



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**ESTIMACION DE LA CAPACIDAD DE LOS
SERVICIOS AUXILIARES EN UNA
PLATAFORMA**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO**

**P R E S E N T A:
RAUL HERNANDEZ SANCHEZ**

DIRECTOR DE LA TESIS: I.Q. RENE DE LA MORA MEDINA

CUAUTITLAN IZCALLI

1985



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

RESUMEN.	1
I. INTRODUCCION.	3
II. TIPOS DE PLATAFORMAS.....	5
1.0 FACTOR DE DISEÑO EN PLATAFORMAS.....	10
III. SERVICIOS AUXILIARES.....	14
1.0 DEFINICION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.....	14
2.0 INGENIERIA DE PROYECTO.....	15
2.1 FASES DE UN PROYECTO.....	15
3.1 SECCIONES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESION.....	18
3.1.1 SISTEMA DE COMPRESION DE GAS AMARGO.....	18
3.1.2 SISTEMA DE DESHIDRATACION DE GAS AMARGO.....	21
3.1.3 SISTEMA DE ENDULZAMIENTO DE GAS AMARGO.....	21
3.2 BASES DE DISEÑO.....	25
3.2.1 TIPOS DE PROCESO.....	25
3.3.0 CAPACIDAD Y RENDIMIENTO.....	25
3.3.1 FACTOR DE SERVICIO.....	25
3.3.2 CAPACIDAD.....	25
3.3.3 DISEÑO.....	25
3.3.4 NORMAL.....	25
3.3.5 MINIMA.....	25
3.4.0 FLEXIBILIDAD.....	26
3.5.0 CARACTERISTICAS DE LAS ALIMENTACIONES.....	26
3.5.1 GAS DE BAJA PRESION.....	26
3.5.2 GAS DE ALTA PRESION.....	27
3.6.0 ESPECIFICACION DE LOS PRODUCTOS.....	27
3.6.1 GAS AMARGO DESHIDRATADO.....	27
3.6.2 AGUA TRATADA.....	27
3.7.0 CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN L.B.....	27
3.8.0 CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN L.B.....	28
3.9.0 SERVICIOS AUXILIARES.....	28
3.9.1 AGUA.....	28

3.9.2	GAS COMBUSTIBLE.....	28
3.9.3	GAS INERTE.....	29
3.9.4	AIRE.....	29
3.9.5	ACEITE DE CALENTAMIENTO.....	29
3.9.6	DIESEL.....	30
3.9.7	ENERGIA ELECTRICA.....	30
3.9.8	TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	30
3.9.9	DESFOGUE.....	30
3.9.10	ALIMENTACION DE MOTORES.....	30
3.9.11	ALIMENTACION DE CORRIENTE.....	30
3.9.12	ESTRUCTURA DE LA PLATAFORMA.....	30
3.9.13	LOCALIZACION DE LA PLANTA.....	30
IV.	FUENTES DE SUMINISTRO Y SISTEMAS TIPICOS.....	32
1.0	AGUA.....	32
1.1	FUENTES DE SUMINISTRO.....	32
1.2	SERVICIOS DE AGUA.....	34
1.3	SISTEMAS DE DESALINIZACION DE AGUA DE MAR.....	38
2.0	GAS INERTE.....	44
2.1	COMPOSICION.....	46
2.2	GENERACION.....	46
2.3	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.....	48
3.0	ACEITE DE CALENTAMIENTO.....	50
3.1	FACTORES PARA LA SELECCION DEL SISTEMA.....	50
3.2	CARACTERISTICA DE LOS SISTEMAS FASE VAPOR.....	52
3.3	CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS FASE LIQUIDO.....	53
4.0	AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS.....	59
4.1	COMPOSICION Y PROPIEDADES DEL AIRE.....	59
4.2	EFECTO DE LA TEMPERATURA Y PRESION EN EL AIRE SATURADO..	60
4.3	CLASIFICACION DEL AIRE POR SERVICIO.....	62
4.4	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.....	63
4.5	CAPACIDAD.....	65

4.6	NIVELES DE PRESION.....	70
4.7	SISTEMA DE DISTRIBUCION.....	70
5.0	ENERGIA ELECTRICA.....	71
5.1	TIPOS DE GENERADORES.....	71
5.2	NIVELES DE VOLTAJE.....	72
6.0	DIESEL.....	74
6.1	PROPIEDADES.....	74
6.2	CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.....	74
7.0	TRATAMIENTO DE EFLUENTES.....	77
7.1	SECUENCIAS DE TRATAMIENTO.....	77
7.2	EFLUENTES ACEITOSOS.....	79
7.2.1	SISTEMAS DE CARACTERIZACION.....	79
7.3	DISPOSITIVOS Y PROCESOS DE TRATAMIENTO.....	80
7.4	TRATAMIENTO QUIMICO.....	93
7.5	TRATAMIENTO DE AGUA AMARGA.....	93
7.6	EFLUENTES SANITARIOS.....	96
7.7	TIPOS DE DISEÑO SANITARIO MARINO (MSD).....	96
7.8	CAPACIDAD DE LOS DRENES Y TIPOS DE RECOLECCION DE MSD..	98
7.9	METODOS DE TRATAMIENTO EN LOS MSD.....	100
8.0	ALMACENAMIENTO.....	107
8.1	TIPOS DE RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.....	109

V.	ESTIMACION DE LA CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.....	112
1.1	CRITERIOS ESPECIFICOS PARA LA ESTIMACION.....	112
1.1.1	DESHIDRATACION(30).....	112
1.1.2	ENDULZAMIENTO (30).....	113
1.1.3	AGUA POTABLE.....	114
1.1.4	AGUA CONTRA INCENDIO.....	115
1.1.5	AGUA DE SERVICIOS.....	117
1.1.6	AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS.....	118
1.1.7	ACEITE MINERAL Y SINTETICO.....	118
1.1.8	INHIBIDOR DE CORROSION PARA LOS SISTEMAS DE COMPRESION, ENDULZAMIENTO Y DESHIDRATACION.....	119
1.1.9	ANTIESPUMANTE.....	120
1.1.10	DIESEL COMBUSTIBLE Y ENERGIA ELECTRICA.....	120

	PAGINA
1.1.11 ALMACENAMIENTO.....	120
2.0 CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.....	122
2.1 GAS COMBUSTIBLE.....	122
2.2 ACEITE DE CALENTAMIENTO (1).....	123
2.3 GAS INERTE.....	123
2.4 GLICOL PARA DESHIDRATACION DE GAS (DEG o TEG).....	124
2.5 DIETANOLAMINA PARA ENDOULZAMIENTO DE GAS.....	124
2.6 AGUA DE SERVICIOS Y SERVICIOS.....	125
2.7 ENERGIA ELECTRICA.....	129
2.8 DIESEL COMBUSTIBLE.....	131
2.9 AIRE DE INSTRUMENTOS Y PLANTA.....	132
2.10 OTROS SERVICIOS.....	133
2.11 ALMACENAMIENTO.....	134
 VI. CONCLUSIONES.....	 135
 BIBLIOGRAFIA.....	 139

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo principal establecer los criterios básicos para la Estimación de la Capacidad de los Servicios Auxiliares en una Plataforma de Compresión de Gas, que se instalará en la Sonda de Campeche, con la finalidad de enviar el gas extraído a las plantas de recolección y distribución en tierra, aumentando la eficiencia en la transportación y el aprovechamiento de los recursos que se obtienen de éste.

Inicialmente a manera de introducción, se plantea brevemente el desarrollo de la industria petrolera en México, sus últimos descubrimientos que se han realizado en la plataforma continental (Golfo de México) y los niveles de producción que se han alcanzado en la última década.

En el Capítulo II, se clasifican a los diferentes tipos de plataformas marinas, de acuerdo al servicio que prestan y material de construcción.

Se mencionan también sus características principales y su instalación de acuerdo a la profundidad de lecho marino.

En el Capítulo III, se establecen los diferentes procesos que se instalarán en la plataforma de compresión, las bases de diseño, cuya información técnica se utilizará para el desarrollo de la ingeniería de detalle.

En el Capítulo IV, se describen las fuentes de suministro y los sistemas de generación específicos para cada uno de los servicios auxiliares, que normalmente se han utilizado en las plataformas marinas.

En el Capítulo V, se dan los criterios básicos para la - estimación preliminar de los diferentes servicios auxiliares, - de acuerdo a las bases de diseño en la plataforma.

Finalmente, en el capítulo VI, se resumen las conclusiones obtenidas como resultado del presente trabajo.

I. INTRODUCCION.

El desarrollo petrolero de México, se inició a principios de siglo, cuando en 1904 en el Ebano, San Luis Potosí, se descubre el primer yacimiento de petróleo, con capacidad de producción a escala comercial y para 1921 asciende al segundo lugar como productor mundial de petróleo.

Actualmente, México sigue ocupando uno de los primeros lugares, debido al descubrimiento y explotación marina, en la Sonda de Campeche.

En Campeche, se encuentra el Complejo Cantarell que -- comprende principalmente los campos Akal, Nohoch, Ixtoc, Abkatun, Ku, Pol y Bacab, cuyas extensiones no se conocen con exactitud.

El diseño inicial de la primera plataforma de producción se hizo para 36000 Barriles/Día de crudo, pero en 1978 de la revisión del potencial de los pozos, basándose en perforaciones de prueba, se rediseñó la capacidad de las instalaciones -- para 100000 Barriles/Día de crudo y gas asociado.

Desde el principio de la explotación de crudo en Campeche, los niveles de producción se han incrementado substancialmente. En diciembre de 1979, se alcanzó la cifra de 239720 Barriles/Día. Para 1982, se alcanzó una producción de 2746383 Barriles/Día, la cual se ha mantenido hasta la fecha y con una -- producción de gas de 360 millones de pies cúbicos estándar por día, al entrar en funcionamiento la segunda plataforma de compresión.

Actualmente, la Sonda de Campeche cuenta con 23 plataformas de producción, compresión y enlace; 47 de perforación; - 6 habitacionales; 2 de comunicaciones; 2 de bombeo y una de estabilización. Con la participación mexicana en los servicios de

Ingeniería.

Como parte de los servicios de ingeniería de un proyecto, se encuentran la selección, estimación y especificación de los Servicios Auxiliares de los procesos en una plataforma. El acondicionamiento o generación de los Servicios Auxiliares en la plataforma representa una cuarta parte de la inversión total de la misma, con la posibilidad de disminuir este porcentaje si la selección y estimación de la capacidad de los servicios auxiliares se hace adecuadamente.

Definitivamente, el sector energético ha jugado un papel determinante en el proceso de desarrollo nacional. Ya que ha suministrado la energía necesaria para el funcionamiento y expansión del aparato productivo y ha abastecido buena parte de los insumos para el desarrollo de la petroquímica. Destaca su participación como ganador de divisas, agente financiero internacional y uno de los contribuyentes para el erario público

La inusitada rapidez de su desarrollo originó presiones dentro del propio sector que se tradujeron en insuficiencias, como en el caso de la capacidad de almacenamiento de refinados y crudos, ineficiencia, en los casos de quemar gas a la atmósfera y sobreexplotación de algunos yacimientos.

II. TIPOS DE PLATAFORMAS.

La selección del tipo de plataformas está determinada por la función de la misma, de las características ambientales, del tipo de suelo, etc., instalándose a diferentes profundidades del mar.

Así, los sistemas marinos de explotación de los yacimientos localizados fuera de la costa, presentan una variedad de diseños; los hay de estructura metálica, de concreto o mixtos.

Debido a la extensa variedad de modelos existentes, -- las plataformas marinas, se clasifican en base a diferentes -- criterios tales como: Por el material de construcción, servicio y de acuerdo a su posición (American Bureau of Shipping).

a) Clasificación de acuerdo al material.

Es la clasificación más simple para definir una plataforma. Actualmente se construyen de concreto, de estructura metálica (tipo Jacket), o bien de una combinación de ambos materiales.

b) Por servicio.

También se pueden clasificar de acuerdo al servicio -- que prestan, siendo las más importantes:

1.- Plataformas de Perforación.

En la fase inicial de la explotación de un yacimiento, éste tipo de unidades son las que participan en mayor número; en éstas se realiza la perforación de los pozos, ya sea exploratorios o de producción.

2.- Plataformas de Producción.

El objetivo de una plataforma de producción es, separar de la corriente del pozo al crudo, el gas y el agua (y algunos sólidos en suspensión); transportando el crudo y gas independiente a una estación en el mar o en la costa. El crudo o gas pasan por los módulos adecuados, para recibir algún tratamiento si éstos lo requieren, para después distribuirse a los centros de consumo, plantas o complejos petroquímicos.

3.- Plataformas de Compresión de Gas.

Si las plataformas de producción y los complejos petroquímicos están muy distantes, normalmente se requiere instalar una plataforma de compresión de gas, con el fin de aumentar la eficiencia en la transportación. También si por las características del gas, se requiere deshidratarlo y endulzarlo, en esta plataforma se instalarán módulos de deshidratación y endulzamiento.

4.- Plataformas de Inyección de Agua o Gas.

En la larga vida de producción de un pozo, la extracción del hidrocarburo es cada vez más difícil.

Una manera de recuperación de hidrocarburos es por medio de la inyección de agua o gas al pozo productor.

5.- Plataforma de Enlace.

El crudo y el gas separado en las plataformas de producción (o compresión) se envían independientemente a las unidades de enlace o recolección, para que posteriormente se envíe a tierra.

En ocasiones y cuando así resulte conveniente, se uti-

lizarán plataformas mixtas de enlace de crudo y gas.

6.- Plataformas Habitacionales.

El personal de operación y mantenimiento en cualquier plataforma se alojará en unidades habitacionales. Los servicios que en ellas se requieren son: energía eléctrica, agua potable y servicios, gas combustible, módulos de recreación, etc.

7.- Plataformas Múltiples.

En esta plataforma se localizan varios módulos que --- prestan servicios diferentes, por ejemplo: Producción-Compresión-Habitacional.

c) American Bureau of Shipping (A.B.S.)

La A.B.S. clasifica a las plataformas de acuerdo a su posición: Sumergibles fijas, autoelevadizas y flotantes.

1.- Plataformas Sumergibles Fijas.

Este tipo de unidades quedan instaladas en el lugar en donde se lleva a cabo la explotación del hidrocarburo por lo menos durante la vida productiva del pozo.

La plataforma sumergible fija actualmente se construye de concreto, de estructura metálica normalmente llamada tipo Jacket. La selección de cualquiera de los dos tipos depende -- de la cantidad de equipo que se desee instalar, de los servicios que pueda prestar (almacenamiento de crudo o servicios auxiliares), de las características del suelo (blando o duro), y de la profundidad del tirante marino (tipo Jacket hasta 100 m., concreto hasta 160 m.).

Las partes principales de una plataforma fija de acero son:

- a) Superestructura.- Es la parte que emerge del agua
- b) Elemento Superior.- Denominado cubierta del sótano y cubierta principal o "deck".
- c) Subestructura.- 0 sección inferior de la plataforma.

Una plataforma de concreto, al igual que la de estructura de acero, se conforma esencialmente de tres partes:

- a) Pedestal de Estructura Celular.

Es la cimentación de la plataforma, la cual transmite los esfuerzos que le son aplicados al suelo. Las celdas desempeñan el papel de flotador, permitiendo al ser transportadas - verticalmente y además se utilizan para almacenamiento del hidrocarburo extraído o de varios servicios auxiliares.

- b) Estructura Vertical.

Proporciona el soporte de la cubierta, sobre el cual - se colocarán los equipos. Permite el acceso del personal, tubería o bien al equipo de perforación.

- c) Cubierta de Concreto.

Su objetivo es recibir el equipo de explotación, sondeo, producción, tratamiento, habitacional, etc.

2.- Plataformas Autoelevadizas.

El 95% de éstas unidades están destinadas únicamente - para trabajos de perforación de pozos exploratorios. La particularidad que presentan en su diseño éstas plataformas, no se pueden considerar ni como plataformas fijas, ni como flotantes

No se les puede considerar como plataformas flotantes, porque cuando se encuentran operando dejan de ser unidades flotantes para convertirse temporalmente en plataformas fijas.

Las plataformas autoelevadizas reúnen las ventajas que ofrece una plataforma fija, al efectuar las operaciones de perforación sin afectar el movimiento originado por el mar, también las ventajas que ofrece una barcaza de perforación al moverse de un lugar a otro, sin pérdidas apreciables de tiempo.

Según los diseños convencionales que actualmente se tienen, las plataformas autoelevadizas pueden agruparse en dos categorías:

i.- Unidades Soportadas en Una Base Común.

Las plataformas que descansan en una base común, son diseñadas para trabajar en zonas relativamente parejas. Se utilizan para pequeños tirantes marinos entre 5 a 10 m.

ii.- Unidades con Patas Independientes.

Utilizan sistemas electro-hidráulico, accionando las patas con sólo oprimir botones, accionando simultáneamente o independientemente. El movimiento se controla mediante potentes engranajes reductores, accionados por motor eléctrico.

La penetración en el lecho marino oscila entre 40 y 50 m.

3.- Unidades Flotantes.

Se les puede dividir por su diseño y forma de operar en dos grupos

i.- Semisumergibles o de Columnas Estabilizadas.

Se diseñan para la perforación de pozos y posteriormente para la producción, cuando las operaciones son difíciles, sobre todo cuando la profundidad del tirante marino es grande, y severas condiciones de mar y viento.

Tienen mayor estabilidad, principalmente contra movimientos de balanceo, ofreciendo mayor seguridad.

ii.- Barcos o Barcazas.

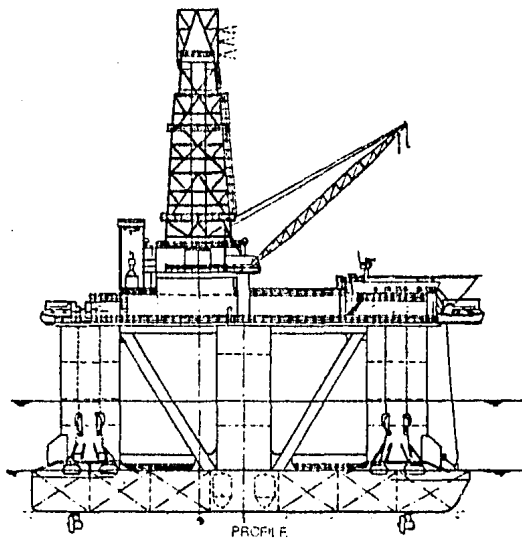
Se emplean para instalar el equipo de perforación sónica. Estas unidades tienen las desventajas de requerir equipo especial como compensadores de movimiento vertical, compensadores de balanceo, sistemas especiales de anclaje, etc., que incrementan el costo de operación.

En la fig. 1, se muestran diferentes tipos de plataformas.

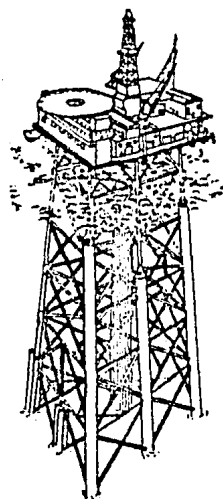
II.1 FACTORES DE DISEÑO EN PLATAFORMAS.

