica de prueba y error.

El método de Conison posee la particularidad de utilizar las condiciones de salida, las cuales casi siempre se conocen o pueden determinarse mediante la fórmula de Crocker. La solución de Conison es una solución algebraica que utiliza todas las variables evaluadas a las condiciones de salida. La ecuación es:

$$P_1 = \left[\left[\frac{f = L = f_2 = \frac{U_2^2}{g}}{2 = \frac{U_2^2}{g} = P_2} \right] + (2 = P_2) + P_2^2 + \frac{2 = U_2^2 = f_2 = P_2}{g} = \ln \frac{U_2}{U_1} \right]^{1/2}$$

Rearreglando la ecuación y sustituyendo la densidad por el volumen específico:

$$P_{1,1} = \left[P_{2,1}^2 + \frac{U_2^2 = P_2}{g = U_{12}} = \left[(f = L / 2g) + (2 = \ln \frac{U_2}{U_1}) \right] \right]^{1/2}$$

Nomenclatura:

- D = Diámetro interno de la tubería
- f = Factor de fricción de Fanning
- g = Aceleración gravitacional
- L = Longitud equivalente de tubería
- P = Presión absoluta
- V = Velocidad del fluido
- V₀ = Volumen específico
- r = Densidad

Subíndices:

- 1 = Condiciones de entrada
- 2 = Condiciones de salida

En su publicación, Corison establece que para líneas de más de 100 ft de longitud o en líneas donde el cambio de velocidad es pequeño, el término $2 \ln(V_2/V_1)$ puede despreciarse sin que se cometa un error apreciable.

3.1.3.2.- ECUACION DE PRESION CRITICA (CROCKER)

Debido a las altas presiones que pueden presentarse en un caberal de desfogos, hay la posibilidad de que exista flujo crítico a la salida. No es extraño encontrar esta misma condición dentro de algunos tramos del mismo sistema. Cuando esto ocurra, es necesario verificar las condiciones de salida de cada tramo para comprobar si el flujo es crítico. Para ello se emplea la ecuación de Crocker:

$$P_c = \frac{N_1}{11,488 + G^2} = \left[\frac{E}{N + (N + 1)} \right]^{1/2}$$

3.1.3.3.- ECUACIONES DE VELOCIDAD

ECUACION DE VELOCIDAD CRITICA

$$v_c = \left[v_s = P_s = 144 = G = N_s \right]^{1/2}$$

ECUACION DE VELOCIDAD DE SALIDA

$$v_s = \frac{N_1}{11,488 + P_s^2 G}$$

en donde:

G = Gasto Máxico

A = Area de flujo

En primer lugar, el programa verifica la presión y velocidad de salida. Si en ambas cosas no es crítica, es decir, que la presión evaluada por la ecuación de Crocker no es mayor a la atmosférica, se puede concluir que no existe presión crítica. Si la condición es de presión no crítica, se toma como presión de salida a la presión atmosférica. Si la presión es crítica, se asume como presión final de salida la calculada con Crocker. La velocidad de salida que recomienda el API-SP-871 es la mitad de la velocidad sónica. Cuando esto no ocurre, el programa efectúa incrementos o decrementos de diámetro de tubería hasta encontrar uno tal que cumpla con esta condición. En seguida se procede a encontrar la presión a la entrada del trazo con la ecuación de Conison. Para el trazo en donde exista válvula de seguridad, el procedimiento anterior se efectúa tantas veces hasta que el valor de Conison no exceda a la máxima contrapresión permisible. En 3.4 se muestra el algoritmo completo.

La evaluación de la densidad en los puntos de salida de cada trazo se efectúa suponiendo gas ideal e incluyendo el factor de compresibilidad. El número de Reynolds se evalúa conforme a su definición de número dimensional.

3.1.3.4.- ECUACIONES DEL FACTOR DE FRICCIÓN (13)

El factor de fricción se evalúa de acuerdo a dos posibles alternativas: la fórmula empírica o la de Colebrook. En sentido riguroso se debe emplear la correlación de Colebrook para cálculos precisos. Sin embargo, debido a que se trata de una ecuación que se resuelve de manera iterativa, los resultados pueden ser más tardados. Por ello se recomienda emplear la fórmula empírica para cálculos aproximados y la de Colebrook para obtener resultados finales. Retomando las dos ecuaciones:

Empírica:

$$f = 0.00031 + \frac{0.256}{Re^{0.4}}$$

Colebrook:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -0.04 + \ln \left[\frac{e}{D} + 3.7 \right] + \frac{0.25}{Re^{0.25}}$$

en donde:

Re = Número de Reynolds

e =

e = Factor de rugosidad

3.2.- DIMENSIONAMIENTO DEL QUEMADOR

El dimensionamiento del quemador consiste en determinar el diámetro requerido así como la altura del mismo. Algunos de los factores que determinan sus dimensiones son los vientos, dispersión de gases, etc.

3.2.1.- DIÁMETRO

El diámetro de la chimenea se determina generalmente en base a la velocidad, aunque la caída de presión debe verificarse. De acuerdo a la relación de volumen bajo misma descarga, tiempo de emisión, frecuencia de descargas y duración, se recomienda que la velocidad de descarga sea hasta la mitad de la velocidad sónica ($M = 0.5$) para un pico de poca duración y frecuencia, y de la quinta parte de la velocidad sónica ($M = 0.2$) para condiciones más normales en donde las descargas sean más frecuentes. Para chimeneas que operan sin ruido, la velocidad en la punta debe ser incluso menor a la quinta parte de la velocidad sónica debido a las condiciones bajo las que opera.

3.3.3.- ALTURA

En general, la altura está determinada por la intensidad de energía radiante que genera la flama. Debe estimarse el máximo nivel de concentración y su ubicación si es que hay emisión de contaminantes corrosivos y tóxicos, en caso de que el piloto del quemador se extinga.

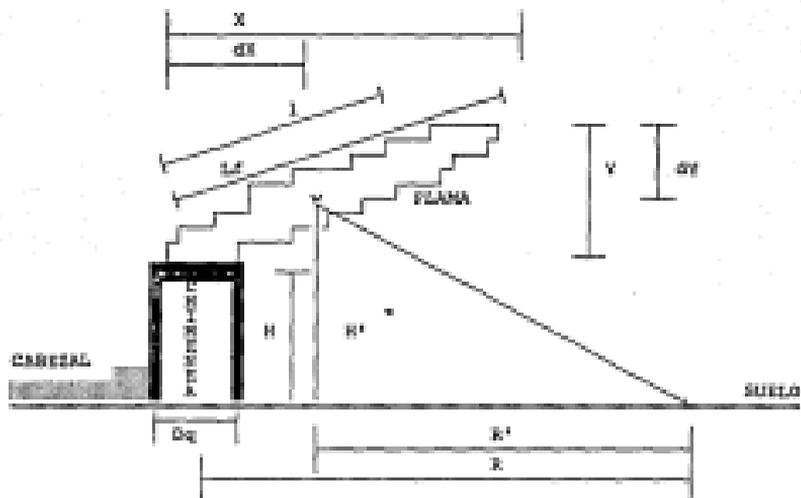
Durante el dimensionamiento del quemador debe considerarse F_c , la fracción de calor irradiado. El valor de F_c es de 0.3 para metano, 4.3 para hidrocarburos de alto peso molecular y 0.113 corresponde al máximo valor de radiación térmica para el hidrógeno, en condiciones de combustión ideal o próximas a ella. Debido a que no puede esperarse una combustión muy eficiente en condiciones piloto, se recomienda usar valores de F_c aproximadamente de dos tercios de los reportados.

La selección de intensidad de calor radiante permisible involucra varios factores: probabilidad de descargas máximas, duración de las descargas, necesidad de trabajo por parte del personal en el área de exposición y liberación de calor en el tiempo de máxima descarga.

Algunos niveles de intensidad tomados como referencia son:

- 1.- 1,500 Btu/hr: empleado por algunas compañías para una intensidad aceptable en áreas de operación en donde los operadores que emplean ropa normal puedan efectuar sus labores.
- 2.- 3,000 Btu/hr: intensidad en áreas abiertas donde no existe refugio disponible y se requiere alejar rápidamente del lugar.
- 3.- 5,000 Btu/hr: empleado en estructuras y en áreas de operación donde los operadores no pueden efectuar sus labores y en donde existe refugio contra la radiación de calor, como por ejemplo detrás de algún equipo.

3.1.3.- ANALISIS GRAFICO DE FUMESTRUCO



se define :

- x = Deflexión horizontal de la flama
- dx = incremento horizontal en la longitud de la flama
- y = Deflexión vertical de la flama
- dy = incremento vertical en la longitud de la flama
- H = Distancia vertical del centro de la flama al suelo
- h = Altura de la chimenea
- Dq = Diámetro de la chimenea
- R = Distancia mínima permisible
- R' = Base del triángulo rectángulo
- l = Longitud total de la flama
- l' = Longitud del centro de la flama a la chimenea
- w = Centro de la flama

3.2.4.- EFECTO DEL VIENTO

El efecto de inclinación que puede ocasionar el viento sobre la flama merece un cuidadoso análisis, ya que puede haber variaciones en el centro de la flama (considerado como el origen del total de energía radiante liberada) con respecto a la localización de la planta bajo consideración.

De algunos trabajos experimentales de chorros de gas en aire quieto permiten concluir que:

$$U_{ap} = 1.4 \pi d_0 = V_{ap} \sqrt{l}$$

en donde:

V = Velocidad axial promedio, evaluada en l

l = Distancia en el eje del chorro desde la boquilla

d_0 = Diámetro de la boquilla

V_{ap} = Velocidad de salida de la boquilla

suponiendo que la misma fórmula aplica para quemadores y sabiendo que la velocidad promedio en la punta de la flama es cero donde $l = L_f$, tenemos que:

$$U_{ap} = 1.4 \pi d_0 = V_{ap} = \left(l / L_a - l / L_f \right)$$

Así mismo se supone que bajo condiciones de viento, la longitud efectiva de la flama (L_f) permanece constante, por lo que la primera ecuación de u_{ap} es válida y V_{ap} siempre mueve al material verticalmente.

$$U_{ap} = 1.4 \pi d_0 = V_{ap} = \left(l / L_a - l / L_f \right)$$

Al efectuar un tratamiento matemático a las ecuaciones anteriores y substituyendo, tenemos que:

$$\frac{\Delta V}{\Delta W} = \frac{V_{20} P}{V_{10}} = \frac{1.6 \pi H + D_{10} \pi H P}{V_{10}} = \left[\frac{1}{L_u} - \frac{1}{L_f} \right]$$

Por medio de la relación entre triángulos rectángulos:

$$Y = \int_0^L \frac{1}{L} \Delta V = \frac{\Delta V}{\left[1 + \left| \frac{\Delta V}{\Delta W} \right| X \right]^{1/2}} \quad X = \int_0^L \frac{1}{L} \Delta W = \frac{\Delta W}{\left[1 + \left| \frac{\Delta V}{\Delta W} \right| X \right]^{1/2}}$$

Al dividir L en un número uniforme de incrementos (cada Δl sobre el total L) se pueden calcular incrementos de dX y dY correspondientes a cada Δl . La suma de dY y dX representarán los desplazamientos verticales y horizontales de la flama respectivamente.

3.3.5.- DISPERSION DE GASES

Para calcular la máxima concentración de gases tóxicos a nivel del piso se asume que la flama se extingue mientras el sistema de relevo se encuentra operando.

El procedimiento que a continuación se describe es válido para corrientes de vientos con velocidades menores a 100 ft/seg.

$$C = \frac{3.267 + M_L + H + D_L}{r + H^2 + D_V}$$

$$X_m = \left[\frac{H}{D_y} \right] \frac{C}{C_0 - n \cdot C}$$

Notación:

C = Concentración

Dz = Coeficiente vertical de difusión

H = Altura del quemador

Dy = Coeficiente horizontal de difusión

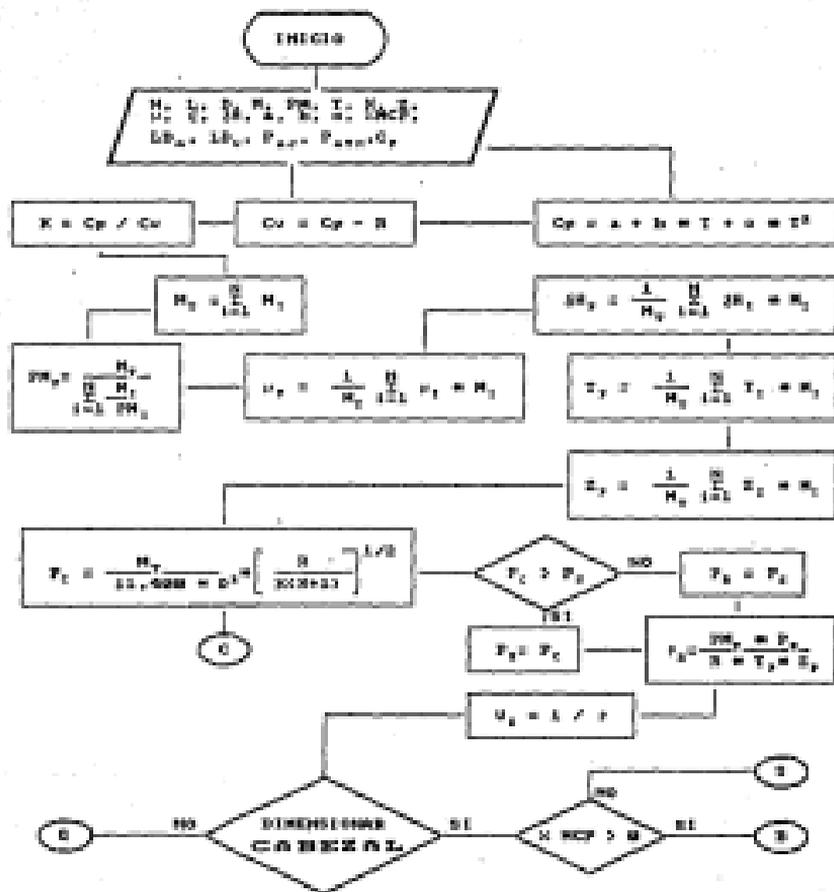
X = Distancia de la chimenea al punto de máxima concentración