El uso múltiple de las plataformas, hace necesario para el buen funcionamiento de las diferentes operaciones que se realicen en las etapas de perforación-producción del crudo y gas, se considere que para las nuevas instalaciones estructurales, - en donde los requerimientos de los equipos de perforación-producción, son razonablemente conocidos, el arreglo de equipo deberá estar de acuerdo a los códigos internacionales.

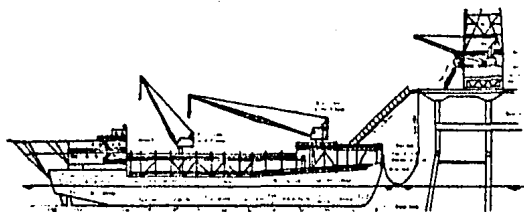
En los espacios estrechos de la plataforma, las consideraciones prioritarias para el arreglo de equipo son fundamentalmente, la seguridad, preservación de la contaminación, la relación de líquidos inflamables o vapores, generados en la operación normal o de emergencia.



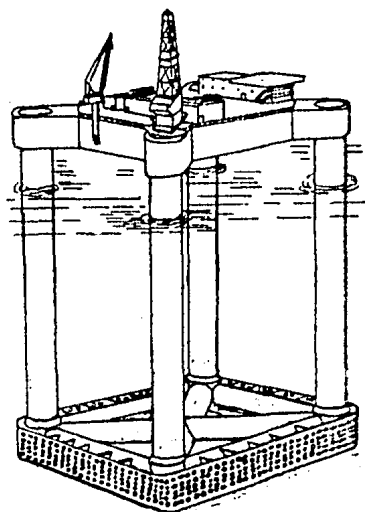
a) PLATAFORMA FLOTANTE



b) PLATAFORMA FIJA



c) BARCO



d) PLATAFORMA CONCRETO

FIGURA 1. TIPOS DE PLATAFORMAS

La planeación y arreglo del equipo de perforación-producción por seguridad, operación eficiente y mantenimiento, requiere de contemplar ciertos factores, siendo los más importantes los siguientes:

a) Espacio.

Es importante para el desarrollo de una operación eficiente y segura.

b) Diseño.

El equipo deberá diseñarse de acuerdo a los estándares internacionales o con las normas gubernamentales locales.

c) Areas de Tubería.

Deberán planearse para minimizar el número de retornos innecesarios, así como los problemas de corrosión y erosión, - ocasionados por el tipo de fluido a manejar.

d) Seguridad del Personal.

Se necesita una planeación adecuada de salidas de emergencia, arribo y retorno del personal.

e) Sistema de Paro-Arranque.

Un diseño propio del sistema paro-arranque, detectará operaciones anormales o condiciones peligrosas en el equipo.

f) Sistema de Relevo de Emergencia y Flares.

Los sistemas de relevo de emergencia y quemadores asociados con los equipos de proceso, deberán diseñarse y localizarse considerando la cantidad de combustible a relevar, la dirección de los vientos dominantes y reinantes, y para las con-

diciones más críticas que se pueda presentar.

g) Previsión de la Contaminación.

En la planeación y construcción del equipo de proceso y servicios en la plataforma, deberá incluir los métodos de - recepción y sistemas de tratamiento de desechos.

h) Condiciones Ambientales.

Para el diseño tanto de la plataforma y equipo, se contemplará las condiciones metereológicas del medio ambiente tales como: Temperatura, humedad, velocidad del viento, etc.

III. SERVICIOS AUXILIARES

Para obtener uno o varios productos a partir de sus materias primas correspondientes, es necesario que éstas pasen - por una serie de etapas de transformación consecutivas e interrelacionadas, con el objeto que se produzca el "cambio" parcial o total, y de ésta manera obtenerse el producto deseado. A éste conjunto de etapas o pasos se le denomina un proceso.

Para que los procesos operen adecuadamente necesitan - de fuentes materiales externas, conocidos como Servicios Auxiliares.

1.0 DEFINICION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.

Los Servicios Auxiliares, son aquellos fluidos generados o dispositivos instalados dentro o fuera de los límites de batería de la planta, aplicados a un proceso, para su adecuada operación de arranque, normal y de emergencia.

Se les clasifica en dos categorías:

a) Primarios.

Son aquellos servicios vitales para la operación del proceso; agua de enfriamiento, gas inerte, aceite de calentamiento, aire de instrumentos, energía eléctrica y diesel combustible.

b) Secundarios.

No son indispensables para la operación del proceso, pero también tienen una gran importancia en la planta, debido a que se utilizan como sistemas de seguridad, contra la contaminación o para la subsistencia del personal, entre ellos encontramos al agua contra incendio y potable, tratamiento de --

efluentes, aire de planta y almacenamiento.

2.0 INGENIERIA DE PROYECTO.

Un proyecto, es una concepción de planeación, que se establece para llevar a cabo una serie de actividades permitiendo alcanzar un objetivo establecido a través del surgimiento de una necesidad.

La ingeniería de proyecto, es una actividad de tipo interdisciplinaria, que tiene como objetivo optimizar la realización de los proyectos industriales, para que la ingeniería se desarrolle en el menor tiempo, al menor costo, alta calidad y el mejor aprovechamiento de los recursos humanos.

Para lograr alcanzar las metas establecidas, debe de existir una identidad que se avoque a coordinar todas las actividades y administrar los recursos, bajo la responsabilidad de un "Jefe de Proyecto".

2.1 FASES DE UN PROYECTO.

Un proyecto tiene un período de vida finito y bien definido, está constituido por cinco fases principalmente:

- a) Estudio de Factibilidad
- b) Ingeniería Básica o Proyecto Preliminar
- c) Ingeniería de Detalle
- d) Construcción
- e) Arranque

Cada fase debe de estar bien definida; determinando los objetivos, las necesidades y las restricciones. Deberá implementarse separadamente, de tal manera que se pueda tener en ella un instrumento para decidir si se continua en la fase siguiente o se detiene.

a) Estudio de Factibilidad.

Un propietario que tenga la intención de invertir en una planta, debe de investigar, la factibilidad técnica y económica del proyecto. Asumiendo que se dispone de la licencia de proceso y que un estudio de mercado ha arrojado resultados positivos.

El estudio de factibilidad debe de abarcar los siguientes aspectos principales:

- Recursos y subsidios financieros
- Facilidad para el suministro de materias primas
- Localización y disponibilidad de fuentes de energía
- Condiciones climatológicas, topográficas del área
- Costo y disponibilidad del terreno
- Vías de comunicación y facilidades de transporte
- Condiciones ecológicas y facilidades para la eliminación de desechos
- Disponibilidad de los recursos humanos
- Restricciones legales y fiscales que existen en la zona

b) Ingeniería Básica.

Si los resultados del estudio de factibilidad son positivos, se recomienda proceder con la realización del proyecto preliminar.

El costo de un proyecto preliminar no es muy elevado y se puede obtener con una exactitud relativa a partir de los -- costos finales de inversión y operación.

Durante ésta fase, se desarrollarán y determinarán, -- con tanta precisión como sea posible todos los requerimientos, de tal manera de obtener un punto de partida claro para la ingeniería de detalle futura. En forma simultánea será posible -

determinar si todo lo que se ha asumido en el estudio de factibilidad es realista y si los costos totales no sobrepasan los límites fijados.

Durante ésta fase, por lo menos deben prepararse los siguientes documentos:

- Bases de Diseño.

Es el documento en el que se establecen todas las características técnicas que definen los objetivos del proyecto.

Un manual de proceso completo, incluyendo todas las informaciones sobre las materias primas necesarias en el proceso y su calidad; un diagrama de flujo de proceso; diagramas de tubería e instrumentación, los cuales reflejarán los datos técnicos para realizar la ingeniería de detalle; especificaciones preliminares de los equipos principales y una lista de los Servicios Auxiliares.

c) Ingeniería de Detalle.

De los documentos básicos preparados durante la segunda fase, se puede desarrollar todos los planos de detalle, diagramas, especificaciones, memorias de cálculo y la estimación de los Servicios Auxiliares, para la construcción de la planta

Por supuesto, un programa detallado debe de elaborarse lo antes posible. La forma de hacerlo será, en un diagrama de barras o un sistema de ruta crítica, dependiendo del tamaño del proyecto en consideración. Esta programación debe de incluir todas las actividades de ingeniería y fechas de compra, para saber si se puede cumplir con los plazos de entrega.

d) Construcción.

La construcción debe de comenzar lo antes posible, con

la preparación del terreno e instalación de pilotes antes de acabarse la ingeniería de detalle. Las estructuras de acero deben montarse con tiempo suficiente, de manera que el montaje de los equipos pueda comenzar inmediatamente de su llegada a la planta.

Aunque no se haya mencionado anteriormente, también son indispensables algunas actividades de ingeniería, tales como la recopilación de documentos de equipos, la preparación de los manuales de operación y de los planos "asbuilt", necesarios para fines de mantenimiento y reparaciones en la planta.

e) Arranque.

Después de que la construcción se ha terminado, se lleva a cabo las pruebas hidráulicas en tuberías y equipo de acuerdo a los códigos locales, así como los procedimientos de arranque de la planta; y el personal de ingeniería con frecuencia recibe la solicitud de quedarse en calidad de asesores y supervisores.

3.1 SECCIONES DE LA PLATAFORMA DE COMPRESION

El objetivo principal de la plataforma consiste en comprimir y acondicionar el gas para posteriormente enviarse a tierra a los centros de consumo. La plataforma esta constituida por la siguiente sección:

- Sistema de compresión de gas amargo
- Sistema de deshidratación de gas amargo
- Sistema de endulzamiento de gas combustible

3.1.1 Sistema de Compresión de Gas Amargo.

Está constituido por cuatro módulos de compresión, de los cuales tres operan normalmente y uno como relevo (fig. No. 2).

El gas proveniente del separador de baja presión de la plataforma de producción, se alimenta al rectificador de gas - FA-100, eliminando el condensado presente en la corriente de gas, el líquido separado se envía al tanque de desfogue y el gas se alimenta al compresor GB-100A/D, aumentándole la presión.

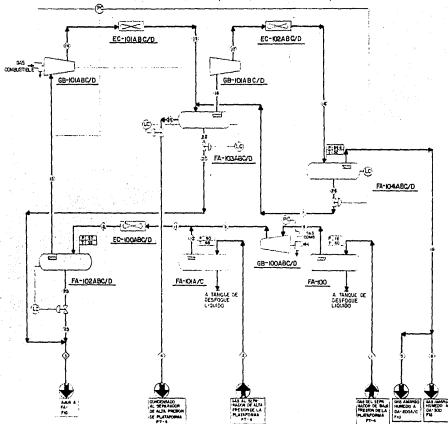
Simultáneamente, el gas del separador de alta presión de la plataforma de producción se alimenta al separador FA-100A/C, en donde el gas separado se une con la corriente de descarga del compresor GB-100A/D, para pasar inmediatamente al enfriador de gas EC-100A/D para controlar la temperatura.

La mezcla gas-condensados producto del enfriamiento, se alimenta al tanque de succión del compresor de alta presión, 1ª etapa, FA-102A/D. El líquido se separa y se envía a control de nivel a la planta de tratamiento de agua aceitosa. El gas separado se envía a la primera etapa del compresor de alta presión GB-101 A/D.

La corriente de gas de descarga del compresor GB-101 A/D, se alimenta al enfriador de gas EC-101A/D. La mezcla gas condensados se envía al separador trifásico FA-103A/D. El agua separada se envía a control de nivel de interfase, al sistema de tratamiento de agua aceitosa; los hidrocarburos se envían al separador de alta presión de la plataforma.

El gas que sale del separador FA-103A/D, se alimenta a la segunda etapa del compresor de alta presión GB-101A/D, enfriándose posteriormente en el EC-102A/D. La mezcla resultante se envía al separador de gas amargo húmedo, FA-104A/D. El condensado se recircula a control de nivel al separador trifásico FA-103A/D. El gas se divide en dos corrientes; una de ellas se envía a la sección de endulzamiento de gas y la otra se alimenta a la sección de deshidratación de gas amargo.

COMPONENTE	CORRIENTE					
	1	2	3	4	5	6
CO2	14.919	1.988	19.940	0.002	0.227	0.227
CO2 DILUIDO	4.63	2.557	2.793	2.632	2.632	
ETANO DE CARBONO	2.26	4.64	2.350	4.600	4.600	
ETANO	2.32	1.927	0.368	1.829	1.829	
ETANO	28.443	28.402	0.104	27.88	27.88	
ETANO	28.418	1.25	1.372	0.26	0.26	
PROPANO	10.347	0.200	10.69	0.272	0.272	
PROPANO	2.525	0.1	2.622	0.04	0.04	
N-BUTANO	7.439	2.748	13.295	3.373	3.373	
PROPANO	1.682	0.430	4.487	0.850	0.850	
N-PENTANO	1.612	0.000	4.971	0.241	0.241	
CL. LI	2.84	1.029	24.992	0.71	0.71	
CONDENSADORES		0.060				
TOTAL 14 m3/m3	144.478	144.478	58.208	579.433	596.026	1253.250
TOTAL 14 m3/m3	45760	104700	10480	20746	20788	3.3551
8 P.P. 7.5 m ³ /m ³		8841		514.4	72.370	
NEW HELLER 100% 14/10	14621	16020		514.4	72.370	
PRECION 14/COMPRES	18	16.0	3.5	16.0	16.4	64.4
TEMPERATURA/C	60	166	12	24	32	52



LISTA DE EQUIPO

- EC-10A/B/C/D EXPANSOR DEL COMPRESOR DE BAJA PRESION
- EC-10A/B/C/D EXPANSOR DEL COMPRESOR DE ALTA PRESION 1ª ETAPA
- EC-10A/B/C/D EXPANSOR DEL COMPRESOR DE ALTA PRESION 2ª ETAPA
- FA-100 RECTIFICADOR DE GAS DE BAJA PRESION
- FA-10A/B/C RECTIFICADOR DE GAS DE ALTA PRESION
- FA-10A/B/C/D TAMBOR DE SUCCION DEL COMPRESOR DE ALTA PRESION 1ª ETAPA
- FA-10B/C/D TAMBOR DE SUCCION DEL COMPRESOR DE ALTA PRESION 2ª ETAPA
- FA-10A/B/C/D SEPARADOR DE GAS AMONIO
- GB-10A/B/C/D COMPRESOR DE BAJA PRESION
- GB-10A/B/C/D COMPRESOR DE ALTA PRESION 1ª ETAPA
- GB-10A/B/C/D COMPRESOR DE ALTA PRESION 2ª ETAPA

FIG.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PLANTA DE COMPRESION DE GAS AMARILLO

U. N. A. M.
 F. E. S. OAJUTLAN
 TESIS PROFESIONAL
 RAUL HERNANDEZ S.

3.1.2 Sistema de Deshidratación de Gas Amargo.

La sección de deshidratación de gas amargo, tiene como finalidad eliminar la cantidad de agua en la corriente de gas, para enviarse a tierra; ya que el agua es la impureza más común, indeseable y dañina que contiene el gas natural.

Alguno de los efectos perjudiciales que ocasiona la -- presencia de vapor de agua son: depósito de sólidos, arrastre de partículas abrasivas, corrosión interna y formación de hi-- dratos.

La deshidratación de gas se efectua por medio de un -- proceso de absorción que utiliza un glicol como agente deshidratante.

La planta está constituida por dos secciones, una de - deshidratación y la otra de regeneración de glicol (fig. No. 3)

3.1.3 Sistema de Endulzamiento de Gas.

La plataforma de compresión, cuenta con tres plantas - endulzadoras de gas, con el objeto de eliminar los gases áci-- dos (ácido sulfhídrico y bióxido de carbono) presentes en la - corriente de gas, evitando los problemas de corrosión en los - equipos que utilicen éste combustible.

El endulzamiento de gas amargo se lleva a cabo, utili-- zando una solución de dietenol amina (DEA) como agente absor-- bente.

La planta está constituida por la sección de absorción y la sección de regeneración de amina (fig. No. 4).

COMPONENTE	CORRIENTE				
	%MS	%MS	%MS	%MS	%MS
ASA	0.580	0.001	0.8	0.0000	0.000
NITROGENO	1.813	1.184	1.688	0.537	2.027
GLICOL DE CARBONO	4.89	4.405	4.828	0.955	1.050
GLICOL SULFONADO	2.813	1.719	2.880	0.848	1.444
ACETANO	37.624	37.710	37.703	0.573	0.388
PROPANO	10.505	10.462	10.700	4.383	10.004
PROPANO	10.310	10.277	10.379	2.882	1.206
ETANO	17.24	1.21	1.317	0.338	1.014
ETANO	14.600	14.028	14.028	0.887	1.588
ETANO	0.542	0.544	0.844	0.143	0.847
ETANO C-1	0.750	0.758	0.708	0.281	0.783
GLICOL		99		0.079	
TOTAL 14.600	154462	154162	0.024	1.673	42213
ETANO	38458	35861	5	494	271
ETANO	80000	80000		13	25.2
PRECISION 1000 Pa	84.4	16.3	1.21	57	131.4
TEMPERATURA °C	54	54	32	33	100

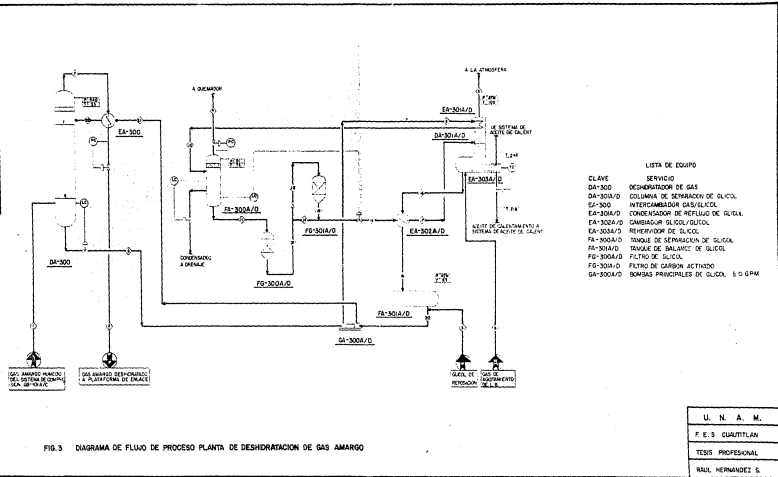


FIG. 3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PLANTA DE DESHIDRACION DE GAS AMARGO

U. N. A. M.
 F. E. S. QUATITLAN
 TESIS PROFESIONAL
 RAUL HERNANDEZ C.

CORRIENTE	COMPOSICIÓN		
	% mol	% mol	% mol
AGUA	0.084	0.71	9.996
ÓXIDO DE CARBONO	3.133	0.100	52.963
ÁCIDO SULFÚRICO	1.588	4.998	28.223
HIROCARBUROS	95.163	99.729	8.996
FLUJO kg/mol/hr	540.2	513.0	31.0
FLUJO kg/hr	19157	13374	1146
Min116/15 @ 20°C kg/cm ²	322.3	306.0	19.5
PRESION kg/cm ² man	84.4	83.1	0.7
TEMPERATURA °C	52	54	52

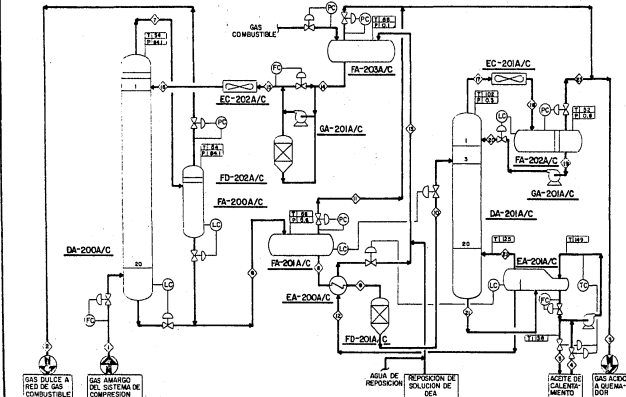


FIG. 4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO PLANTA ENDULZADORA DE GAS COMBUSTIBLE

LISTA DE EQUIPO

CLAVE

SERVICIO

DA-200A/C	TORRE ABSORBEDORA DE GAS ACIDO
DA-201A/C	TORRE REGENERADORA DE DEA
EA-200A/C	INTERCAMBIADOR DEA RICA/DEA POBRE
EA-201A/C	RESERVIVOR DE LA REGENERADORA DE DEA
EC-201A/C	ENFRIADOR DE GAS ACIDO
EC-202A/C	ENFRIADOR DE DEA POBRE
FA-200A/C	SEPARADOR DE DEA
FA-201A/C	TANQUE DE DESORCION DE HIROCARBURROS
FA-202A/C	ACUMULADOR DE REFLUJO DE LA REGENERADORA DE DEA
FA-203A/C	TANQUE DE BALANCE DE DEA
FD-201A/C	FILTRO DE DEA RICA
FD-202A/C	FILTRO DE DEA POBRE
GA-201A/C	BOMBA DE REFLUJO DE LA REGENERADORA DE DEA
GA-202A/C	BOMBA DE DEA POBRE 43.0 GPM

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

3.2.0 BASES DE DISEÑO.

3.2.1 Tipos de Proceso.

Se utilizarán los procesos de compresión, deshidratación y endulzamiento de gas de acuerdo a los diagramas de flujo que se muestran en las fig. 1, 2 y 3.

3.3.0 CAPACIDAD Y RENDIMIENTO.

3.3.1 Factor de Servicio.

La unidad se diseñará para operar los 365 días al año (F.S. 100%).

3.3.2 Capacidad.

3.3.3 Diseño.

La unidad se diseñará para que en la etapa de baja presión maneje $802.2 \text{ Mm}^3 \text{ STD/Día}$ de gas a 20°C y $1 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs.}$, - y la etapa de alta presión $8824.3 \text{ Mm}^3 \text{ STD/Día}$ de gas a las mismas condiciones.

3.3.4 Normal.

Para la etapa de baja presión maneje $713.1 \text{ Mm}^3 \text{ STD/Día}$ a 20°C y $1 \text{ Kg/cm}^2 \text{ abs.}$, y la etapa de alta presión $7129.9 \text{ Mm}^3 \text{ STD/Día}$ de gas a las mismas condiciones.

3.3.5 Mínima.

Está determinada por la capacidad mínima de operación de los compresores, y será del 78% de la capacidad de diseño - de un solo tren de compresión.

3.4.0 FLEXIBILIDAD.

3.4.1 El sistema de compresión está constituido por cuatro - módulos de compresión, tres en operación y uno de relevo, cada uno con una capacidad máxima del 33.3% de la capacidad de diseño de la plataforma.

3.4.2 La planta no operará a falla de energía eléctrica.

3.4.3 Deberán interconectarse los servicios de aire de planta e instrumentos.

3.4.4 No operará la planta a falla de aire.

3.4.5 No se preven aumentos en la capacidad.

3.5.0 CARACTERISTICAS DE LAS ALIMENTACIONES.

3.5.1 Gas de Baja Presión.

a) Composición

COMPONENTES	% MOL
Agua	8.659
Acido Sulfhídrico	4.631
Bióxido de Carbono	3.416
Nitrógeno	0.331
Metano	28.445
Etano	18.434
Propano	18.347
Isobutano	2.653
N-Butano	7.939
Isopentano	1.692
N-Pentano	1.612
N-Hexano (+)	3.841

b) Flujo

1195.137 Kg mol/Hr

713.100 Mm³ STD/Día, 20°C y 1 Kg/cm² abs.

3.5.2 Gas de Alta Presión.

a) Composición

COMPONENTE	% MOL
Agua	3.692
Acido Sulfhídrico	2.557
Bióxido de Carbono	4.647
Nitrógeno	1.927
Metano	56.402
Etano	14.516
Propano	9.300
Isobutano	1.113
N-Butano	3.198
Isopentano	0.637
N-Pentano	0.601
N-Hexano (+)	1.409

b) Flujo

10756.235 Kg mol/Hr

7128.900 Mm³ STD/Día, 20°C y 1 Kg/cm² abs.

3.6.0 ESPECIFICACION DE LOS PRODUCTOS

3.6.1 Gas Amargo Deshidratado.

Contenido máximo de agua: 0.107 Kg/Mm³ STD

3.6.2 Agua Tratada.

Contenido máximo de aceite: 15 ppm

3.7.0 CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN L.B.

ALIMENTACION	PRESION (Kg/Cm ² man.)			TEMPERATURA (°C)		
	MAX.	NOR.	MIN.	MAX.	NOR.	MIN.
Gas de baja presión	1.8	1.8	0.7		60	
Gas de alta presión	6.0	6.0	3.5		66	

3.8.0 CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN L.B.

PRODUCTOS	PRESION (Kg/Cm ² man.)			TEMPERATURA (°C)		
	MAX.	NOR.	MIN.	MAX.	NOR.	MIN.
Gas amargo deshidratado	82.3	82.3		54	54	54
Agua tratada	Atmosferica			52	52	52

3.9.0 SERVICIOS AUXILIARES.

3.9.1 Agua.

SERVICIO	FUENTE	CONDICIONES		CALIDAD	DISPONIBILIDAD
		P Kg/cm ²	T °C		
Potable	Gen. en L.B.	1.8	25	Potable	La necesaria
Contra Incendio	Mar	9.34	25	Mar	La necesaria

3.9.2 Gas Combustible.

a) Composición

COMPONENTE	% MOL.
Agua	0.240
Acido Sulfhídrico	4. ppm
Bióxido de Carbono	0.100
Nitrógeno	2.083
Metano	62.556
Etano	16.941
Propano	11.119
Isobutano	1.302
N-Butano	3.650
Isopentano	0.655
N-Pentano (+)	1.354

Peso Molecular 25.20

Densidad Relativa 0.868

Poder Calorífico 11267 Kcal/m³ STD

SERVICIO	FUENTE	CONDICIONES		CALIDAD	DISPONIBILIDAD
		P Kg/cm ²	T °C		
Gas Comb.	se Gen.L.B.	83.10	54	Controlada	La necesaria

3.9.3 Gas Inerte

a) Composición

COMPONENTE	% MOL
Nitrógeno + Argón	88.08
Dióxido de Carbono	11.04
Monóxido de Carbono	0.01
Hidrógeno	0.01
Oxígeno	0.50
Agua	Saturación

SERVICIO	FUENTE	CONDICIONES		CALIDAD	DISPONIBILIDAD
		P Kg/cm ²	T °C		
Gas Inerte	Se Gen.L.B.	5.3	52	Controlada	La necesaria

3.9.4 Aire

SERVICIO	FUENTE	CONDICIONES		CALIDAD	DISPONIBILIDAD
		P Kg/cm ²	T °C		
Instrumentos	Se Gen.L.B.	8.8	-40	Seco	La necesaria
Planta	Se Gen.L.B.	8.8	-40	Seco	La necesaria

3.9.5 Aceite de Calentamiento.

SERVICIO	FUENTE	TIPO	DISPONIBILIDAD
Ac. Calentamiento.	Tambores	Dawtherm "G"	La necesaria

3.9.6 Diesel

SERVICIO	FUENTE	CALIDAD	DISPONIBILIDAD
Diesel	Por Barco	Centrifugado	La necesaria

3.9.7 Energía Eléctrica.

SERVICIO	FUENTE	TENSION	No. FASES	FRECUENCIA	DISPONIBILIDAD
Ener.Eléc.	Se Gen.L.B.	480 Volts.	3	60 hertz	La necesaria
Emergencia	Baterias	120 volts.	1		Respaldo 8 hr,

3.9.8 Tratamiento de Efluentes.

El diseño se ajustará al reglamento de prevención y control de - contaminación de agua de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, y a la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

3.9.9 Desfogue.

Se diseñará un sistema de seguridad para protección de equipos y quemador.

3.9.10 Alimentación a Motores.

POTENCIA HP	TENSION volts.	No. FASES
Menores de 1	120	1
De 1 a 200	440	3

3.9.11 Alimentación de Corriente.

SERVICIO	TENSION volts.	No. FASES
Alumbrado	220	2
Instrumentos	120	1

3.9.12 Estructura de la Plataforma.

TIPO	No. PATAS	No. NIVELES
Compresión	8	2

3.9.13 Localización de la Planta.

La plataforma estará localizada en la Sonda de Campeche con las siguientes coordenadas:

U.T.M.

Este - 600823

Norte - 2144781

GEOGRAFICAS

Latitud 19°24' 8.94"

Longitud 92°02' 23.20"

IV. FUENTES DE SUMINISTRO Y SISTEMAS TIPICOS.

Con ayuda de los capítulos anteriores del tipo y función de la plataforma, de las secciones de proceso que la constituyen y de los servicios auxiliares que se requieren de acuerdo a las bases de diseño, en este capítulo, se pretende mencionar las fuentes de suministro y los diversos sistemas de generación de los servicios auxiliares, que se utilizan normalmente en una plataforma costafuera.

1.0 AGUA

El agua es uno de los servicios más importantes en una plataforma, ya que su uso es diversificado y en algunas ocasiones se utiliza para la perforación, para el proceso, en la recuperación secundaria de hidrocarburos y lo más importante para el sustento del personal.

Para disponer de estos servicios, se necesita acondicionar el agua. Estos sistemas de acondicionamiento, algunas veces ocupan entre un 20 a 25% del espacio total y representan un porcentaje igual de la inversión de la plataforma.

Por lo tanto, es importante examinar con más cuidado a los diferentes sistemas de acondicionamiento de agua, para hacer una mejor selección y adquisición del equipo.

1.1 FUENTES DE SUMINISTRO.

Normalmente se disponen de cuatro fuentes de suministro en la plataforma

taforma:

- a) Agua de Mar
- b) Agua de Producción
- c) Almacenamiento de Agua por lastre
- d) Suministro por botes

- a) Agua de Mar. Aunque el agua de mar disponible es abundante, es muy corrosiva, consecuentemente es necesario adoptar medidas fuertes para evitar inaceptables paros debido a reemplazamiento de tubería y equipo en la plataforma.

La variación en el nivel del mar provoca que, la succión de las bombas de alimentación se localice entre 20 - 40 m., de profundidad de la fuente.

- b) Agua de Producción. En la temprana vida de un campo, el contenido de agua en el crudo es pequeño (5%), pero después de cierto tiempo la cantidad se va incrementando hasta alcanzar porcentajes altos -- (75%).

Inicialmente el agua estará formando una emulsión con el aceite; para eliminar el aceite, pasa por un tren de separación con adición de rompedores de emulsiones.

El agua colectada desde los trenes de separación, se inyecta como parte del programa de conservación del pozo.

c) Almacenamiento de Agua por Lastre. Solamente se tiene este sistema en las plataformas de concreto. En este tipo de almacenamiento se pueden utilizar arreglos especiales de sistema de bombeo dentro de la pierna de la plataforma.

El agua de bombea a los separadores aceite-agua para después inyectarse al pozo producto.

d) Suministro de Agua por Botes. En algunas ocasiones esta fuente de suministro se utiliza en la fase inicial de construcción y de operación de la plataforma.

1.2 Servicios de Agua.

La cantidad máxima de servicios de agua que requiere una plataforma son cinco y la utilización de cada uno de ellos es específico de cada plataforma.

Estos cinco servicios son:

- a) Agua de Enfriamiento
- b) Agua Contra Incendio
- c) Agua Potable
- d) Agua de Calentamiento
- e) Agua de Inyección

En la Fig. No. 5 se muestran las diferentes fuentes, servicios de agua y su interrelación.

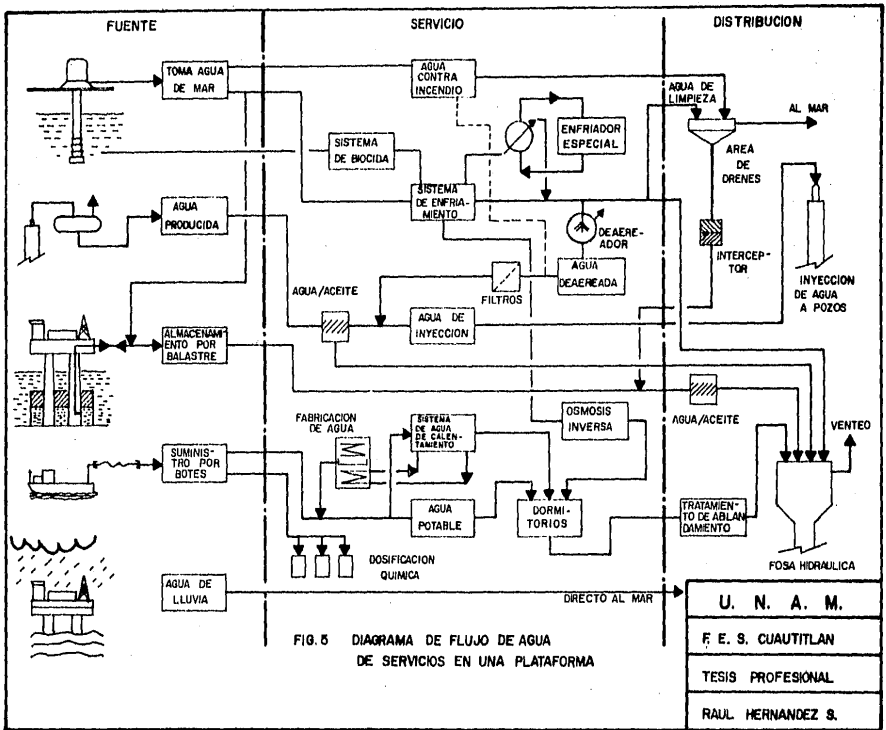


FIG. 5 DIAGRAMA DE FLUJO DE AGUA DE SERVICIOS EN UNA PLATAFORMA

- a) Agua de Enfriamiento. Tiene una gran demanda en la plataforma, debido a que se utiliza como alimentación para otros servicios.

Si la fuente es el agua de mar, es necesario inyectar un agente -- biocida en la succión de la bomba, para prevenir el crecimiento de microorganismos y obstaculicen las entradas de los equipos. A la descarga de la bomba se instalará un filtro para atrapar a los sólidos en suspensión.

- b) Agua contra Incendio. Se utiliza agua de mar, para el sistema contra incendio. El principal propósito del sistema contra incendio es identificar rápidamente la situación de riesgo, advertir a todo el personal en la instalación y controlar el problema antes que se presente un riesgo significativo.

Es razonable que el fuego ocurrirá en una unidad, ya que la posibilidad de que ocurra fuego simultáneamente en varias unidades es remota.

Se recomienda disponer en la plataforma de dos bombas de agua contra incendio, una accionada con motor eléctrico y la otra con motor de combustión interna; con una capacidad máxima a la requerida para el área de mayor riesgo.

La red contra incendio se diseñará, para proporcionar un sistema - d. distribución común para todos los niveles. La tubería principal deberá formar anillos, conectándose los ramales para los hidra

tantes, monitores, rociadores, etc.

c) Agua Potable. La principal demanda del agua potable es para el uso del personal. La distribución del agua potable se hace a través de un tanque elevado o presurizado. El tanque deberá proporcionar suficiente cabeza estática. En el caso en el que el tanque se localice en el nivel inferior, se utilizará una bomba para su distribución.

d) Agua de Calentamiento. Para eliminar grandes espacios del equipo de calentamiento, se utiliza un sistema de agua de calentamiento de baja presión.

Las formas comunes de agua de calentamiento, se lleva a cabo por medio de los gases de salida de la turbina generadora, de los calentadores de fuego directo o del vapor cuando se dispone.

El servicio de agua de calentamiento, se utiliza para el aseo del personal y elaboración de alimentos en la plataforma.

e) Agua de Inyección. El agua de inyección es una forma común de recuperación secundaria. El agua se inyecta al pozo, para mantener la presión del mismo. El agua deberá ser limpia, incapaz de mantener bacterias y por lo tanto, deberá ser filtrada y deareada. La operación de inyección será continua. Por cada barril de aceite eliminado, deberá de inyectarse una cantidad proporcional de agua para mantener la presión.

1.3 Sistemas de Desalinización de Agua de Mar.

Para cubrir las necesidades de los servicios de agua en la plataforma y si la fuente principal para la generación de los mismos es el agua de mar, será necesario eliminarle la sal, para que se pueda utilizar adecuadamente en la plataforma.

Existen varios métodos de desalinización de agua de mar, pero los que se utilizan con mayor frecuencia son:

- a) Osmosis Inversa
- b) Termocompresión o Vapor Compresión
- c) Evaporación Múltiple Efecto

- a) Osmosis Inversa. Es un proceso relativamente nuevo para desalinizar el agua de mar. Se utilizan pequeñas cantidades de reactivos químicos y bajo consumo de energía eléctrica.

El fenómeno de osmosis, es un método científico, según el cual una solución pasa espontáneamente a través de una membrana semipermeable hacia una solución más concentrada. Por ejemplo; el agua dulce fluirá a través de una membrana osmótica para mezclarse con el agua de mar. A medida que el agua dulce pasa a través de la membrana, la presión del líquido diluido baja, simultáneamente la presión de la solución concentrada aumenta hasta un punto de equilibrio, deteniéndose el flujo a través de la membrana. La diferencia de presión entre ambas soluciones, se le denomina presión osmó

tica del sistema (Fig. No. 6).

El concepto básico del fenómeno de ósmosis inversa es simple; solo se aplica suficiente presión a la solución concentrada (mayor a la presión osmótica), invirtiéndose el flujo a través de la membrana, separándose -- las sales y sólidos disueltos. (Fig. No. 7).

La membrana es de un material sintético con la propiedad de ser altamente permeable al agua y una barrera efectiva a las sales y sólidos disueltos. El acetato de celulosa, demostró las propiedades de rechazar las sales, pero permitía un volumen considerable de agua dulce. Posteriormente se desarrolló una membrana de triacetato de celulosa, con permeabilidad al agua superior a la anterior.

En el mercado, existen dos técnicas disponibles de membranas, el módulo tubular y los elementos espirales, haciendo posible su fácil instalación.

El sistema de ósmosis inversa es compacto, consiste de una bomba de alimentación de agua de mar, con un arreglo de filtros para atrapar la mayor cantidad de sólidos y con una dosificación de agentes químicos, para controlar la precipitación de algunas sales y el control de microorganismos, para evitar obstruir a la membrana (Fig. No. 3).