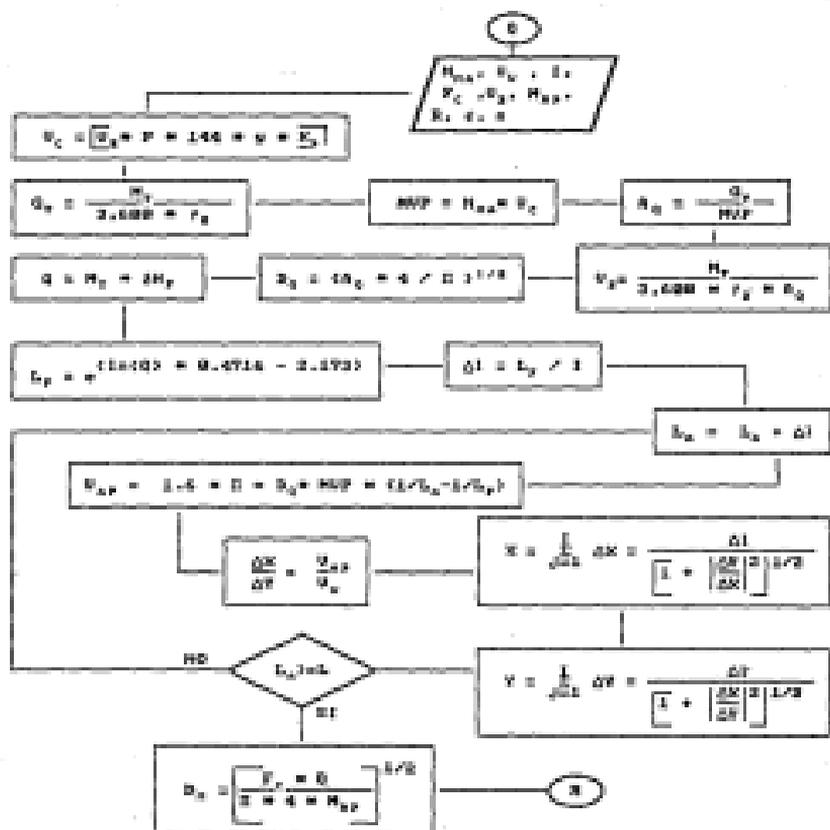
n = Factor ambiental

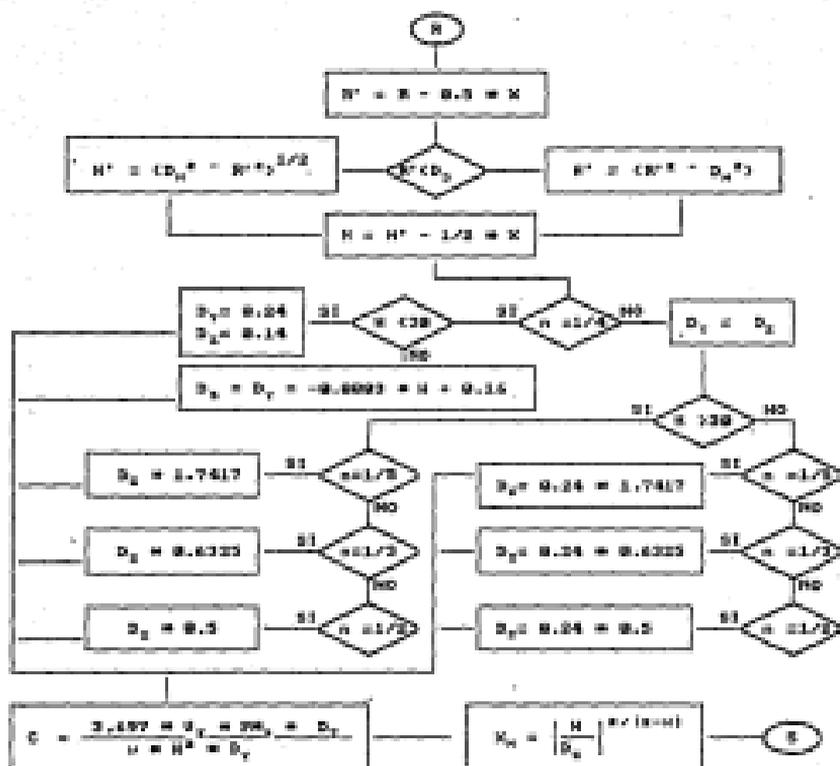
La distancia a donde se encuentre la mayor cantidad de energía radiante está determinada por la fórmula:

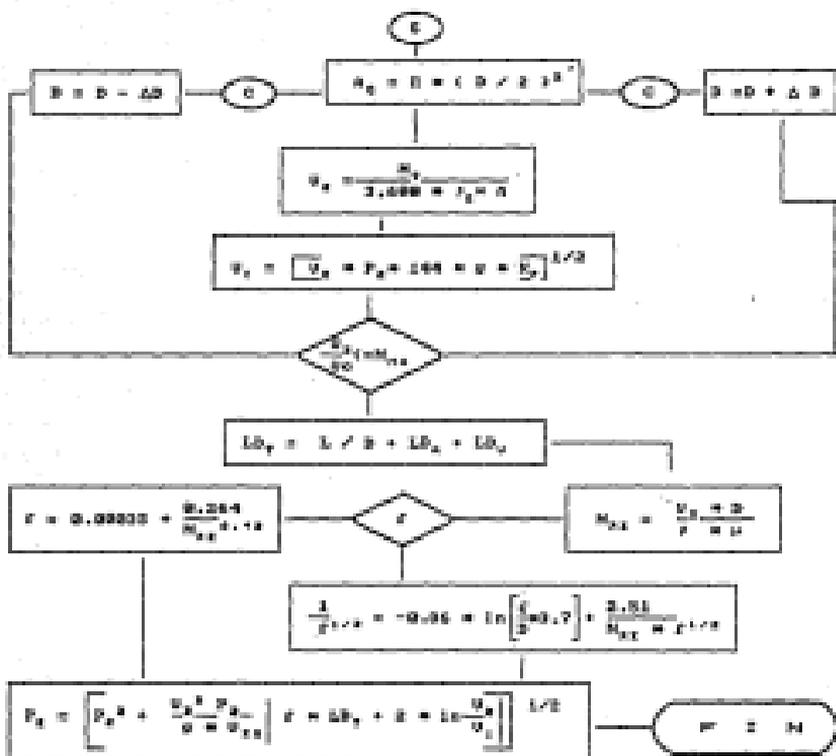
$$D_m = \left[\frac{F_r = Q}{I = H = R_{\text{ref}}} \right]^{1/2}$$

3.3.- ALGORITMO DE CALCULO









CAPITULO 4.- DESCRIPCION DEL PROGRAMA (11,12,13,14,15,16,17,18)

4.1.- ABRASQUE DEL PROGRAMA

Para cargar el programa a la memoria de la computadora teclee el nombre del programa, QUECAS, sin teclear la extensión. Esta versión ejecutable (QUECAS.ESE) del programa permite cargar y ejecutar el programa inmediatamente sin necesidad de ser compilado. Por lo tanto, no es necesario disponer de un programa de Turbo Pascal para hacer uso del sistema.