La adición de hexametáfosfato de sodio, con una concentración de 5 ppm., se utiliza para prevenir la precipitación de sulfato de calcio y de 0.3 a 1.0 ppm para el control de microorganismos cuando se utilice una mem

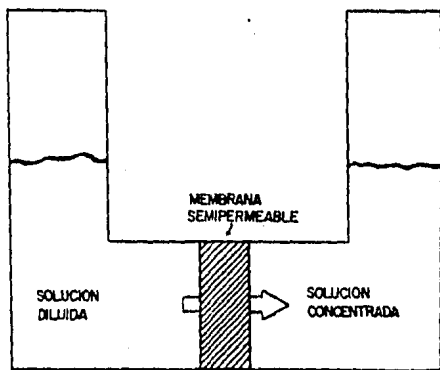


FIG. 6 OSMOSIS

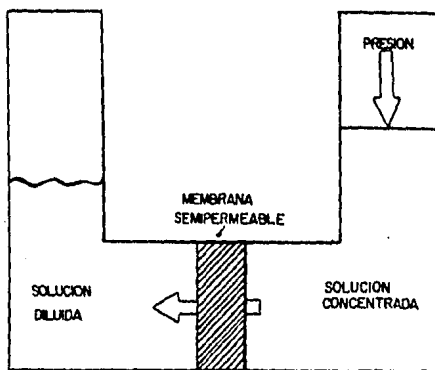
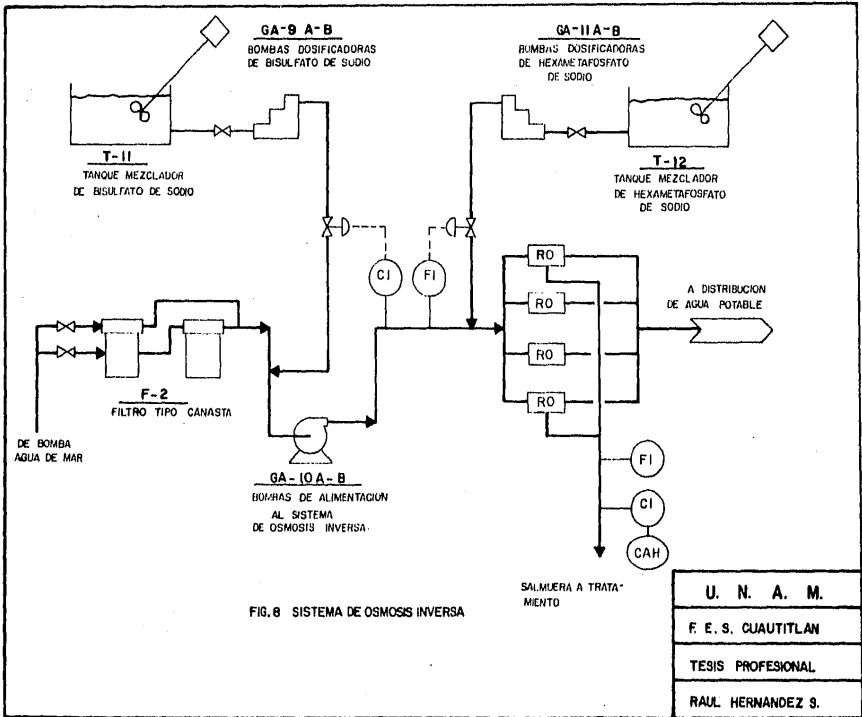


FIG. 7 OSMOSIS INVERSA

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAMUL HERNANDEZ S.



brana de acetato de celulosa. Cuando se utilice una membrana de poliamida, se debe de eliminar totalmente el cloro, por la adición de bisulfito de sodio y el acetato de celulosa trabaja con concentraciones de cloro hasta de 1 ppm adecuadamente.

Por otro lado, la temperatura tiene un efecto significativo en la vida de la membrana y se recomienda que la temperatura del agua de mar no rebase los 95°F.

b) Termocompresión o Vapor Compresión. El principio de operación se basa, en la generación de vapor del agua de mar en los evaporadores, el vapor se comprime para contrubuir en la carga térmica necesaria para el proceso de evaporación. (Fig. No. 9).

El agua de mar, se evapora a 215°F, pero algunos evaporadores operan entre 115°F a 215°F, este rango proporciona una adecuada seguridad, para que el agua se pueda tomar.

Para reducir la precipitación de carbonatos, bicarbonatos y sulfato de calcio e hidróxido de magnesio, se necesita adicionar ácido-sulfúrico.

El sistema de deareación se utiliza para eliminar el bióxido de carbono y oxígeno presentes en el agua de mar, con el objeto de evitar problemas de corrosión en el proceso.

Los severos factores inherentes en el evaporador son de tipo econó

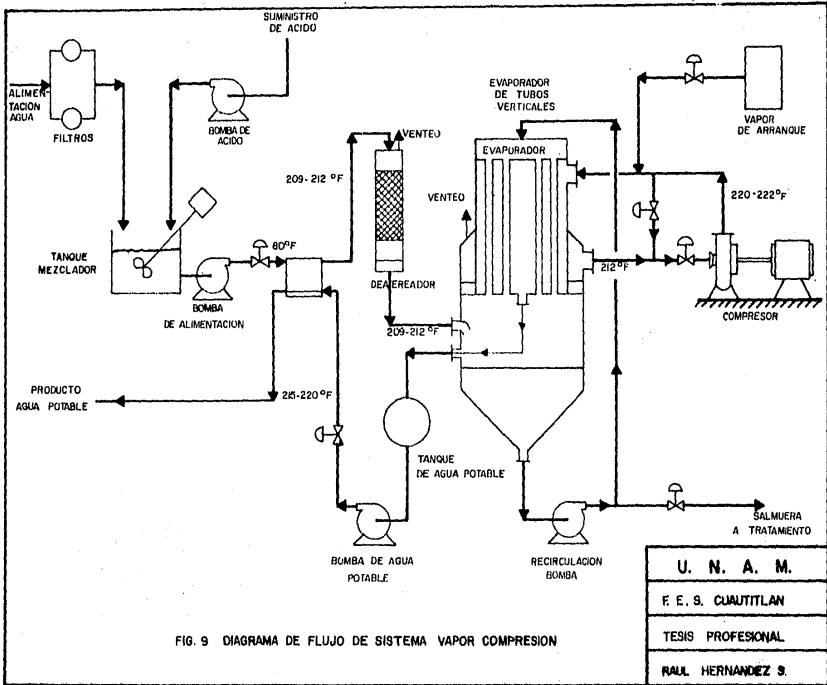


FIG. 9 DIAGRAMA DE FLUJO DE SISTEMA VAPOR COMPRESION

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTTLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

mico; un pequeño aumento en la temperatura requiere de una área de transferencia mayor en el equipo; la selección de una temperatura de operación baja, se tiene menor problemas de corrosión en el equipo, pero se producirá un vapor de alto volúmen específico, aumentando el tamaño del compresor y las líneas de vapor.

- c) Evaporación Múltiple Efecto. El principio de operación y el equipo que compone este sistema, es casi el mismo que el que se utiliza para el sistema de Termo-compresión excepto en el compresor y la adición de varios efectos de evaporadores en el sistema (Fig. no. 10).

La selección del sistema de desalinización de agua de mar en la plataforma, depende de los factores de operación, mantenimiento, peso y costo de operación del equipo.

2.0 GAS INERTE.

Con el fin de cubrir las necesidades de gas de agotamiento, atmósfera inerte, gas de purga, gas de respaldo para instrumentos; se dispone de un sistema de generador de gas inerte.

Es de fundamental importancia la calidad del gas inerte, no solo para generar un gas con bajo contenido de oxígeno, evitando el riesgo de un incendio o explosión, sino también para reducir al mínimo la corrosión, del equipo generador y el equipo en donde se

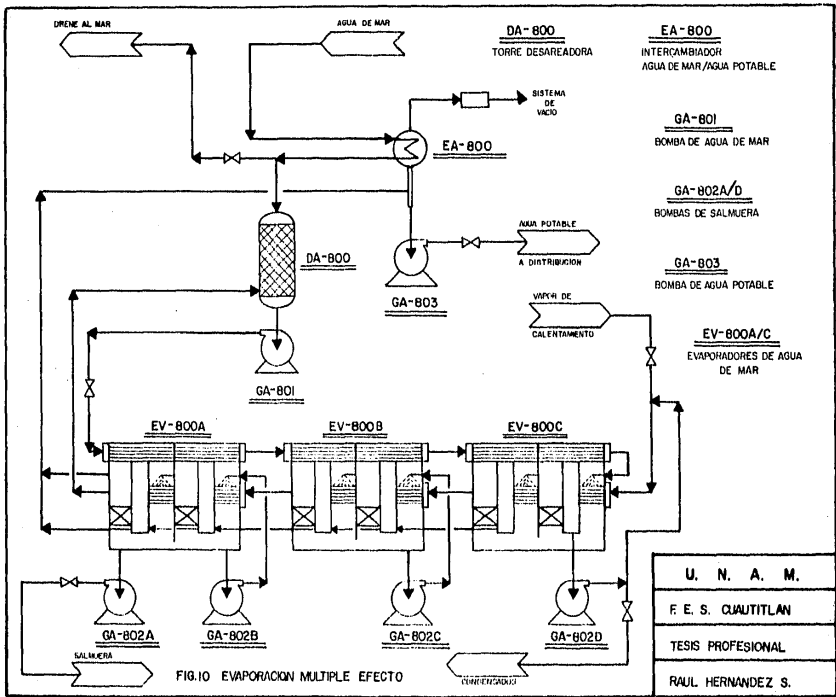


FIG.10 EVAPORACION MULTIPLE EFECTO

utiliza como servicio.

2.1 COMPOSICION.

El gas inerte es una mezcla de gases, constituidos principalmente de nitrógeno, argón, bióxido de carbono, monóxido de carbono, hidrógeno, oxígeno y agua.

En la plataforma, el gas inerte tendrá la siguiente composición:

COMPONENTE	% MOL
Nitrógeno + Argón	83.03
Bióxido de Carbono	11.40
Monóxido de Carbono	0.01
Hidrógeno	0.01
Oxígeno	0.50
Agua	Saturada

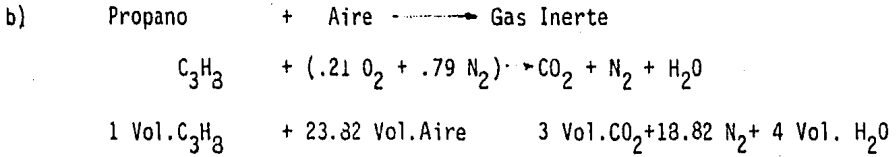
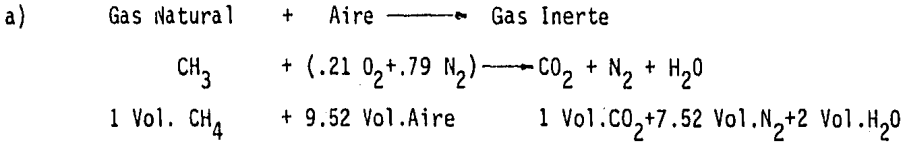
Para algunos servicios especiales la composición del gas puede variar; por ejemplo, para buques tanques de gas licuado:

COMPONENTE	% MOL
Nitrógeno + Argón	84.0
Bióxido de Carbono	14.0
Monóxido de Carbono	100 ppm
Bióxido de Azufre	100 ppm
Hidrógeno	100 ppm
NO	100 ppm
Oxígeno	1.0
Hollín en escala de Bacharach	Ausencia total

2.2 GENERACION

El gas inerte se obtiene por medio de la combustión del gas natu

ral ó gas propano de acuerdo a las siguientes reacciones:



Por cada volumen de gas natural, se necesitan 9.52 volúmenes de - -
aire. Eliminando el vapor de agua, el volumen de gas inerte se --
reduce a 8.51, entonces:

$$\text{CO}_2 = 1/8.52 = 11.7\%, \quad \text{N}_2 = 7.52/8.52 = 88.3\%$$

Por cada volumen de gas propano se necesitan 23.82 volúmenes de - -
aire. Eliminando el vapor de agua, el volumen de gas inerte se --
reduce a 21.82, entonces:

$$\text{CO}_2 = 3/21.82 = 13.7\%, \quad \text{N}_2 = 18.82/21.82 = 86.3\%$$

Para producir 1000 pies cúbicos de gas inerte, se necesitan 117 - -
pies cúbicos de gas natural ó 46 pies cúbicos de propano.

El utilizar cualquiera de los dos gases, depende de dos factores --
importantes:

- 1) La disponibilidad del tipo de gas en la plataforma

- 2) Las características del gas inerte para algún servicio determinado.

2.3 CARACTERISTICAS DEL SISTEMAS.

El paquete de gas inerte está formado de una cámara de combustión, compresor de gas, enfriador, separadores de condensados de alta y baja presión, y un tanque receptor de gas inerte. El sistema de generación de gas inerte se muestra en la Fig. No. 11.

El gas combustible y el aire atmosférico se alimentan a la cámara de combustión BA-101 a control de flujo, por medio de un regulador aire/combustible, para tener una combustión perfecta.

La cámara de combustión tiene un diseño especial, de tal manera que los gases calientes fluyen a través del anillo de la cámara y a contracorriente con agua de enfriamiento espreada, con el objeto de limpiar y absorber los gases amargos generados por la combustión. El agua espreada se acumula en la parte inferior de la cámara, para que posteriormente se descargue a control de nivel al tanque acumulador de agua FB-105, para después retornarse a la cámara, por medio de la bomba de agua GA-105.

El gas inerte húmedo, se envía al tanque separador de succión del compresor FA-105. En él, la mayor parte de condensados presentes en la corriente de gas inerte se separan. Los condensados se eliminan al drenaje y el gas se envía al compresor GB-105,

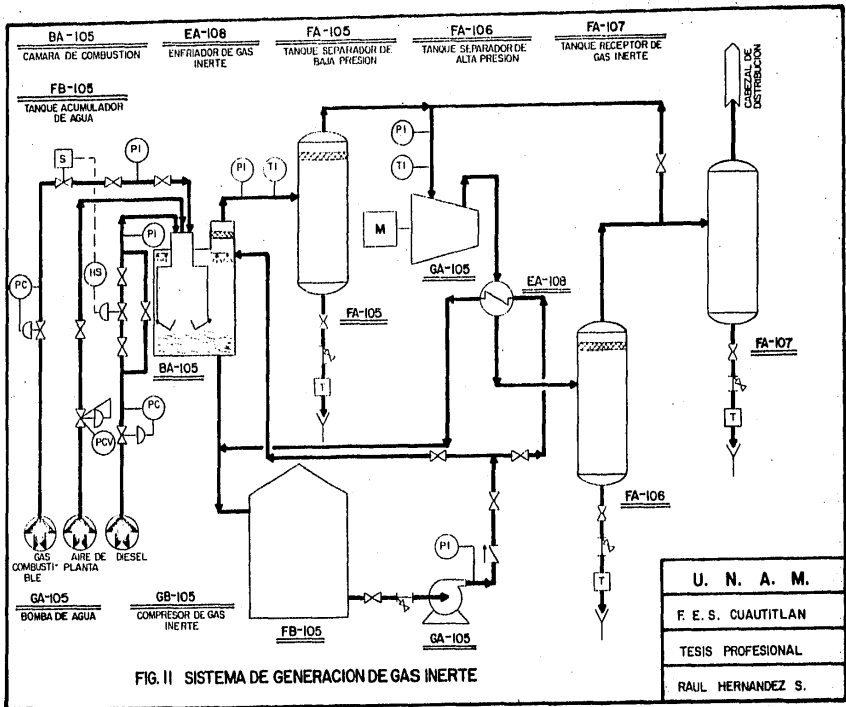


FIG. II SISTEMA DE GENERACION DE GAS INERTE

para después alimentarse al enfriador de gas EA-108. El gas frío pasa a los separadores de alta presión FA-106. El gas, se descarga por la parte superior del tanque, enviándose al Tanque Receptor de Gas Inerte FA-107 y de ahí al cabezal de distribución.

3.0 ACEITE DE CALENTAMIENTO.

En la plataforma de compresión de gas, las temperaturas de proceso para la deshidratación y endulzamiento, son del orden de 150°C a 250° C. Para mantener este rango de temperatura en la corriente de gas de proceso, es necesario disponer de un sistema de aceite de calentamiento en la plataforma.

Para el diseño del sistema del aceite de calentamiento, deberán considerarse los siguientes factores.

3.1 FACTORES PARA LA SELECCION DEL SISTEMA.

- a) SISTEMA FASE LIQUIDO o FASE VAPOR. En la fase inicial de diseño del aceite de calentamiento, es necesario establecer las condiciones de temperatura máxima de operación para los diferentes servicios. Cuando se conocen estas temperaturas, la primera decisión sería; satisface las necesidades de un sistema de calentamiento - fase líquido o fase vapor.

Los sistemas fase líquido, se especifican cuando se requieren rangos de temperatura amplios, y cuando el control de temperatura se

obtiene fuera del sistema, siendo posible la variación del flujo del líquido sobre la superficie de calentamiento.

El sistema fase vapor, transfiere mayor cantidad de calor por libra de medio de calentamiento, originado por el calor latente y se recomiendan cuando el proceso requiere un calentamiento más uniforme debido a la sensibilidad del producto de calentamiento.

- b) SELECCION DEL MEDIO DE TRANSFERENCIA DE CALOR. Una vez especificada la máxima temperatura y la fase más conveniente, es posible seleccionar el agente apropiado de transferencia de calor.

La tabla No. 1 se puede utilizar para la selección del agente de transferencia de calor, y algunas de sus propiedades físicas se muestran en la tabla No. 2.

Para hacer una selección adecuada es necesario contemplar sus características en cuanto a toxicidad, repercusión ecológica, flammabilidad, estabilidad térmica, punto de congelamiento, corrosividad, características de ensuciamiento y su costo.

Tabla No. 1. Guía de Selección para el Agente de Transferencia.

Nombre:	Composición:	Rango de Temperatura °F	Principal fase
Dowtherm E	o-Diclorobenceno	0 - 500	Vapor 356-500
Dowtherm H	Aceite Aromático	15 - 550	Líquido
Dowtherm J	Aromático Alquilado	-100 - 575	Vapor 358-575
Dowtherm G	di,tri=aril éter	12 - 650	Líquido
Dowtherm A	Difenil y óxido - difenil.	60 - 750	Vapor 495-750

Humbletherm 500	Aceite Alifático	- 5-600	Líquido
Hitec Salt	40% NaNO ₂ , 75% NaNO ₃ , y 53% KNO ₃ .	400-850	Líquido
Mobiltherm 600	Aromático alquilado	- 5-600	Líquido
Therminol 44	Eter modificado	- 60-45	Líquido
Therminol 55	Aromático alquilado	0-600	Líquido
Therminol 60	Aromático hidrocar.	- 60-600	Líquido
Therminol 66	Terfenil Modificado	20-650	Líquido
Therminol 88	Terfenil Mezcla	293-300	Líquido
Ucon 50-HB 280X	Eter de Polióxido - alkilen.	0-500	Líquido

Tabla No. 2. Propiedades Físicas de Agentes de Transferencia.