Esta versión debe emplearse siempre ya que en ella no se pueden realizar cambios en la estructura secuencial del programa. Cuando se hayan realizado módulos de cálculo relacionados al programa, éstos se podrán incorporar a la versión del programa llamada QUECAS.PAS, cargándose primero una versión del compilador Turbo Pascal Versión 4 o superior. Al realizar algún cambio, es recomendable grabar el nuevo programa con un nombre diferente, para no perder la versión original, dado que en un momento dado se pueda recurrir a ella.

El diseño del program permite usarse de una manera ordenada, ya que se encuentra estructurado a base de menús de opciones. Durante la ejecución del programa aparecen mensajes en el marco inferior del programa, indicando opciones de regreso a pantallas anteriores, corrección de datos, impresión de resultados, archivo con el que se está trabajando e indicaciones generales.

Antes de ejecutar el programa es recomendable revisar las siguientes secciones en donde se muestran y explican las diferentes pantallas de captura y de resultados.

4.2.- MENU PRINCIPAL

Al ejecutar el programa, la primera pantalla de presentación que aparece es la siguiente:

ROMARE.CAB

ProDinCab v1.0

Programa Para el Dimensionamiento de Cabezas de Bofeques

Menú Principal

- 1> Captura De Componentes
- 2> Dimensionar Cabecal
- 3> Dimensionar Quemador
- 4> Cambiar Unidades
- 5> Salir Del Programa

seleccione su opción y oprima <-

4.2.1.- CAPTURA DE COMPONENTES

Si es la primera vez que se carga el programa o se desea obtener información de un archivo ya existente, es necesario activar la primera opción del menú. En ella aparecen las siguientes alternativas:

ROMARE.CAB

ProDinCab v1.0

Captura De Componentes

Menú de Captura

- 1> Editar Datos
- 2> Introducir Datos Nuevos
- 3> Cargar Datos de Disco
- 4> Guardar Datos a Disco
- 5> Regresar a Menú Principal

seleccione su opción y oprima <-

4.2.1.1.- EDITAR DATOS

Esta opción permite la captura de las propiedades físicas y químicas de las sustancias con las que se trabajará. Es importante considerar las unidades en las que se alimenta la información.

4.2.1.2.- INTRODUCCION DATOS

Esta alternativa puede emplearse en lugar de 4.2.1.1. si es la primera vez que se captura la información. De otra manera, la información existente es heredada de la matriz. Se emplea cuando se piensa trabajar con un sistema diferente al anterior.

ROMANO.CAN

Proflicad v1.0

Programa Para el Dimensionamiento de Cabezas de Destoque

MENÚ PRINCIPAL

1- Captura De Componentes

A T E N C I O N

Todos los datos actuales se perderán.
Salir [S/N] ? [N]

4- Cambiar Unidades

3- Salir Del Programa

Asegurarse de haber guardado su trabajo antes de salir.

4.2.1.1.- CARGAR Y GUARDAR DATOS A DISCO

Estas alternativas permiten extraer información de disco y guardar información una vez finalizada esta sección de captura. Esto permite crear un banco de datos para futuras referencias, correcciones o mejoras a un sistema. Las pantallas que aparecen son las

SONARE.CAB

Problemas v1.0



Introduzca el nombre del archivo en el que van a guardar los datos.

SONARE.CAB

Problemas v1.0



Introduzca el nombre del archivo a cargar (con extensión).

4.3.1.3.- CARGAR y GUARDAR DATOS A DISCO

Estas alternativas permiten extraer información de disco y guardar información una vez finalizada esta sesión de captura. Esto permite crear un banco de datos para futuras referencias, correcciones o mejoras a un sistema. Las pantallas que aparecen son las



Introduzca el nombre del archivo en el que van a guardar los datos.



Introduzca el nombre del archivo a cargar (con extensión).

4.2.2.- CAPTURA DE COMPONENTES

En esta sección aparece la pantalla que a continuación se presenta:

```

SCHEM.CAR                                PRODiSC-V1.0
-----
          Capture De Componentes
-----

          Pressión atmosférica : 14.70000
          Componentes del Sistema : 1
-----
  
```

El máximo número de componentes es 15 ; [ESC] para regresar.

Dependiendo del número de componentes que conforman al sistema aparecerá la siguiente pantalla:

```

SCHEM.CAR                                PRODiSC-V1.0
-----
          Capture De Componentes
-----

          Componente 1
-----
          Costo masa ..... 10486                lb/hr
          Peso molecular ..... 26.103            lb/lbmol
          Viscosidad ..... 7.393e-6             lb/ft2-seg
          Temperatura ..... 104.533            °C
          Factor de compresibilidad Z .. 1.213
          SH combustión ..... 11380              BTU/lb

          Baseó superior K=1.4 [S/N] [R]
-----
  
```

Introduzca los datos correspondientes y oprima <-->

Dependiendo de la información disponible para cada componente, K se puede evaluar de tres maneras:

PROBHE.CAB

ProDinCab v1.0

Captura De Componentes		
Componente 1		
Gasto masa	10498	lb/hr
Peso molecular	34.104	lb/lbmol
Viscosidad	7.792E-6	lb/ft*sec
Temperatura	100.813	°C
Factor	Determinación De K	
de comb	Fijar el Valor de K a: 1.4	
	Cp Evaluado a 181.08 °K	
	Constantes de: Cp	
		/lb

A su vez, pueden aparecer tres pantallas independientes según la opción seleccionada. A continuación se presentan dos de esas alternativas:

PROBHE.CAB

ProDinCab v1.0

Captura De Componentes		
Componente 1		
Gasto masa	149999.999999	lb/hr
Peso molecular	58.999999	lb/lbmol
Viscosidad	8.999997	lb/ft*sec
Temperatura	125.999999	°C
Factor	Determinación De K	
de comb	Cp en BTU/lbmol °K : 10.000000	
		/lb

Introducir el valor de Cp para calcular K .

Captura De Componentes

Componente 1

Costo Base	145088.000000	lb/hr
Peso molecular	56.086000	lb/lmol
Viscosidad	0.608807	lb/ft ² -seg
Temperatura	125.880000	°C
Factor	Determinación De K	
SE comb		/lb

Valor De K : 1.016374

Al finalizar esta sección los datos se almacenar en una matriz y se extraen conforme otras secciones del programa lo requieran. Esta información se emplea tanto para el dimensionamiento del cabezal como para el del quemador.

4.3.- DIMENSIONAMIENTO CABEZAL

Esta alternativa tiene como primer pantalla de captura la siguiente:

MORANE.CAB

ProdimCab v1.0

Dimensionamiento Del Cabezal

Tránsito del Sistema r10

Introduce el número de tránsitos que conforman el sistema.

La siguiente pantalla aparece tantas veces como tramos constituyan el sistema de desfogos:

Dimensionamiento Del Cabesal

Tramo 1

Longitud del tramo	335.000000	ft
Presión a la salida	26.300000	psig
Número de Mach	0.300000	
Número de componentes	1	in
Suponer diámetro	7.941800	in
Utilizar Colebrook (S/N)	[S]	[N]
Velocidad constante (S/N)	[S]	[N]
Válvula de seguridad (S/N)	[S]	[N]
Accesorios (S/N)	[S]	[N]
Resultados parciales (S/N)	[S]	[N]
Imprimir (S/N)	[S]	[N]

4.3.1.- PROPIEDADES PROMEDIO

Una vez seleccionadas las componentes que fluyen por un tramo determinado se calcula un promedio de todas las propiedades involucradas.

CONDENS.CAB

PRODIFOGH.V1.2

Dimensionamiento Del Cabesal

PROPIEDADES PROMEDIO EN EL TRAMO 1
CON 1 COMPONENTE(S)

Masa total	10486.00	lb
Peso molecular promedio ...	26.10	lb/lbmol
Velocidad promedio	4.000000	ft/ft*seg
Temperatura promedio	108.53	°C
μ promedio	1.0125	
ΔH calorífica	2160.0000	BTU/lb
K promedio	1.0000	

Imprimir (S/N) [N]

4.3.2.- FACTOR DE FRICCION

La alternativa del factor de fricción se encuentra direccionada a la ecuación espérica. En caso de optar por Colbrook indique y alimente el valor del factor de rugosidad. Así mismo, este valor se encuentra fijado para tubería de acero al carbono. Si se utiliza otro material introduzca el nuevo valor.

Dimensionamiento Del Caberal

TABLA 1

Longitud del tramo	125.000000 ft
Fricción a la salida	16.500000 psig
Mm	Colbrook
Mm	
Sup	Factor de rugosidad = 0.00015 ft
Uti	
Val	
Válv	
Accesorios	(S/N) (N)
Resultados parciales	(S/N) (N)
Imprimir	(S/N) (N)

4.3.3.- VELOCIDAD DE SALIDA

La respuesta por omisión a esta alternativa es que se considera velocidad constante a lo largo de todo el tramo. Si se dispone de información y desea mejores resultados active esta opción.

Dimensionamiento Del Caberal

TABLA 1

Longitud del tramo	125.000000 ft
Fricción a la salida	16.500000 psig
Mm	Velocidad
Mm	
Sup	Velocidad de entrada 1253.32 ft/seg
Uti	
Val	
Válv	
Accesorios	(S/N) (N)
Resultados parciales	(S/N) (N)
Imprimir	(S/N) (N)

4.3.4.- VALVULA DE SEGURIDAD

Si el trazo bajo consideración es la parte terminal protegida con una válvula de seguridad se debe activar esta opción. Como siempre son más los trazos que no tienen válvula de seguridad que los que tienen, la respuesta se encuentra direccionada a una respuesta negativa.

ProDinCeb V1.0

HORRHE.CAN

Dimensionamiento Del Cabedal

Tramo 1

Longitud del tramo 145.000000 ft
 Presión a la salida 14.700000 psig
 Válvulas De Seguridad

Presión de ajuste 56.000000 psig
 Máxima contrapresión permisible 30

Requisitos parciales (S/N) (N)
 Imprimir (S/N) (N)

Introduzca los datos correspondientes y oprima <F10> para terminar.

4.3.5.- ACCESORIOS

En un sistema de diseño como en cualquier red de tuberías existen dispositivos que ocasionan pérdidas por fricción y por lo tanto una mayor caída de presión. En caso de que existan, éstos se pueden contabilizar como lo demuestran las siguientes pantallas.

La segunda alternativa considera a los diferentes tipos de válvulas como si estuvieran completamente abiertas, ya que durante una descarga de emergencia cualquier dispositivo que se encuentre parcial o totalmente cerrado puede ocasionar una explosión.

4.3.6- RESULTADOS

Los resultados finales de cada tramo aparecen de la siguiente manera. En la última pantalla aparece la selección de tubería comercial.

PROGRAMA.CAS

Protincab v1.0

Dimensionamiento Del Cabecal

Resultados Totales		
Diámetro	7.981080	in
Presión de Crotchar	2.839288	psia
L/D Total	277.358489	
Severidad	8.097732	lb/ft ³
Velumen específico	17.321328	ft ³ /lb
Área de flujo	8.147418	ft ²
Velocidad de salida	148.328211	ft/seg
Velocidad crítica	1181.176658	ft/seg
Severidad	284981.38329	
Factor de fricción	0.017598	
Presión de salida	18.980980	psia
Presión de entrada	17.128176	psia
M. C. F. P.	0.008098	psia
Presión asométrica	2.428374	psig
Caida de presión	0.828178	psia

Imprimir (Y/N) [N]

PROGRAMA.CAS

Protincab v1.0

Dimensionamiento Del Cabecal

Resultados Totales		
Diámetro	13.329098	in
Presión de Crotchar	7.175282	psia
Selección de tubería comercial		
Tubería de acero al carbono		
Diámetro interno 13.38", 14" Nominal Cédula 10		
Factor de fricción	0.015498	
Presión de salida	14.708098	psia
Presión de entrada	17.882543	psia
M. C. F. P.	0.008098	psia
Presión asométrica	1.312943	psig
Caida de presión	1.312943	psia

Ante este dato y oprima una tecla para continuar

4.4.- DIMENSIONAMIENTO DEL CASERAL

Varias pantallas de las presentadas en secciones anteriores son comunes con el dimensionamiento del quemador. Por ello solo se presentan las que son exclusivas de este módulo. En las otras pantallas aplica las mismas alternativas y recomendaciones.