Nombre	TEMPERATURAS. °F				
	Congelación	Ebullición	Flasheo	Ignición	Autoignición
Dowtherm E	0	356.4	155	285	932
Dowtherm H	0	695.0	370	410	860
Dowtherm J	-100	358.0	145	155	306
Dowtherm G	- 18	575.0	305	315	1030
Dowtherm A	53.6	498.4	255	275	1150
Humbletherm 500	15.0	-	425	475	-
Hitec Salt	285.0	no	no	no	no
Mobiltherm 600	0.0	-	350	390	-
Therminol 44	- 30 a -90	640.0	405	438	705
Therminol 55	- 20.0	-	355	410	670
Therminol 60	- 30 a -90	600.0	310	320	835
Therminol 66	- 18.0	675.0	340	380	705
Therminol 88	140.0	700.0	375	460	1000
Ucon 50-HB-280X	- 35.0	-	500	600	743

3.2 CARACTERISTICA DE LOS SISTEMAS FASE VAPOR.

El sistema fase vapor, es simple y comúnmente se le conoce como-retorno de condensados por gravedad, eliminando la necesidad de bombeo; tales sistemas son posibles si la cabeza estática del li

quido es suficiente para compensar las pérdidas por fricción en el sistema.

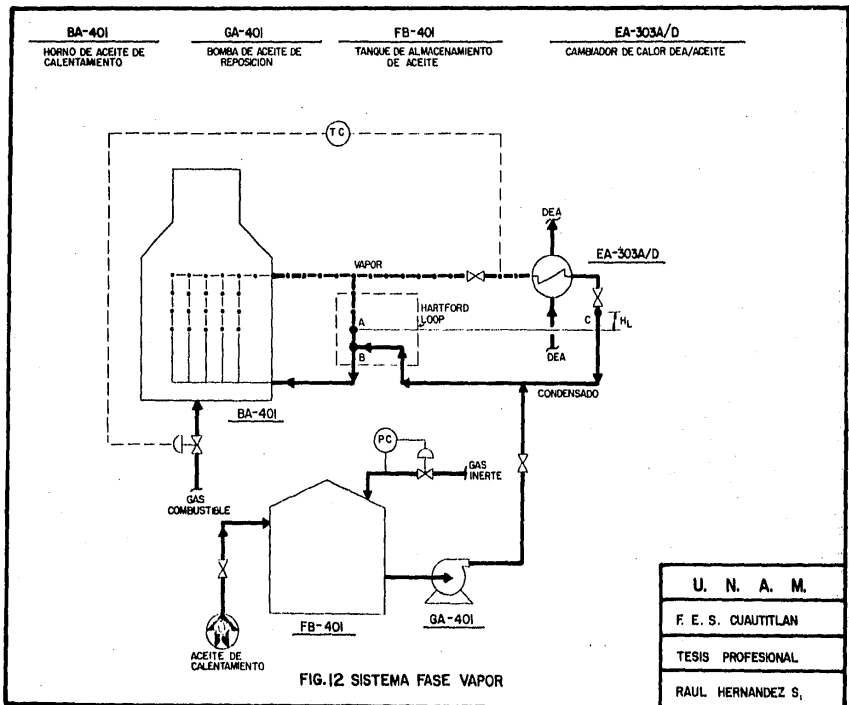
Se deberá utilizar un "LOOP DE HARTFORD" para que el condensado se retorne al vaporizador e inundar los tubos. La línea de retorno de condensados está formada por una "U" invertida justamente antes de llegar al vaporizador.

La altura del LOOP deberá ser igual o mayor al nivel mínimo permisible de líquido en el vaporizador, y la longitud de la conexión horizontal no mayor de dos diámetros de la tubería. La parte superior del Loop se conecta con la salida del vaporizador, como se muestra en la figura No. 12.

Cuando se necesite enviar aceite de calentamiento a diferentes usuarios al mismo tiempo, a una capacidad relativamente alta y la caída de presión a través del circuito es grande, se puede utilizar un sistema de aceite de calentamiento fase vapor, por medio de un retorno de aceite líquido forzado con una bomba centrífuga al vaporizador. (Fig. No. 13).

3.3 CARACTERISTICAS DE LOS SISTEMAS FASE LIQUIDO.

Un sistema fase líquido típico se muestra en la Fig. No. 14. La circulación del aceite de calentamiento a través del horno es forzada por una bomba centrífuga, entre la alimentación del horno y el retorno de aceite de calentamiento proveniente de los -



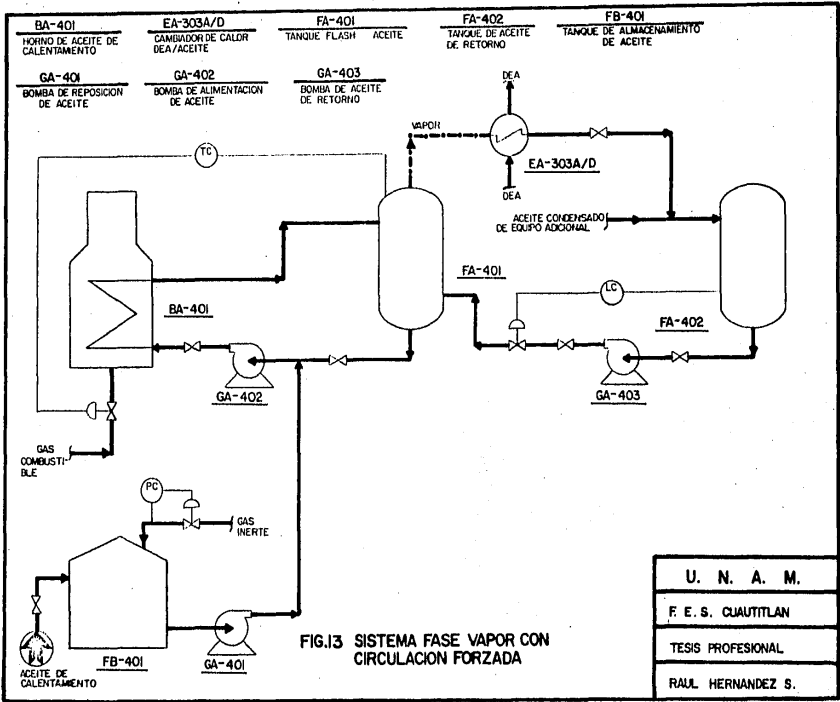


FIG.13 SISTEMA FASE VAPOR CON CIRCULACION FORZADA

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

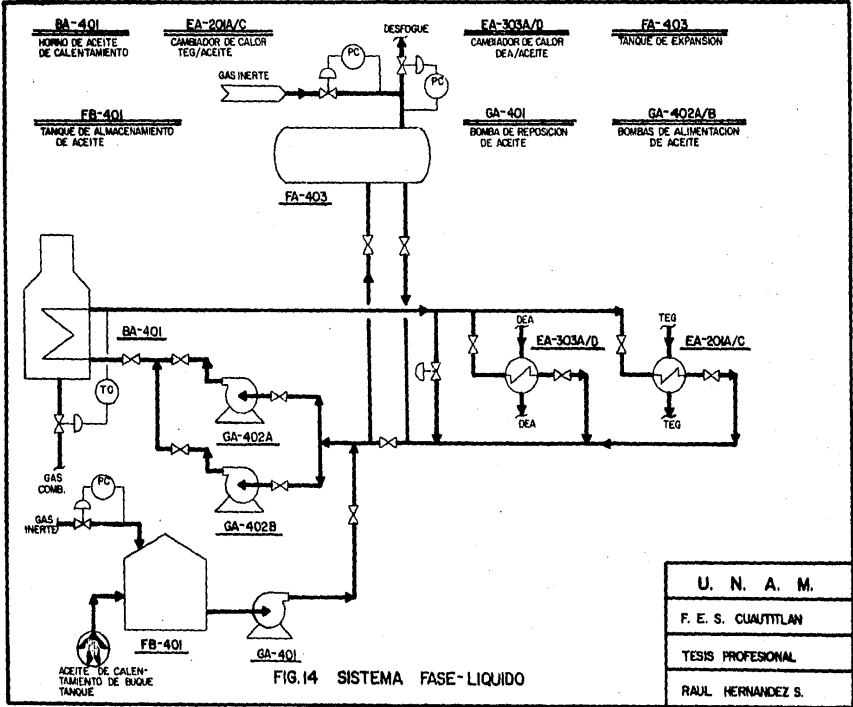


FIG.14 SISTEMA FASE-LIQUIDO

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTTLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

usuarios.

Se instalará una línea de recirculación con válvula controladora de flujo, entre la línea de salida de aceite del horno y línea de succión de la bomba; con el fin de evitar que la bomba se quede sin flujo y controlar la presión corriente arriba del calentador.

La característica que distingue a un sistema líquido, es la presencia de un tanque de expansión sobre el lado de la succión de la bomba. Este equipo es de los más importantes del sistema, pero pocas veces recibe la atención adecuada en la fase de diseño. Tiene como propósito ayudar a la expansión térmica del líquido durante el arranque y al posible agitación, debido al imprevisto venteo del vapor de agua atrapado en la línea o circuito hidráulico. Para estos fines, el volumen del tanque deberá tener por lo menos dos veces el volumen al expandirse el líquido, a la máxima carga y temperatura de operación. De esta manera, el tanque de expansión térmica tendrá una cuarta parte del volumen - cuando el líquido esté frío, pero no mayor de tres cuartas partes del volumen a la mayor temperatura del sistema.

El tanque de expansión se localiza en la parte superior del calentador, para proporcionar una adecuada cabeza de succión neta positiva. Se recomiendan razones de L/D normalmente 2 a 3. Para un adecuado venteo, se necesita instalar válvulas en los puntos altos.

Durante el arranque del sistema de aceite de calentamiento, o cuando el fluido sea reemplazado, es importante que el aumento en la temperatura sea gradual de aproximadamente 100°F/hr, con una frecuencia de venteo para eliminar el vapor de agua, asegurando una mayor vida útil del fluido, minimizando la cavitación de la bomba y el agitación del fluido en el tanque.

Un sistema líquido sin presión se utiliza cuando la presión de vapor del fluido de calentamiento a la máxima temperatura de operación es baja.

Para fluidos con alta presión de vapor requiere de un sistema presurizado, utilizando un gas inerte a una presión de 25 a 150 psig.

4.0 AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS.

Actualmente ya no es concebible una industria moderna sin aire comprimido, ya que su aplicación se ha extendido enormemente para el uso de señales neumáticas, operación de instrumentos y mantenimiento de la propia planta.

Los sistemas de transmisión de señal, es parte esencial de las plantas de proceso, conduciendo las señales a un centro de control local o remoto, incrementando de esta manera la facilidad y confiabilidad de la operación, así como la seguridad del personal de la planta. Este tipo de transmisión de señal se obtiene por tres tipos diferentes: señal eléctrica, hidráulica y neumática.

4.1 COMPOSICION Y PROPIEDADES DEL AIRE.

El aire es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es una mezcla de gases de diferentes componentes que a continuación se enlistan:

COMPONENTE	% VOLUMEN	% PESO
Nitrógeno	78.09	75.51
Oxígeno	20.95	23.15
Argón	0.93	1.28
Dióxido de Carbono	0.03	0.046
Neón	0.0018	0.0025
Helio	0.00052	0.000072
Metano	0.00015	0.000094
Kriptón	0.0001	0.00029
Monóxido de Carbono	0.00001	0.00002

Constantes Físicas:

Peso Molecular Aparente	28.96 Kg/Kg mol.
Densidad a 15°C y 1 Kg/cm ² .	1.21 Kg/m ³ .
Presión crítica	37.8 Kg/cm ² .
Temperatura crítica	-140.7°C.

4.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA Y PRESION EN EL AIRE SATURADO.

El aire atmosférico, contiene cierta humedad; siendo esta proporción mayor o menor según la localidad, condiciones climatológicas y estaciones del año.

La capacidad del aire para retener vapor de agua está relacionada con la temperatura y la presión, pero principalmente con la primera, admitiendo más vapor de agua cuando aumenta su temperatura. Un aire saturado puede retener más humedad si aumenta la temperatura o desciende la presión, y, por lo contrario, disminuye parte de su contenido de humedad si baja la temperatura o sube la presión.

a) Influencia de la Temperatura en la Humedad de Saturación, a Presión Constante.

Un aumento de temperatura en un sistema de aire húmedo, implica un aumento en el contenido energético de las moléculas de vapor de agua constituyentes de la humedad del aire. Por ello, para una determinada cantidad de aire, se incrementa su capacidad de

contener mayor número de moléculas de agua, y el efecto es inverso, si existe una reducción en la temperatura.

Si se define a la Humedad de saturación (W_s) como:

$$W_s = (0.622) P_a / P - P_a \quad \text{Ec. (1)}$$

en donde:

W_s = Humedad de saturación (=) Kg. de vapor de agua/Kg. de aire seco.

P = Presión Total del Sistema (=) mm. de Hg.

P_a = Presión de vapor (=) mm. de Hg.

$0.622 = P_M \text{ agua} / P_M \text{ aire}$

De la Ec. (1) se denota, una variación de P_a repercute casi proporcionalmente en W_s ; la influencia de P_a en el denominador es pequeña, excepto para altas temperaturas. Relacionándolo con la temperatura, un aumento de ésta, incrementa la presión de vapor- P_a , aumentando la humedad de saturación.

b) Influencia de la Presión en la Humedad de Saturación, a Temperatura Constante.

Un aumento de presión a temperatura constante, provoca un continuo acercamiento mutuo entre las moléculas del agua, por lo cual la capacidad del aire para contener moléculas de agua disminuye (Ver Ec. 1).

c) Influencia de la Temperatura en el Punto de Rocío.

El punto de Rocío es la temperatura a la cual la mezcla vapor--gas se satura, cuando se le enfría a presión constante fuera --del contacto de un líquido.

El punto de rocío está relacionado con el concepto de aire se--co; en donde es el parámetro principal para indicar la mayor o--menor calidad del mismo, es decir; punto de rocío bajo, indica--aire muy seco y por lo tanto de gran calidad; altos puntos de --rocío, implica aire con alta humedad relativa.

Siempre que se produce un aumento en la temperatura en un ambien--te de aire húmedo o saturado, la humedad absoluta permanece cons--tante, por lo cual sea cual fuere la temperatura del aire, el --punto de rocío no variará. Por otro lado, cuando se haya alcan--zado la saturación del aire, y si se produce una disminución en--la temperatura, habrá un descenso en el punto de rocío.

4.3 CLASIFICACION DEL AIRE POR SERVICIO.

En un proceso, el aire se utiliza para los servicios de:

- a) Aire de Instrumentos. Se utiliza para medir o controlar una va--riable de proceso. Sus características son aire limpio y seco,--la presencia de agua, aceite o sólido en el sistema, puede produ--cir un funcionamiento poco confiable del instrumento, ocasionan--do un control o lectura de la variable errónea.

- b) Aire de Planta. Se utiliza para los servicios de presurización del sistema de agua contra incendio, en los sistemas de tratamiento de efluentes, para la limpieza de equipo o para servicio de ventilación. Para estos servicios se utiliza aire húmedo.

4.4 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.

El sistema de generación de aire de instrumentos y planta está formado por dos compresores de aire, uno operando normalmente y el otro de repuesto; un enfriador de aire; un recipiente de aire de servicio; un prefiltro coalecedor; dos secadores de aire; dos posfiltros y un recipiente acumulador de aire de instrumentos. El sistema integrado se muestra en la Fig. No. 15.

El aire atmosférico húmedo y sucio, pasa a través del Filtro de Aire FG-106 A/R, en donde se elimina cierta cantidad de sólidos, para después enviarse al Compresor de Aire GB-106/R, el aire -- comprimido se envía al Enfriador de Aire EC-106, con el objeto de disminuir la temperatura debido al efecto de compresión; posteriormente se envía al Recipientes de Aire de Servicios FA-106 para eliminar el agua condensada de la corriente de aire, el ai re sale por la parte superior del tanque, para pasar a través - del Prefiltro Coalecedor FG-107 para atrapar a los sólidos que no pudieron eliminarse en los equipos anteriores. El aire comprimido y prefiltrado se subdivide en dos corrientes; una de -- las corrientes se envía al cabezal de distribución de aire de - planta y la otra se utilizará para generar aire de instrumentos,

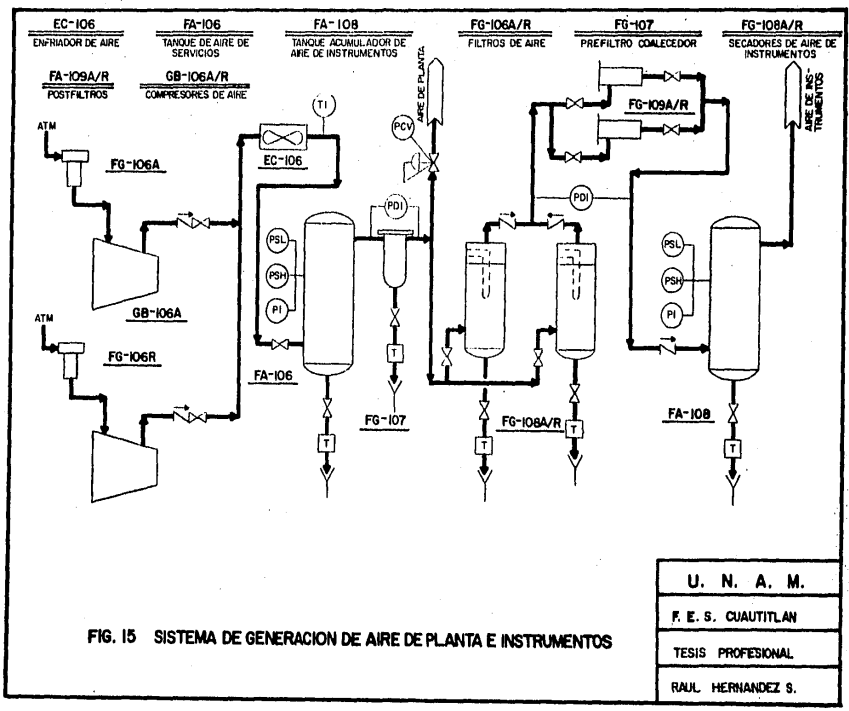


FIG. 15 SISTEMA DE GENERACION DE AIRE DE PLANTA E INSTRUMENTOS

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTILAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

pasando a través de los Secadores de Aire de Instrumentos FG-108 A/R. El aire seco sale de los secadores a control de humedad, - para después enviarse a los Postfiltros FG-109 A/R y enviarse directamente al Tanque de Aire de Instrumentos FA-108, finalmente el aire de instrumentos se envía al cabezal principal para su -- distribución.

4.5 CAPACIDAD.

La cantidad de aire de instrumentos, se estima básicamente por - dos métodos.

El primero, es el método más largo para más exacto. Se necesita de todos los Diagramas de Tubería e Instrumentación de Proceso y Servicios Auxiliares, para determinar el número y tipo de instru- mentos con señal neumática. La cantidad es diferente para cada- instrumentos en particular, pero para una estimación preliminar, utilice los valores reportados en la Tabla No. 3.