4.4.1.- CAPTURA DE DATOS

Dimensionamiento Del Quemador

Quemador	
Fración de calor irradiada ..	0.300000
Presión de salida	34.700000 psig
Número de Mach	0.200000
Número de componentes	1
Número de intervalos	10.000000
Máxima radiación permitida ..	1000.00000 BTU/hr
Velocidad del viento	10.500000 ft/mph
Factor ambiental	
Utilizar Colebrook (S/N)	(S)
Velocidad constante (S/N)	(S)
Resultados parciales (S/N)	(S)
Imprimir (S/N)	(S)

4.4.1.1- RADIACION PERMITIDA

Problemas v.0

Dimensionamiento Del Quemador

Quemador		
Fración de calor irradiada ..	0.300000	
Presión de salida	34.700000 psig	
Núm	Radiación Permitida	
Núm	Distancia	0.000000
Núm		hr
Vel		sq
Facto		
Utilizar Colebrook (S/N)	(S)	(S)
Velocidad constante (S/N)	(S)	(S)
Resultados parciales (S/N)	(S)	(S)
Imprimir (S/N)	(S)	(S)

Introduzca los datos correspondientes y oprima <-> [ESC] Registrar.

4.4.1.2.- FACTOR AMBIENTAL

Problemas v1.0

Dimensionamiento del Quasador

Quasador		
Fracc	Factor Ambiental	
Fract		lg
Númer	1> Condiciones Extremas	1/5
Númer	2> Condiciones Neutrales	1/4
Númer	3> Inversión Moderada	1/3
Númer	4> Inversión Fuerte	1/2
Veloc		M/hr
Fract		/seg
MSIII		
Veloc		
MSIII		
Imprim		

Introducir los datos correspondientes y oprimir <= > [ESC] Imprimir.

4.4.2.- RESULTADOS

Problemas v1.0

Dimensionamiento del Quasador

```

----- Resultados Totales -----
Velocidad crítica.....
Flejo Volumétrico.....
N. V. F. ....
Area.....
Diámetro.....
Calor liberado.....
Longitud de flama.....
Velocidad axial.....
Distorsión eje X.....
Distorsión eje Y.....
Distancia mínima.....
Altura de chimenea.....
Caida de presión.....
Presión de entrada.....
Presión de salida.....

```

Imprimir (S/S) [S]

4.5.- SELECCION DE UNIDADES

Al seleccionar el sistema de unidades aparece la siguiente pantalla. En caso de no activar esta alternativa el programa evaluará propiedades y dimensionará el equipo en el sistema inglés.



Seleccionar la opción y apriete ↵

CAPITULO 5.- ANALISIS DE RESULTADOS

5.1.- CONFIABILIDAD

Al efectuar un programa de cálculo es necesario comprobar que los resultados obtenidos sean correctos. Una manera de comprobarlos es realizar el cálculo manual para un caso supuesto. Sin embargo, esto no garantiza que el resultado es correcto, ya que una suposición mal planteada o un error en el algoritmo genera de un resultado igual en ambos casos pero erróneo para fines reales. Por ello, es conveniente conseguir el caso de una planta que ya se encuentre en operación. Si los resultados obtenidos son muy similares a los de esta planta y ésta a su vez ha estado en operación durante varios años sin accidentes, es posible que el programa realice los cálculos de manera correcta. Para el caso de este trabajo, se hizo el cálculo manual para un caso supuesto así como para casos ya existentes.

En México, la tendencia hacia el desarrollo de programas computacionales se ha visto incrementada. Sin embargo, debido a que en muy pocas ocasiones las empresas desarrollan una misma tecnología, es difícil conseguir un programa similar con el cual se pueda efectuar una comparación. El desarrollo de este programa surgió con la necesidad de PYCOMSA de contar con un programa que pudiera evaluar y dimensionar ciertos equipos y parámetros, ya que la naturaleza de muchos de sus proyectos así lo requería. Se tenía el antecedente de que en el Instituto Mexicano del Petróleo se contaba con un sistema que era capaz de realizar esos cálculos. Cuando se llega a este cruce de alternativas, se presentan dos caminos posibles. En primer lugar, la vía sencilla que consiste en otorgar parte del proyecto a una empresa tecnológicamente capacitada, o en segundo lugar, la vía

que requiere de más tiempo pero que a la larga rinde más frutos y que consiste en desarrollar un programa computacional propio que eventualmente se pueda comercializar. El tiempo y los recursos empleados demostraron que no solamente fue factible sino también ventajoso. Hoy en día, la empresa es capaz de entregar resultados confiables en tiempos cortos, economizando horas-hombres para sí misma así como para empresas y clientes que requieran de sus servicios.

3.1.- EJEMPLO ILUSTRATIVO

Aunque por razones de seguridad no fue posible conseguir el algoritmo del programa ni el programa mismo, sí fue posible conseguir resultados obtenidos por el programa del I.M.P. A continuación se observan resultados de presión de salida de ciertos tramos que conforman a un sistema real que actualmente se encuentra en operación dentro del territorio nacional.

Una análisis permite afirmar que los resultados obtenidos son excelentes, ya que la diferencia entre unos y otros es para efectos prácticos despreciable. En los últimos tramos donde el resultado se aleja un poco más al compararlo con el punto de referencia, la diferencia es menor al 0.15%. En tramos iniciales la diferencia es menor al 0.086%. Con ello se demuestra que los resultados son confiables y que por lo tanto el programa puede usarse con seguridad siempre que se tomen en cuenta las suposiciones y recomendaciones planteadas en los capítulos anteriores.

TRAMO	IMP (PSIA)	PECORSA (PSIA)
1	17.1277	17.1288
2	17.1372	17.1383
3	17.1874	17.1884
4	18.4824	18.4819
5	21.9498	21.9503
6	23.2886	23.2892
7	24.5884	24.5872
8	24.7583	24.8764
9	24.9380	24.8854
10	25.1445	25.0812
11	27.0080	28.4638

Los resultados obtenidos con la opción del dimensionamiento del quemador se cotejaron con una corrida de prueba que se encuentra en (10). Así mismo, se puede afirmar que para este caso las diferencias también se pueden despreciar.

PARAMETRO	PECORSA	API
N. V. P. (ft/meg)	188.86	189.32
Flujo volumétrico (ft ³ /meg)	334.31	333.8
Diámetro (ft)	1.49	1.5
Área de flujo (ft ²)	1.76	1.78
Calor liberado (Btu/h)	2.15E+9	2.15E+9
Longitud de la flama (ft)	189.82	178
Distorsión eje X (ft)	147.32	148.28
Distorsión eje Y (ft)	55.68	55.72
Distancia mínima (ft)	138.8	131
Altura de chimenea (ft)	71.8	75

5.3.- CONCLUSIONES

1.- La ventaja más sobresaliente del programa consiste en proporcionar un gran ahorro de horas-hombre y de recursos humanos y económicos. Un caso típico de un sistema de relevo que conste de 24 tramos y 13 equipos requiere para una sola simulación de 100 horas si se hace manualmente y de 3 horas si se emplea el programa. Ahora bien, cuando se decide cambiar parámetros y jugar con las variables el tiempo se hace verdaderamente incalculable.