El segundo, es mas general y requiere del conocimiento del núme- ro de los Circuitos de Control y que cada instrumento consuma 1- SCFM de aire.

El circuito de control, se representa de tal manera que cada uno de los componentes que lo integran, queden localizados como lo - estarían físicamente en la planta, ya sea que el instrumento se- encuentre en campo, en la parte posterior o enfrente del tablero

de control. También se indica la manera en que están interconectados, el tipo de señal y el suministro que requieren los instrumentos para su funcionamiento.

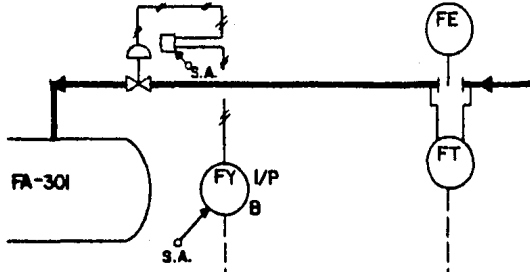
La cantidad de aire de instrumentos es diferente, cuando se utiliza un control neumático o eléctrico.

Un circuito neumático podemos decir que es un modo de control -- convencional, utiliza mayor cantidad de aire de instrumentos, -- con mayor tiempo de respuesta y tiene mayor pérdidas de aire por fugas.

Actualmente los circuitos eléctricos tienen mayor aplicación para controlar diferentes variables de un proceso, porque ofrecen las ventajas de menor consumo de aire y los tiempos de respuesta son menores. En las Fig. No. 16 y 17, se muestran algunos -- circuitos de control neumático y eléctrico típicos de un proceso.

NOTAS Y REFERENCIAS

FRC-301

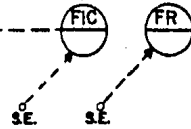


COMPONENTES EN EL CAMPO Y TABLEROS LOCALES

V, +, X, +, etc.



PARTE POSTERIOR DEL TABLERO



FRENTE DEL TABLERO

FIG. 16 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION

REGISTRADOR CONTROLADOR
DE FLUJO
SEPARADOR DE ALTA PRESION

U. N. A. M.

F E S CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

RAUL HERNANDEZ S.

NOTAS Y REFERENCIAS

FRC-201

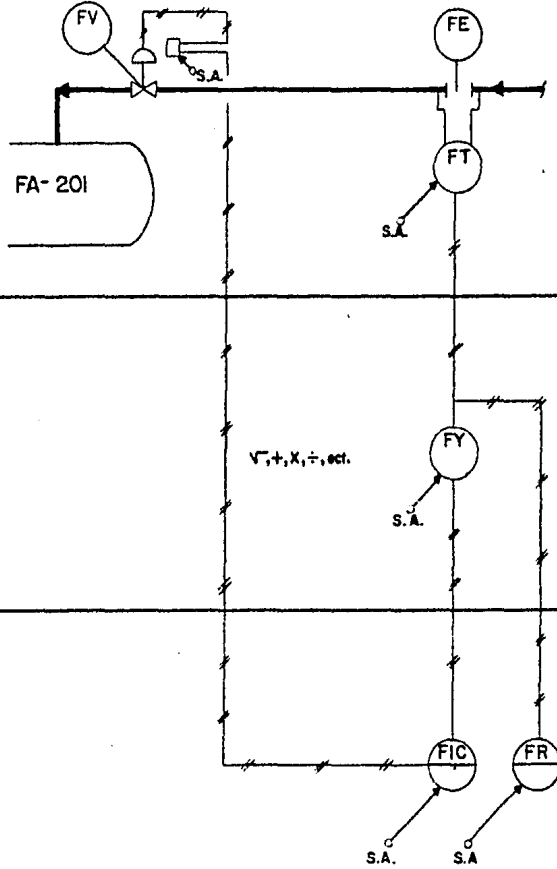


FIG.17 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACION

REGISTRADOR CONTROLADOR
DE FLUJO
SEPARADOR DE ALTA PRESION

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

Tabla No. 3. Consumo de Aire en Instrumentos, Accesorios y Equipos.

Tipo de Instrumento.	Consumo de Aire(SCFM)
Rotámetro con transmisión neumática	0.25
Indicador, Registrador y Transmisor	0.15
Convertidor de Señal eléctrica a Neumática.	0.12
Controlador Neumático	3.50
Estación Indicadora de Control	1.00
Estractor de Raíz Cuadrada	0.16
Instrumento con Piloto de Aire	0.50
Válvula con Posesionador de Diagrama	0.75
Posesionador de Pistón	3.00
Purgas	10.00
Accesorios y Equipos	
Martillo de Servicio Ligero	7.00
Taladros hasta 1/4"	7.00
Atornilladores 1/4"	11.00
Pulidoras	11.00
Motores Neumáticos de 1 C.V.	31.00
Bomba Neumática	85.00
Aire para Piloto de Ignición	20.00

4.6 NIVELES DE PRESION

Normalmente los niveles de presión que utilizan para el aire de instrumentos y planta son:

ALTA PRESION	250 lb/in ² man.
BAJA PRESION	125 lb/in ² man.

4.7 SISTEMA DE DISTRIBUCION.

El cabezal principal de distribución y subramales de aire de instrumentos deberá estar de acuerdo a la siguiente tabla:

TUBERIA.	No. INSTRUMENTOS	DIAMETRO DE LA TUBERIA (PULGADAS)
Principal	25	1
	80	1 1/2
	150	2
	300	3
	600	4
Subramales	4	1/2
	10	3/4
	25	1
	80	1 1/2

5.0 ENERGIA ELECTRICA.

El uso de la energía eléctrica y el grado de dependencia de ésta varía para cada plataforma. Se emplea básicamente para accionar a los diferentes equipos de las unidades de proceso y de servicios, así como; a los sistemas de comunicación, alumbrado e instrumentos.

El sistema de generación y suministro de energía deberá ser confiable, ya que la operación de las unidades de proceso así lo requiere; de tal manera que la selección del equipo de generación y la capacidad del mismo se tendrá que hacer con mucho cuidado.

5.1 TIPOS DE GENERADORES.

Normalmente existen tres tipos de generadores:

- a) Generadores de Vapor. Los generadores de vapor son más económicos, desde el punto de vista inicial y operacional, pero las desventajas que tienen son, la calidad de vapor y los niveles de presión que se necesitan, el tamaño y peso del equipo.
- b) Generadores de Gas. Cuando se dispone de gas combustible en la plataforma, es más recomendable utilizar un generador de gas, porque el costo en los servicios disminuye, el tamaño y peso del equipo es menor.
- c) Generadores Gas - Diesel (DUAL). Como el sistema de generación-

de energía eléctrica es el corazón de los procesos en la plataforma, se recomienda que éste se adquiera con un sistema dual, el cual tiene las ventajas, que en operación normal se utilice gas como agente generador, mientras que en condiciones de arranque y emergencia pueda utilizarse el diesel.

En cuanto a la capacidad y operación de los generadores, se recomienda que estén operando con carga parcial para suministrar la capacidad normal. La capacidad total que se instale será aquella que permita el arranque del equipo de proceso de acuerdo a los procedimientos normales o de emergencia; siendo esta capacidad total mayor al 80% de la capacidad normal.

5.2 NIVELES DE VOLTAJE.

El sistema eléctrico está constituido por la fuente generadora (Turbo-generador), equipo de transformación (Transformadores), dispositivos de conmutación y protección (Subestación eléctrica) tendido de línea y distribución a usuarios.

La selección de los niveles de voltaje depende de la capacidad de los generadores:

CAPACIDAD DEL GENERADOR Kva.	NIVEL VOLTS.
18750	2400, 4160 y 6900
Mayo a 18750	13800

Como en la plataforma se tienen motores de diferente capacidad, -
la subestación eléctrica distribuirá los voltajes de acuerdo a -
la capacidad del equipo.

CAPACIDAD DEL EQUIPO H.P.	NIVEL volt.	FASE	FRECUENCIA Hertz
Menores de 1	120	1	60
De 1 a 200	440	3	60
Corriente p/alumbrado	120	2	60
Corriente p/inst. control	120	1	60

6.0 DIESEL:

En la plataforma se utilizará diesel como combustible para los generadores de energía, bomba contra incendio, hornos del sistema de aceite de calentamiento, grúa y en algunas ocasiones como diluyente químico.

6.1 PROPIEDADES.

El diesel es un combustible derivado del petróleo, cuyas propiedades se resumen en la tabla No. 4.

Tabla No. 4. PROPIEDADES DEL DIESEL

	(1)	(2)	(3)	(4)
Peso Específico	0.840	0.860	0.850	0.840
Poder Calorífico CAL/gr.	10,900	10,750	10,700	10,900
Viscosidad SSU 37.8°C	40	40	40	40
Temp.de Escurrimiento °C	-4	+2	-2	-3
Agua y Sedimentos	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Indice de diesel	57	-	-	58
Indice de Centano	58	-	54	-
Azufre total	0.9	1.9	0.8	1.0
Carbón Conradson	0.15	0.10	0.003	-

(1) Refinería "18 de Marzo"

(2) Refinería Cd. Madero

(3) Refinería Minatitlán

(4) Refinería Salamanca

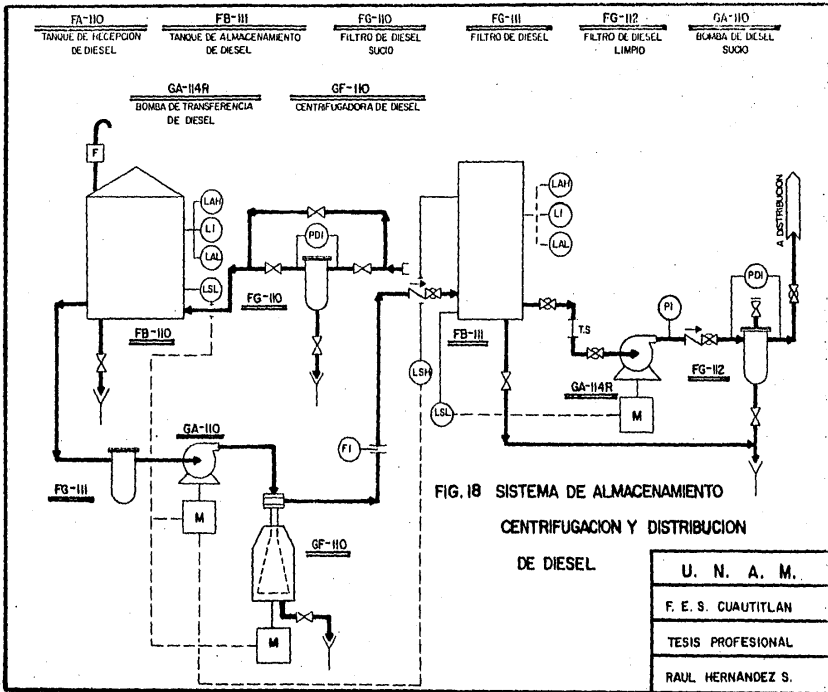
6.2 CARACTERISTICAS DEL SISTEMA.

El sistema está conformado para los servicios de recepción, purificación, almacenamiento y distribución. El circuito hidráulico

se muestra en la Fig. No. 18.

El diesel se almacena en un tanque API convencional y con frecuencia se utiliza el pedestal de la grúa. Se recomienda que la capacidad de almacenamiento sea equivalente a la máxima demanda de operación diaria, durante catorce días.

La centrifugadora y el motor deberá adquirirse a prueba de explosión.



7.0 TRATAMIENTO DE EFLUENTES.

La optimización de los procesos para el tratamiento de efluentes es excepcionalmente efectivo, evitando la contaminación del medio ambiente.

La tecnología para el tratamiento de desechos en una plataforma, consiste de métodos de tipo físico, químico y mecánico. La selección del método para un caso en particular depende de la disponibilidad del espacio, características del desecho, volumen generado y de las limitaciones en la calidad del efluente.

7.1 SECUENCIAS DE TRATAMIENTO.

En la industria de procesamiento de hidrocarburos, existe una gran variedad de desechos generados. Para su eliminación o recuperación requiere de cierta secuencia de tratamiento, la cual se ha dividido en cinco grupos como se muestra en la Tabla No. 5.

En la plataforma de compresión, los desechos generados son principalmente del tipo gas ácido, aceitosos y sanitarios y de acuerdo a la secuencia de tratamiento están ubicados en el Pretratamiento, Tratamiento Intermedio y Secundario, respectivamente.

Los métodos que se utilicen se ajustarán a los códigos locales del "Reglamento de Prevención y Control de la Contaminación de la Secretaría de Salubridad y Asistencia y la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos".

OBJETIVOS

PRE-TRATAMIENTO

β -OH, S+NH₄, PSH,
F, LÓDOS, AGUA DE
RECIRCULACION, ETC.

TRATAMIENTO
PRIMARIO

ACEITE LIBRE Y
ELIMINACION DE
SOLIDOS SUSPEN-
DIDOS.

TRATAMIENTO
INTERMEDIO

ACEITE EMULSIO-
NADO, SOLUBLE Y
ELIMINACION DE
SOLIDOS COLMO-
DALES.

TRATAMIENTO
SECUNDARIOS

ELIMINACION DE
ORGANICOS DISU-
ELTOS.

TRATAMIENTO
TERCERIOS

OBJETIVOS VARIA-
BLES.

PROCESOS

UNIDADES DE
SEPARACION

BOTADORA DE
VAPOR

ABSORCION DE
GAS ACIDO

AIRE DE
OXIDACION

NEUTRALIZACION

TANQUE
INHALADOR

SEPARADORES
APJ

SEPARADORES
CFI, PPI

BUNDELOS

CUAGULACION QUIM. Y
FLUTACION DE AIRE

CUAGULACION QUIM. Y
FILTRACION

REDACCION DE DEMANDA
O INMEDIATA DE
DISEÑO

CONTROLADORES
DE PH

INHALADORES DE
DESECHO

FILTRACION POR
ESCURRIMIENTO

LIZOS
ACTIVADOS

IRALADORES
OXIDACION

LABORIAS DE
AREACION

SISTEMAS SANEADORES
BARRIOS (HAB)

CUAGULACION QUIM. Y
FLUTACION DE AIRE

CUAGULACION QUIM. Y
FILTRACION

CARBON
ACTIVADO

TABLA 5 PROCESOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

7.2 EFLUENTES ACEITOSOS.

El tratamiento de desechos aceitosos para cumplir con las normas de descarga o con su recirculación dentro de la planta, es un -- problema serio que se presenta en refinerías, plantas químicas, - fábricas de acero y muchas otras industrias.

Sin embargo, cada industria tiene un problema específico de contaminación de aceite, porque las características del mismo difiere, por lo consiguiente se necesita determinar la cantidad y tipo de aceite en el efluente.

7.2.1 Sistemas de Caracterización.

Antes de seleccionar los procesos de separación, es necesario en tender que tipo de efluente aceitoso deberá tratarse. Para esto se necesita caracterizar los sistemas aceite/agua. En esta sección, el término "aceite" se utilizará para referirse a la fase acuosa y "agua" se referirá a la fase acuosa.

El aceite contaminante existe en la fase acuosa en varias formas. Estos estados se identifican y reportan en la literatura como -- aceite libre, disperso y soluble.

- a) Aceite Libre. Se tiene cuando en una mezcla aceite y agua está- estática por un tiempo corto, formándose una película continua - de aceite en la superficie de la fase acuosa si la densidad del- aceite es menor que la del agua.

- b) Aceite Emulsionado. Debido al mezclado turbulento, las gotas de aceite se dispersan en la fase acuosa para formar una emulsión de aceite en agua.

Las gotas de aceite macroscópicas tienen un diámetro de 1000 a 10000 angstrom y las microscópicas de 50 a 600 angstrom.

- c) Aceite Soluble. Los estudios indican que, la presencia de materia orgánica disuelta en la fase acuosa, la solubilidad del aceite aumenta, particularmente los aceites que contienen grandes fracciones de hidrocarburos alifáticos.

7.3 DISPOSITIVOS Y PROCESOS DE TRATAMIENTO.

Los métodos disponibles para la separación de mezcla aceite/agua incluyen: tratamiento físico; químico, mecánicos, eléctricos, magnéticos y térmicos o una combinación de éstos.

Los dispositivos comerciales de separación aceite/agua se resumen en la parte inferior. En esta sección se presentarán sus principios de operación de los más comunes que se utilizan en una plataforma, y si se quiere profundizar en un dispositivo específico, consultar el API "Manual on Disposal of Refinery Wastes" (34) y "Oil/Water Separation State-of-the-Art" (17).

- a) Separación por Diferencia de Gravedad.

1.- Separadores Aceite/Agua API

- 2.- Separador Circular
- 3.- Separador de placas
 - i) Interceptor de Placas Paralelas (PPI)
 - ii) Interceptor de Placas Corrugadas(CPI)
- 4.- Separación Rotacional.
 - i) Centrífuga
 - ii) Hidrociclónica
 - iii)Flujo Vórtice
- 5.- Flotación de Gas.
 - i) Aire Disperso
 - ii) Aire Disuelto
 - iii)Desorción al Vacío
 - iiii)Electromecánica
- 6.- Sumidero

b) Filtración.

- 1.- Cama Filtrante
 - i) Granular Media
 - ii) Multimedia
- 2.- Membrana
 - i) Electrodialisis
 - ii) Osmosis Inversa
 - iii)Ultrafiltración

c) Coalecencia Filtración.

- 1.- Fibras Medias
- 2.- Membrana
- 3.- Granular Media

- d) Adsorción y Absorción
- e) Separación Eléctrica y Magnética
- f) Separación Térmica
 - 1.- Calentamiento
 - 2.- Evaporación y Destilación
 - 3.- Congelación y Cristalización

a) La separación por diferencia de gravedad es el método más anti-- guo y común que se ha utilizado para la separación de mezcla - - aceite/agua. Normalmente, es el primer paso de tratamiento de - efluentes aceitosos. En general, la mezcla aceite/agua se sepa- rará por las dos capas distintas que forman. Esta separación de- pende de la diferencia de las densidades de los dos líquidos in- miscibles; gobernada por el principio de la Ley de Stokes, s, la - cual se aplica a la velocidad ascendente del glóbulo de aceite - en el agua.

$$V = g D^2 (1_w - 1_o) / 18 \text{ visc.} \quad \text{Ec. (2)}$$

donde:

- V = Velocidad ascendente del glóbulo de aceite
- g = Aceleración debido a la gravedad
- D = Diámetro del glóbulo de aceite
- $1_w, 1_o$ = Densidad de las fases acuosa y aceite, respectivamente.
- Visc.= Viscosidad absoluta de la fase acuosa. cp.

La diferencia entre las densidades de la mayoría de los contami

nantes aceitosos y el agua son pequeñas, y la viscosidad de la fase acuosa dependen de la temperatura pero es esencialmente -- constante, por lo tanto, la velocidad ascendente del glóbulo de aceite depende del tamaño de la partícula.

De lo anterior, para que se tenga una separación apreciable, con un tiempo de residencia razonable, el tamaño de la partícula deberá ser grande. En resumen, los métodos de separación por gravedad se utilizan para separar aceite libre y emulsionado.

Estos dispositivos manejan altas capacidades de mezcla, los requerimientos de energía son mínimos, pero necesitan la atención de un operador y el proceso es lento para la separación, utilizando un equipo de mayor tamaño.

Para acelerar el proceso se disponen de diferentes métodos; calentar la mezcla para reducir la viscosidad de la fase acuosa, disminuir la trayectoria vertical ascendente de los glóbulos -- (con la adición de placas), suministrar aire para disminuir la densidad del conjunto aceite-aire con respecto a la fase acuosa, aumentando así la velocidad ascendente.

- 1.- Separadores Aceite/Agua API. Las consideraciones importantes para el diseño son: tener área horizontal mínima, área de sección transversal vertical mínima y relación profundidad/ancho de 0.3 a 0.5, velocidades de alimentación de la mezcla de 3.0 - ft/mín. La fig. No. 19 muestra el separador API.

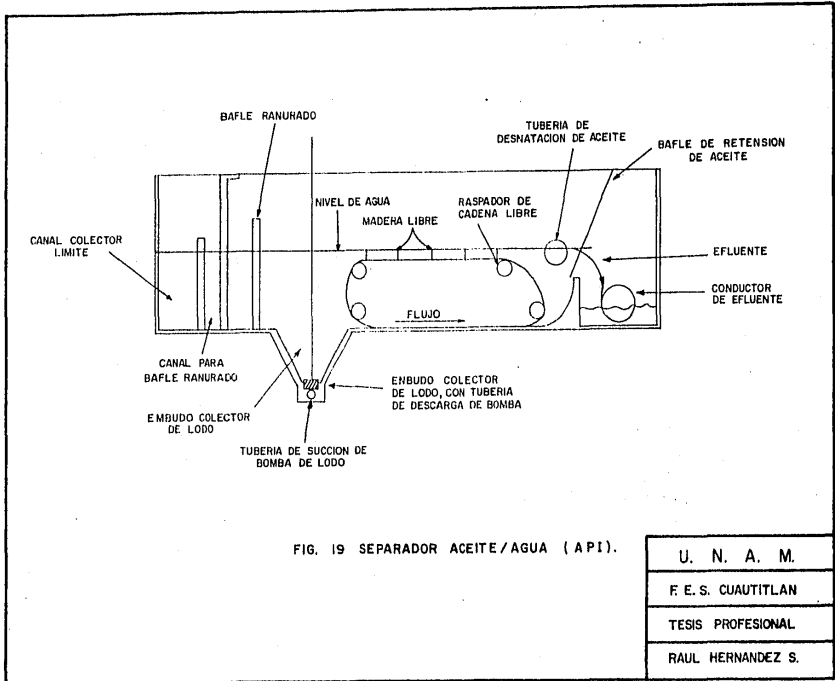


FIG. 19 SEPARADOR ACEITE/AGUA (API).

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

2.- Separadores de Placa. Las placas aumentan el área superficial, reducen la altura vertical ascendente de las partículas de aceite y generan la coalescencia de los glóbulos. Para mejorar la coalescencia las placas se fabrican con materiales oleofílicos, formando un ángulo de inclinación en la entrada de la mezcla. El tamaño del separador disminuye en una proporción de una quinta parte a la mitad con respecto a los separadores API. El aceite-espumoso y el lodo se eliminan fácilmente; pero los principales problemas de éstas unidades son el ensuciamiento de las placas por los sólidos, crecimiento de bacterias, o aceites muy viscosos.

i) Interceptores de Placa Paralela (PPI). El espaciamiento entre placas es de 100 mm. (4 in), con un ángulo de inclinación de 45° axial al separador, separa partículas de aceite de 60 de diámetro ó mayores. No puede separar aceite estable emulsionado y disuelto. La figura No. 20 y 21, muestran los separadores PPI y CPI, respectivamente.

3.- Flotación de Gas. Una forma de incrementar la velocidad ascendente de los glóbulos de aceite, consiste en agregar pequeñas burbujas de aire, disminuyendo la densidad del conglomerado aceite-aire y aumentando el tamaño de la partícula del mismo.

Las burbujas de aire se adhieren a las partículas de aceite por los mecanismos: por colisión, entrampamiento de los espacios de la partícula.

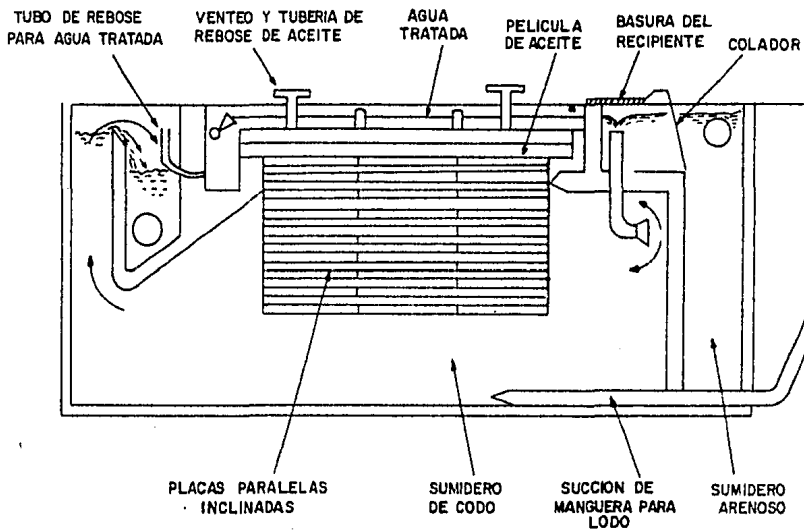


FIG. 20 INTERCEPTOR DE PLACAS PARALELAS (PPI)

U. N. A. M.

F. E. S. CUAUTITLAN

TESIS PROFESIONAL

RAUL HERNANDEZ S.

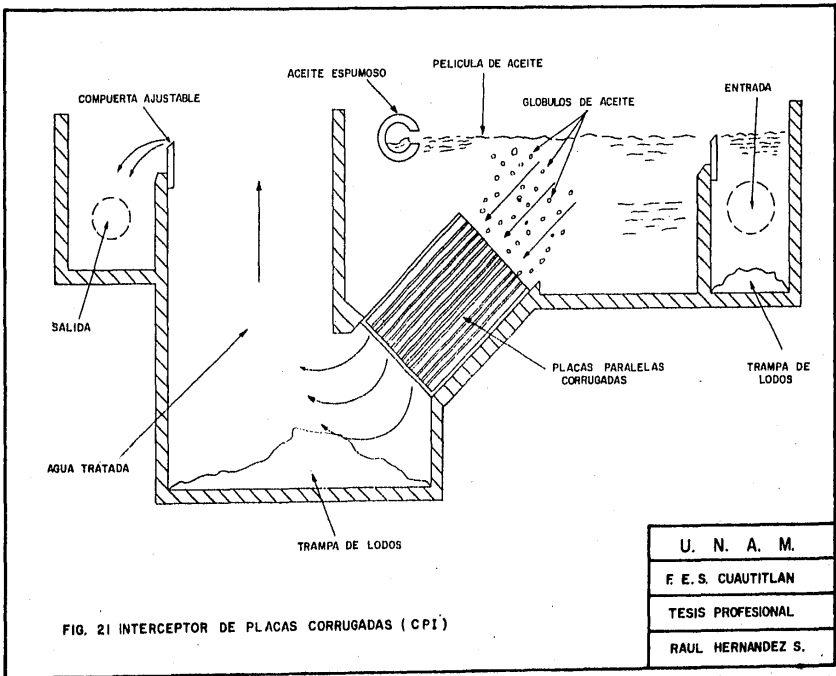


FIG. 21 INTERCEPTOR DE PLACAS CORRUGADAS (CPI)

La velocidad ascendente se expresa por la ley de Stokes's modificada.

$$V_o = g D_o^2 (1_w - 1_o) / 18 \text{ visc.} \quad \text{Ec. (3)}$$

donde:

- V_o = Velocidad ascendente partícula aglomerado aceite/aire.
- g = Aceleración debido a la gravedad.
- D_o = Diámetro efectivo aglomerado aceite/aire
- 1_w = Densidad de la fase acuosa
- 1_o = Densidad aglomerado aceite/aire
- visc. = Viscosidad absoluta fase acuosa

Se ha determinado que la velocidad ascendente aumenta de dos a diez veces más, dependiendo de los siguientes factores:

- Capacidad de gas de entrada y volumen de gas relacionado a volumen unitario de líquido.
- Distribución del tamaño de la burbuja y grado de dispersión.
- Propiedades superficiales de la materia suspendida
- Diseño hidráulico de la cámara de flotación.
- Concentración, tipo de material disuelto y suspendido
- Temperatura y pH.

i) Aire Disperso. En la flotación de aire disperso, el aire se introduce a través de un dispersor especial (difusor, impulsor rotatorio, tubos perforados) en la alimentación del tan

que de flotación. El uso de difusores tiene sus problemas, particularmente en desechos aceitosos con altas concentraciones de sólidos suspendidos, aceites parafínicos y grasas, porque éstos son susceptibles a taponarse.

- ii) Aire Disuelto. El efluente se satura con aire a una presión elevada (de 15 a 60 Psig) en un tanque de retención para 1 a 15 min. Posteriormente, la presión del efluente-aire se reduce a la atmosférica, a la entrada de la cámara de flotación. Al reducirse la presión se liberan diminutas burbujas de la solución de un diámetro mayor de 50 . El tiempo de retención en la cámara de flotación será de 15 min. Se utilizan tres métodos en las unidades de aire disuelto; presurización total, parcial y con recirculación. En la fig. No.22 se muestra las unidades con recirculación.

6.- Sumidero. Es otro de los métodos de tratamiento de separación de mezcla aceite/agua que utiliza el principio de separación por diferencia gravitacional en una plataforma. Es un tanque cilíndrico vertical que se monta en el pedestal de la grúa (Fig. No.-23). La parte inferior del sumidero está abierta, para depositar los sólidos y el agua separada del efluente aceitoso, localizada a unos 15 ft. por encima de la máxima profundidad del lecho marino. La parte superior del recipiente no deberá ser mayor a la altura del sotno de la cubierta.

El efluente se alimenta por la parte superior del recipiente, los

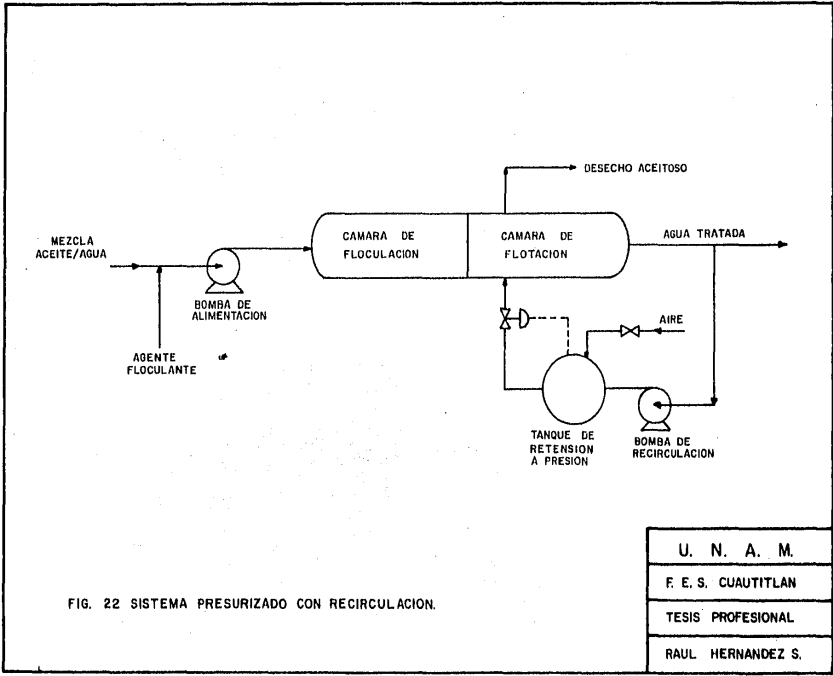


FIG. 22 SISTEMA PRESURIZADO CON RECIRCULACION.

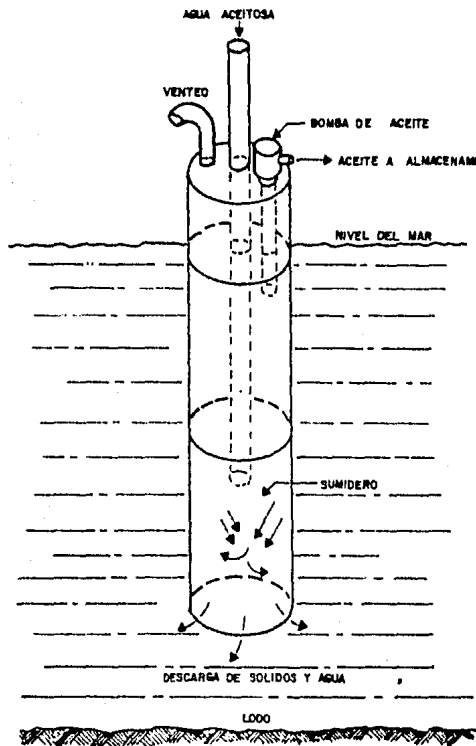


FIG. 23 SEPARACION DE ACEITE-AGUA-SOLIDOS
POR SISTEMA DE SUMIDERO

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTTLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

glóbulos de aceite ascienden a la parte superior, el aceite separado es succionado por una bomba vertical, para enviarse a un sistema de recuperación.

Estos sistemas, tienen la ventaja de tener un tiempo de residencia grande, de tal manera que permiten la separación de las partículas de aceite, además el espacio que se necesita es insignificante o nulo.

- b) Filtración. La filtración a través de materiales granulares, también es uno de los métodos más antiguos que se utilizan para la separación de la mezcla aceite/agua.

Es una técnica útil para eliminar sólidos suspendidos y aceite del efluente aceitoso. Se utilizan diferentes materiales como medio filtrante; arena, antracita granular, perlita, tierra -- diatomacea y carbón activado. El tamaño varía de 0.35 a 1.0 -- mm.

El diseño del medio filtrante depende de diferentes factores; calidad del efluente deseado, cantidad de sólidos suspendidos y -- partículas de aceite, capacidad deseada y máxima caída de presión.

- d) Adsorción. El carbón activado tiene una gran capacidad de adsorción, con la materia orgánica presente en el efluente. Es un medio efectivo para eliminar aceite disuelto, soluble y emulsiones

químicamente estables. La adsorción es un fenómeno interfacial que ocurre por las combinaciones de fuerzas: adhesión, cohesión, tensión superficial y de Van Der Waals.

7.4 TRATAMIENTO QUINICO.

La adición de agentes químicos a las corrientes de desechos aceitosos, es un medio efectivo para incrementar la eficiencia de separación. Algunos estudios en tratamientos complejos, indican - que un agente coagulante aumenta la eficiencia en aproximadamente del 15%; y en un 20% con la adición de un polielectrolito.

Los polielectrolitos son macromoléculas con grupos funcionales - cargados.

Se clasifican en catiónicos, aniónicos y no iónicos. En la tabla No. 6 se muestran algunos ejemplos de polielectrolitos.

7.5 TRATAMIENTO DE AGUA AMARGA.

Otro de los efluentes que necesitan tratarse antes de descargarse al mar, es el agua amarga.

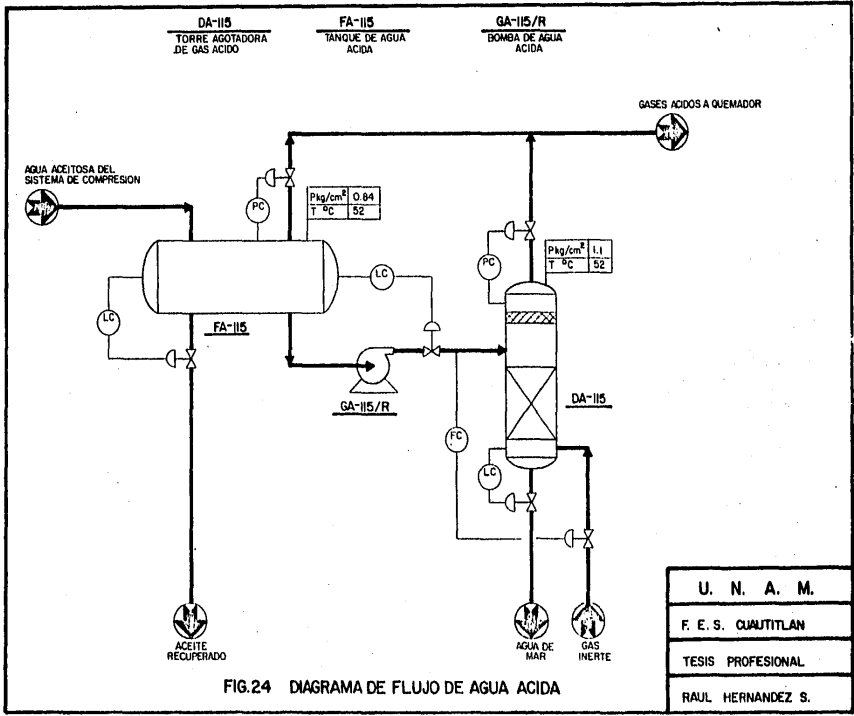
La mezcla trifásica gas amargo-aceite-agua producto de la etapa de deshidratación, endulzamiento y recompresión, se envía al sistema de tratamiento de desechos aceitosos y agotadora de gas ácido.

TABLA No. 6 TIPOS DE POLIELECTROLITOS

TIPOS	ESTRUCTURA	EJEMPLOS	
Catiónico	Aminas	$-(\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2\text{-})^{+\text{Cl-}}$	Cloruro de Polietilen Amina
		$-(\text{-CH}_2\text{-CH-})^{+\text{Cl-}}$ $\text{H}_4\text{C}_5\text{-N-CH}_3$	Poli(N-Metil)-4-vinil cloruro de piridina
No-Iónicos	Poliamida	$-(\text{CH}_2\text{-CH-})\text{-}$ $\text{O} = \text{C-NH}_2$	Poliacrilamida
	Polialcohol	$-(\text{-CH}_2\text{-CH-})\text{-}$ OH	Polivinilalcohol
Aniónico	Sulfónico	$-(\text{-CH}_2\text{-CH-})\text{-}$ SO_3^-	Polivinilsulfónico.
	Carboxílico	$-(\text{-CH}_2\text{-C-})\text{-}$ $\text{O} = \text{C -OH}$	Poli Acril Acido.

El aceite recuperado se envía a control de nivel a almacenamiento; el agua amarga separada se envía a control de nivel a la Torre Agotadora de Gas Acido DA-4601, en donde fluye a contracorriente con gas inerte a través del lecho empacado.

El agua tratada sale por el fondo de la torre para enviarse directamente al mar. El gas inerte arrastra a los gases ácidos presentes en el agua, para después enviarse a control de presión al sistema de desfogue. El sistema de tratamiento de agua amarga se muestra en la Fig. No. 24.



En la Fig. No. 25 se muestra los rangos de aplicación de los métodos de eliminación de efluentes.