No se debe olvidar que el análisis final de resultados no lo puede hacer el programa. Es obligación del usuario analizar, verificar, y cuestionar la validez de los resultados obtenidos. Muchas veces un programa mal alimentado puede redundar en resultados no válidos. Ningún programa de computación es capaz de verificar por sí mismo si los resultados son correctos desde un punto de vista práctico o de operación. Al analizar objetivamente los resultados, el ingeniero puede optimizar otras variables y maximizar los recursos disponibles, como es el tiempo, la fuerza de trabajo, energía, finanzas, etc.

2.- La importancia de los sistemas de relevo es grande para países como México en donde la gran actividad de la industria petroquímica y química en general requiere de servicios de apoyo que den máxima seguridad a sus instalaciones industriales.

3.- La estructura modular del programa permite un crecimiento eventual, conforme se vaya requiriendo. Existe la posibilidad de añadir sistemas de cálculo relacionados con los sistemas de desfogeo. Como punto de partida, esta primera versión del programa le da a la compañía una ventaja competitiva sobre otras firmas de ingeniería en el área de proceso. Como recomendaciones para posibles módulos se encuentra la de dimensionar un tanque de separación y de sellado, flujo a dos fases, régimen no permanente, otras ecuaciones de cálculo, etc.

APENDICE A

COMPARACION CUALITATIVA DE CUATRO ESCUDOS

ESCUADO	COMESOL	AGROPECUARIO	UNION	MIA	DESCRIPCION
GASTO BAJO	E	E	E	E	RESISTENCIA
	E	E	E	E	RESISTENCIA ALTA
	E	E	E	E	RESISTENCIA BAJA
	E	E	E	E	LONGITUD-CORSA
	E	E	E	E	LONGITUD-LARGA
GASTO MEDIO	E	E	E	E	COMETRO
	E	E	E	E	RESISTENCIA
	E	E	E	E	RESISTENCIA ALTA
	E	E	E	E	RESISTENCIA BAJA
	E	E	E	E	LONGITUD-CORSA
GASTO ALTO	E	E	E	E	LONGITUD-LARGA
	E	E	E	E	COMETRO
	E	E	E	E	RESISTENCIA
	E	E	E	E	RESISTENCIA ALTA
	E	E	E	E	RESISTENCIA BAJA

LEYENDA

- E = EXCELENTE
- B = BUENO
- R = REGULAR
- M = MALO

A P E N D I C E . B

LISTADO PARCIAL DEL PROGRAMA

Procedure Contour;

```

Begin
  IF length(X) then length(Y)=length(X);
  FreeCalc:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
  Contour:=Contour+FreeCalc*length(X)*length(X)*length(X);
  IF FreeCalc=FreeCalc then
    Begin
      FreeCalc:=1;
    End
  Else
    Begin
      FreeCalc:=1;
    End
  End;
End;
End;
End;

```

Procedure Contour;

```

Begin
  IF length(X) then length(Y)=length(X);
  Contour:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
  FreeCalc:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
  Contour:=Contour+FreeCalc*length(X)*length(X)*length(X);
  IF FreeCalc=FreeCalc then
    Begin
      FreeCalc:=1;
    End
  Else
    Begin
      FreeCalc:=1;
    End
  End;
End;
End;
End;

```

IF length(X) then length(Y)=length(X);
 Contour:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 FreeCalc:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 Contour:=Contour+FreeCalc*length(X)*length(X)*length(X);
 IF FreeCalc=FreeCalc then
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 Else
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 End;
 End;
 End;
 End;

IF length(X) then length(Y)=length(X);
 Contour:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 FreeCalc:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 Contour:=Contour+FreeCalc*length(X)*length(X)*length(X);
 IF FreeCalc=FreeCalc then
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 Else
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 End;
 End;
 End;
 End;

IF length(X) then length(Y)=length(X);
 Contour:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 FreeCalc:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 Contour:=Contour+FreeCalc*length(X)*length(X)*length(X);
 IF FreeCalc=FreeCalc then
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 Else
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 End;
 End;
 End;
 End;

IF length(X) then length(Y)=length(X);
 Contour:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 FreeCalc:=copy(1:1000)/length(X)*length(X)/length(X)*length(X)*length(X);
 Contour:=Contour+FreeCalc*length(X)*length(X)*length(X);
 IF FreeCalc=FreeCalc then
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 Else
 Begin
 FreeCalc:=1;
 End
 End;
 End;
 End;
 End;

```

        ENDIF
        IF NOT (C=1,1,2) THEN
            UNTIL SPACES=0 DO
                IF (SPACESTRLEN(C)=1) AND (STRLEN(C)=1) THEN
                    IF C=1
                        MATRIZ=C, MATRIZ;
                    ELSE
                        IF (C=2) THEN
                            COMPONENTES=ROUND(MATRIZ, MATRIZ);
                            STRLEN(C)=1;
                        END
                    ELSE
                        VALOR=C El archivo no es de tipo C#, 'Intentar otra vez (C#) P ( )';
                        WAIT(10);
                    END;
                    ELEMENTO=C;
                END
            ELSE
                ACTUAL=ACTUAL+C;
            END
        ELSE
            MATRIZ=ACTUAL;
            STRLEN(C)=1;
        END;
        UNTIL SPACES=0 DO
            END;
        END;
    END;
END;

```

PROCEDIM. CARGAR;

PAR

ARCHIVO: FILE DE TIPO C#;

FIN

MATRIZ, MATRIZ=COMPONENTES;

ELIMINAR;

STRLEN(C)=1, C, C, C, ' ', MATRIZ;

CONTENID, 'Estructura de Componentes';

CONTENID, C, C, C, C, ' ', MATRIZ;

CONTENID, 'Cantidad de Datos';

STRLEN(C)=1, C, 'Estructura de Datos';

CONTENID;

CONTENID;

CONTENID, 'Introduzca el nombre del archivo en el que van a guardar los datos.';

SPACES=1;

ACTUAL=ACTUAL+C;

UNIT PROGRAM;

_____ INTERFACE _____

INTERFACE

USES CRT, PASCAL, INT;

FUNCTION MOSTRAR(MTE: MTE);

PROCEDURE CAPTURAR;

PROCEDURE CARGAR;

PROCEDURE GUARDAR;

..

_____ IMPLEMENTATION _____

IMPLEMENTATION

VAR

ARCHIVO: MTE;

PROCEDURE CARGAR;

VAR

ARCHIVO: FILE OF TYPEDATE;

BEGIN

REPEAT

 WRITE(' ');

 SHOWMSG(11, 0, 71, 0, ' ', 'MIGRATED');

 CONTINUE, 'Captura De Componentes?');

 SHOWMSG(10, 10, 81, 14, ' ', 'MIGRATED');

 CONTINUE, ' Cargar Datos? ');

 WRITE('N', 12, ' Cargar? ');

 WRITE(' ');

 CONTINUE, ' '

 CONTINUE, 'Introduzca el nombre del archivo a cargar (con extensión).';

 WRITE('***');

 INVERSE('N');

 CLOSE(ARCHIVO);

 REWRITE(ARCHIVO, 11, 0, 81, 14, ' ');

 WRITE(ARCHIVO);

 IF ARCHIVO <> ' ' THEN

 BEGIN

 ARCHIVO := ARCHIVO; ARCHIVO :=

 (0) - 1

 REWRITE(ARCHIVO);

 (0) + 1

 FORDER := FORDER + 1;

 IF FORDER = 0 THEN

 BEGIN

 WRITE(' ');

 CONTINUE, ' '

 CONTINUE, 'Asegúrese de haber guardado los datos antes de continuar.'; **)

 SHOWMSG(10, 11, 81, 14, ' ', 'MIGRATED');

 CONTINUE, ' A T E N C I O N? ');

 CONTINUE, 'Todos los datos actuales se perderán? ');

 CONTINUE, 'Cargar Archivo (S/N) T E N? ');

 WRITE(' ');

 INVERSE('N');

 WRITE('***');

END

```

MAGNETO.12,SLACTUALAME;
SPYINGOACTUALAME;
IF ACTUALAME="" THEN
  BEGIN
    MICHROSOFTACTUALAME;
    (4)-1
    MICHROSOFT;
    (4)-1
    IF IODEULT-8 THEN
      IF OLMARD+ACTUALAME THEN
        STRING(10)="P"
      ELSE
        STRING(10)="E"
    ELSE
      STRING(10)="G";
    IF UP(10)STRING(10)="" THEN
      BEGIN
        MICHROSOFT;
        MICHROSOFT,MAILED;
      END
    ELSE
      ACTUALAME+OCLAME;
    OCLAMEOCLAME;
  END IF;
ELSE
  ACTUALAME+OCLAME;
END ;

```

PRECEDERE CAPTA;

VA

LOCAL.STR;

REC IN

DIR="" ;

FILE=FILE;

MAILED;

OSASOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT;

OSASOFT(10,10,70,5) ; MICHROFT;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ; MICHROFT ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

OSOFT(10,1,70,5) ;

10

END; | DISPLAY_TEMP;

PROCEDURE DISPLAY_VALUES;

BEGIN

 CONTEXT;

 CONTEXT(1,0); PRINT LONGITUDE(1,0); CONTEXT(2,0); DB '°';

 CONTEXT(1,1); PRINT IP_ADDRESS(1,1); CONTEXT(3,1); PRINT '°';

 CONTEXT(1,2); PRINT PORT(1,2); CONTEXT(3,2); '°';

 CONTEXT(1,3); PRINT COUNTRY(1,3);

 CONTEXT(1,4); PRINT IP_ADDRESS(1,4); CONTEXT(3,3); DB '°';

 CONTEXT(1,5); PRINT IP_PORT(1,5);

 CONTEXT(1,6); PRINT IP_COUNTRY(1,6);

 CONTEXT(1,7); PRINT IP_PORT(1,7);

 CONTEXT(1,8); PRINT IP_PORT(1,8);

 CONTEXT(1,9); PRINT IP_PORT(1,9);

 CONTEXT(1,10); PRINT IP_PORT(1,10);

 CONTEXT(1,11);

END; | DISPLAY_VALUES;

PROCEDURE DATA_LOAD;

VAR

 LONGITUDE VARCHAR(10);

 IP_ADDRESS VARCHAR(15);

BEGIN

 LONGITUDE := 0;

 IP_ADDRESS := 0;

 PORT := 0;

 COUNTRY := 0;

 IP_PORT := 0;

 IP_COUNTRY := 0;

 IP_PORT := 0;

 RETURN;

 CONTEXT(1,3, '0.0.0.0', 'IP_ADDRESS');

 CONTEXT(4, '01 settembre 2023 del Cereali');

 CONTEXT;

 CONTEXT(2, 'Introduco i dati corrispondenti e apris 1-10 IPCC Register.');

 DISPLAY_TEMP;

| EXECUTE

 DISPLAY_VALUES;

 CONTEXT(1,0,0,0, LONGITUDE);

 IF LENGTH(TEMP)

 BEGIN

 DISPLAY_VALUES;

CAPITULO 8.- BIBLIOGRAFIA

- (1) Stankko, Nicolas. The Oil and Gas Journal Feb. 1956, 141.
- (2) Stankko, Nicolas. The Oil and Gas Journal Feb. 1956, 256.
- (3) Stankko, Nicolas. The Oil and Gas Journal Mar. 1956, 153.
- (4) Mak, Henry Y. The Oil and Gas Journal 1978, 74, 168.
- (5) Sevilla, Jorge A. Chemical Engineering 1978, 88, 138.
- (6) Lowley, Herbert C. Chemical Engineering 1978, 88, 81.
- (7) Anderson, Floyd E. Chemical Engineering May, 34, 1974, 128
- Klett, Trevor. Hydrocarbon Processing 1977, 56, 98.
- (8) American Petroleum Institute. Recommended Practice for the Design and Installation of Pressure-Relieving Systems in Refineries. API RP 520 Part 1, Third Edition, 1967.
- (9) American Petroleum Institute. Guide for Pressure Relief and Depressuring Systems. API RP, First Edition, 1968.
- (10) American Petroleum Institute. Manual on Disposal Refinery Wastes. Volume 3, Fifth Edition, 1967.
- (11) Instituto Mexicano del Petróleo. Diseño de Sistemas de Alivio de Presión. 1978.
- (12) Streeton L., Victor y E. Benjamin Mylle. Mecánica de Fluidos; McGraw-Hill: México, 1986.
- (13) Perry, Robert and Don Green. Chemical Engineer's Handbook; McGraw-Hill: U.S.A. 1984.
- (14) Crane. Flow of Fluids; Crane Co: Chicago, 1967.

- (16) Fumarela, G. Hydrocarbon Processing 1983, 61, 146.
- (17) Herbert, J. Keith. Comparison of Flaring and Thermal Combustion. Hodge Hill, Inc.; Oklahoma, 1983.
- (18) Frankland, P.B. Hydrocarbon Processing 1978, 57, 109.
- (19) Swan, Tom. Mastering Turbo Pascal. Hayden; New Jersey, 1986.
- (20) Turbo Pascal User's Guide. Borland; California, 1987.
- (21) Changha Tash, Tom. Chemical Engineering Aug. 19, 1985, 86.
- (22) Conkling, P.E. Hydrocarbon Processing 1980, 59, 124.
- (23) Kendall, Paul. Chemical Engineering Jan. 29, 1981, 89.
- (24) Isaacs, Marc. Chemical Engineering Feb. 22, 1971, 113.
- (25) Turbo Pascal Reference Guide. Borland; California, 1987.
- (26) Turbo Pascal Complete Reference (Version 5). Borland/Codegear/Hodge Hill; California, 1988.