7.6 EFLUENTES SANITARIOS.

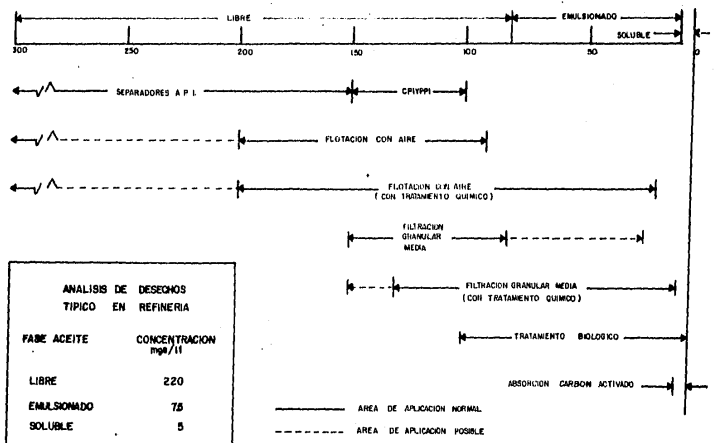
En la plataforma es necesario implementar, un sistema que recolecte todas las corrientes de drenaje sanitario generados por el personal.

A este sistema se le conoce "Diseño Sanitario Marino" (MSD), con el propósito de recibir, retener, tratar y descargar el efluente, bajo las normas de seguridad ambiental local.

7.7. TIPOS DE DISEÑO SANITARIO MARINO (MSD).

Los MSD se clasifican en tres categorías:

- a) MSD TIPO I. Es un diseño de flujo continuo, que se descarga al mar, con una concentración no mayor de más de 1000 bacterias coliform fecal contenidos en 100 ml. y sólidos visibles flotantes.
- b) MSD TIPO II. Es un diseño de flujo continuo, que se descarga al mar con una concentración no mayor de 200 bacterias coliform fecal contenidas en 100 ml. y no más de 150 mg/lt de sólidos suspendidos.
- c) MSD TIPO III. Es un diseño con recirculación, con descarga a la atmósfera, la concentración en la recirculación será de



ANÁLISIS DE DESEÑOS TÍPICO EN REFINERÍA	
FABR. ACEITE	CONCENTRACION mg/l
LIBRE	220
EMULSIONADO	75
SOLUBLE	5
TOTAL	300

FIG. 25 RANGOS ÚTILES DE LOS MÉTODOS DE ELIMINACIÓN DE ACEITE

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLÁN
TESIS PROFESIONAL
RAÚL HERNÁNDEZ S.

240 bacterias coliform fecal contenidas en 100 ml.

7.8 CAPACIDAD DE LOS DRENES Y TIPOS DE RECOLECCION DE MSD.

Los drenes se diseñarán por gravedad, el arreglo no debe de ser complejo. En la mayoría de los casos, se tiene un tanque de recolección intermedio, para después bombearse al MSD.

El cabezal principal se diseñará para una capacidad de 114 a -- 171 lt. (30 a 40 Gal) por hombre por día, cuando se descarguen drenajes sanitarios al mar y de 11.5 a 34 lt (3 a 9 Gal) por -- hombre por día, cuando se descarguen drenajes sanitarios reducidos a cenizas.

Se utilizan varios tipos de recolección de drenajes sanitarios- pero los más comunes son:

- a) Inodoro Estándar.- Genera de 3 a 4 galones de efluente sanitario por cada uso. Como el flujo es por gravedad por la - cantidad de agua que maneja, pero se presentan problemas -- cuando se utiliza un MSD con incinerador.

- b) Colector al Vacío.- Se utiliza para reducir el volúmen del- líquido en el inodoro, reduciendo el tamaño de la tubería - de recolección. El diseño del equipo tubería y accesorios- es especial.(Fig. No. 26.)

- c) Recirculación de Enjuague.- Se utiliza para limitar el lí--

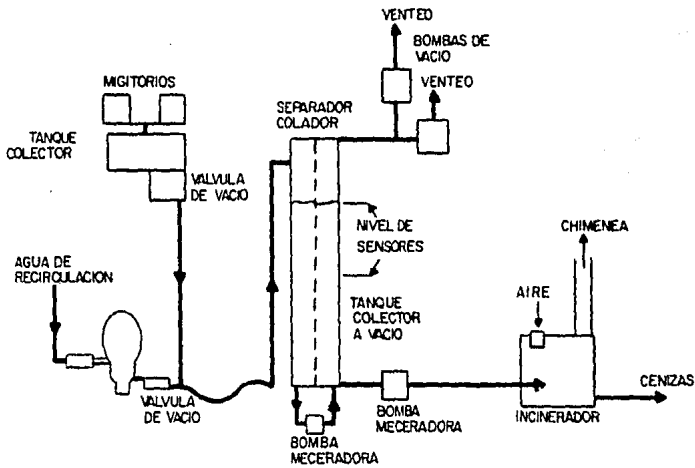


FIG. 26 SISTEMA DE INCENERADOR Y COLECCION AL VACIO

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

quido del drenaje sanitario. El drenaje se envía a un tanque de separación, en donde el lodo se asienta para después alimentarse al incinerador. El líquido separado se bombea, cierta cantidad a un tanque acumulador, otra proporción se filtra y se recircula al tanque de separación. Los lodos separados en el tanque acumulador y filtro se retornan en la descarga de lodos del tanque de separación, para posteriormente incinerándose. (Fig. No. 27 y 28).

7.9 METODOS DE TRATAMIENTO EN LOS MSD.

Los métodos de tratamiento de efluentes sanitarios que se utilizan normalmente son:

- a) Fisicoquímicos. En estos sistemas (Fig. No. 29) la corriente de drenaje sanitario se alimenta a un colador colector, para después enviarse a un tanque separador de sólidos, el lodo se separa en la parte inferior del separador, para enviarse a un tanque de almacenamiento de lodos y posteriormente incinerarse. El líquido y sólidos que no pudieron separarse pasan a un proceso de desinfección, por la adición de químicos. El efluente del Tipo I se puede enviar directamente al mar, o alimentarse a una sección de filtrado y obtenerse un efluente del tipo II.

Las ventajas de estos sistemas sería su fácil operación, debido a la separación de sólidos es mínima la cantidad de agentes químicos que se adicionan. Las desventajas son su

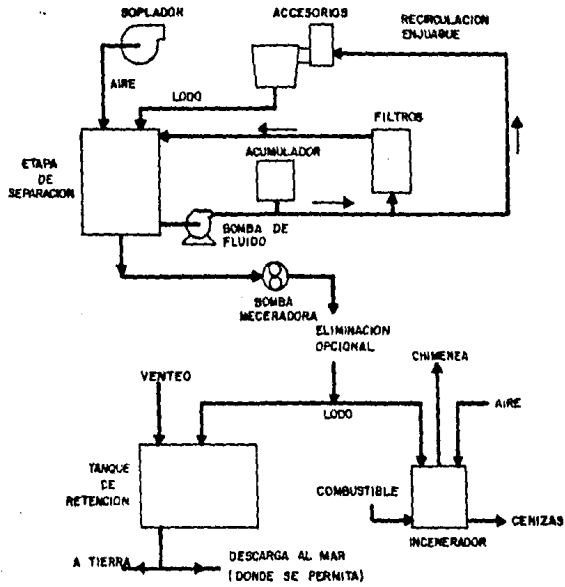


FIG. 27 SISTEMA DE RECIRCULACION

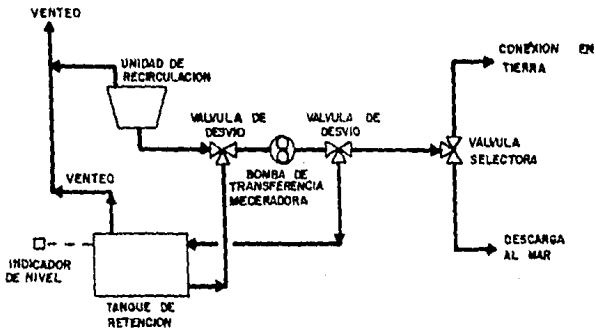


FIG. 28 UNIDAD DE RECIRCULACION CON CONEXION A BARCOS

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTTLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

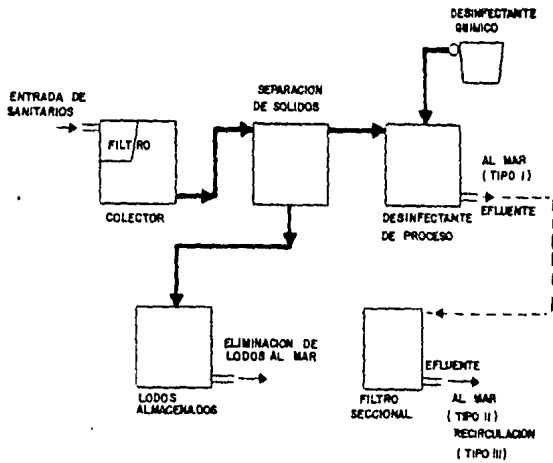


FIG. 29 MSD FISICO/QUIMICO

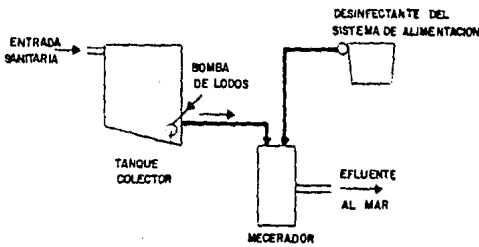


FIG. 30 MSD MECERADOR/CLORINADOR

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTILAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

tamaño relativamente grande, el lodo se debe de incinerar - inmediatamente y la cantidad de agua en el incinerador debe ser mínima.

- b) Mecerador - Clorinador. Este tipo de MSD (Fig. No. 30), recolectan la mezcla en un tanque, los sólidos mecerados forman una mezcla coloidal, esta se desinfecta por adición de cloro y el efluente Tipo I se descarga al mar.

Estos sistemas son los más baratos de los MSD, el espacio - que ocupa el tanque es pequeño, pero cuando el tamaño de las partículas son grandes, se necesita un tiempo de retención - mayor.

- c) Biológicos. En este tipo de MSD (Fig. No. 31), se envía a - un tanque en el cual se lleva un proceso biológico, en este - se cultivan las microbacterias, con el propósito de digerir - la materia orgánica. El efluente tratado biológicamente se - desinfecta, obteniéndose un efluente del Tipo II y se descarga al mar. Si se requiere descargar un efluentes del Tipo - III, se pasa a una etapa de filtrado. Los lodos que se generan en este sistema son mínimos, descargándose directamente - al mar.

- d) Evaporadores. El agua de recirculación de enjuague se suc-- ciona por medio de una bomba de transferencia meceradora, se descarga al evaporador.

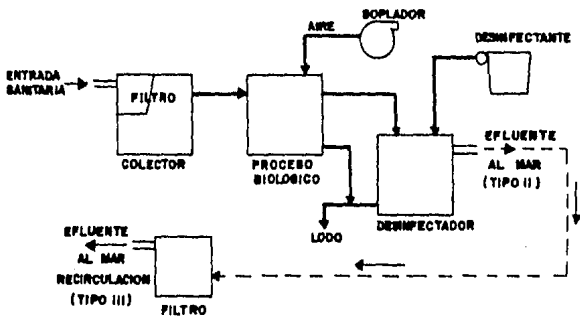


FIG. 31 MSD BIOLÓGICO

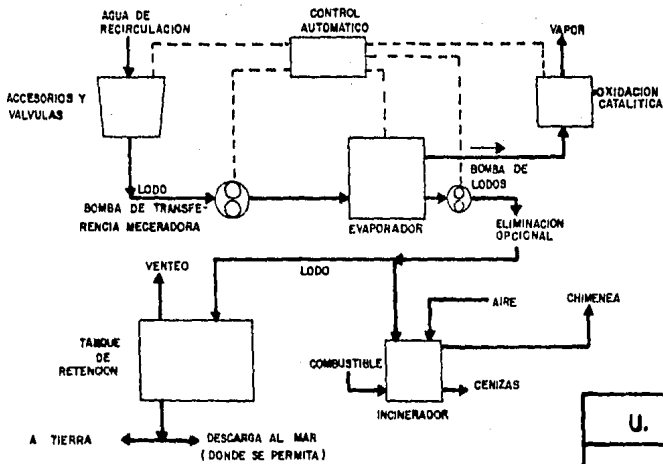


FIG. 32 SISTEMA MSD EVAPORATIVO

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

Se evapora la mayor cantidad de agua, los lodos se bombean al incinerador. El sistema evaporativo se muestra en la -- Fig. No. 32.

Las ventajas de estos sistemas es de descarga nula al mar, se evitan los malos olores del líquido evaporado por una oxidación catalítica, pero tienen alto costo de instalación y -- operación.

e) Mecerador Clorinador Oxidado. Estos tipos de MSD (Fig. No.- 33), utiliza celdas electrolítica para clorar y oxidar el lo do clorado. La ventaja que se tiene, excluyen el manejo de químicos.

f) Ultrafiltración y Osmosis Inversa. Utilizan una membrana de separación para tratar el efluente sanitario (Fig. No. 34).- La principal diferencia para aplicarse cualquiera de los dos métodos de tratamientos, se reduce a los rangos de presión -- principalmente. La ultrafiltración opera en un rango de pre sión de 10 a 100 Psig; mientras que la ósmosis inversa es de 300 a 500 Psig. La membrana se diseña para trabajar con macromoléculas en la ultrafiltración y micromolecular para la ósmosis inversa.

Las ventajas de estos sistemas es su operación simple y no - necesitan la adición de agentes químicos, pero el efluente - sanitario debe de tener un pretratamiento para no deteriorar u obstruir a la membrana.

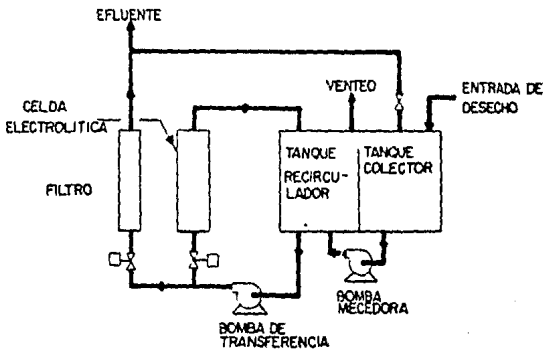


FIG. 33 MECERADOR / CLORINADOR/OXIDADOR

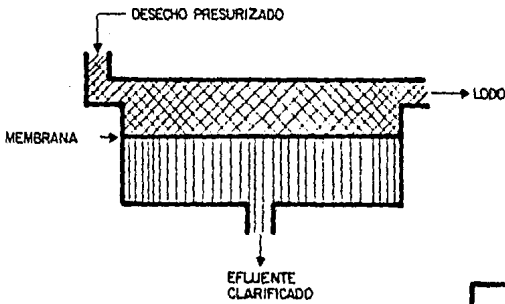


FIG. 34 PROCESOS DE ULTRAFILTRACION

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

8.0 ALMACENAMIENTO.

En las plataformas marinas, el almacenamiento de algunos servicios auxiliares puede representar un problema muy serio si no se contempla adecuadamente desde la fase inicial del proyecto.

En la plataforma de compresión, se necesitará almacenamiento de agua potable, aceite de calentamiento, diesel combustible, aceite mineral y sintético, dietilenglicol y dietanolamina.

Los puntos importantes que se necesitan para dar inicio al diseño del sistema de almacenamiento son:

- a) Capacidad. Se puede estimar por las necesidades propias del proceso, de las limitaciones de espacio, peso y de la frecuencia de abastecimiento en la plataforma.
- b) Localización del Sistema. Para tener una adecuada distribución y por la naturaleza del fluido que se almacenará, se debe de localizar en un área segura, que minimice los fenómenos de incendio o explosión.
- c) Consideraciones Especiales. No todos los líquidos se pueden manipular o almacenar de la misma forma, estas limitaciones requieren de consideraciones especiales, que estén de acuerdo a los códigos o estándares internacionales.
- d) Naturaleza del Líquido Almacenado. Es un punto importante -

que gobernará uno o más criterios de diseño para el sistema de almacenamiento. Las características más significativas del líquido son:

- 1) Flamabilidad. Para varios líquidos industriales son tabulados en National Fire Protection Assn. estándar NFPA 35 A Y-35 M (23); para combustibles líquidos utilizar el NFPA 325-M y 49 (24). Estas referencias ayudan a especificar accesorios de protección contra incendio y clasificación de áreas eléctricas.
- 2) Temperatura. Afecta la volatilidad del líquido almacenado, con altas temperaturas se obtienen altas volatilidades. También será necesario mantener temperaturas superiores a la ambiente cuando se tengan líquidos viscosos, o puntos de solidificación bajos.
- 3) Densidad. Tiene efecto en los esfuerzos en la pared del tanque, de tal manera que para líquidos densos se tenga un espesor mayor.
- 4) Corrosividad. Generalmente el material que se utiliza en los tanques de almacenamiento es el acero al carbón. Para los líquidos que no son compatibles con el acero, deberán tener un recubrimiento especial.
- 5) Toxicidad. Para manejar estos líquidos se requiere de con-

sideraciones especiales en el diseño de detalle. Todas las juntas deberán soldarse para que el líquido no se derrame - y que al drenarse completamente, el líquido se maneje hacia un lugar seguro.

- 6) Reactividad Química. Se puede hacer uso del NFPA 49 y 491-M (24) para obtener la reactividad de algunos compuestos industriales, para contrarestar estos efectos.

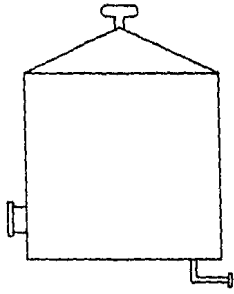
8.1 TIPOS DE RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.

El diseñador puede utilizar diversos tipos básicos de recipientes de almacenamiento, para facilitar el diseño, ayudándose de las diferentes especificaciones o estándares.

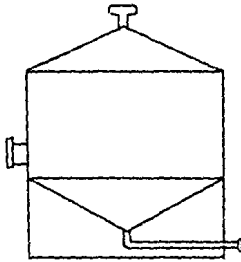
La especificación API 12 F (25) cubre a los recipientes de baja presión soldados, para almacenamiento de producción de líquidos. Son del tipo 1, 2 y 7, de acuerdo a la Fig. No. 35, con presiones de diseño menor o igual a 1 lb/in^2 .

La especificación 12 D (26) contempla a los recipientes de baja presión fabricados en campo, para almacenamiento de producción de líquidos. Son del tipo 1, 2 y 7, con presiones de diseño menor o igual a 0.5 lb/in^2 .

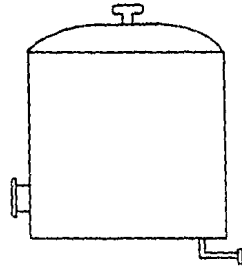
La especificación API 620 (27) cubre a los recipientes de baja presión para almacenamiento de líquidos, permitiendo presiones-



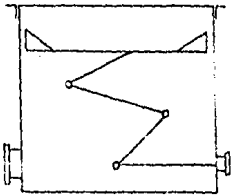
1 TAPA CONICA TECHO FIJO



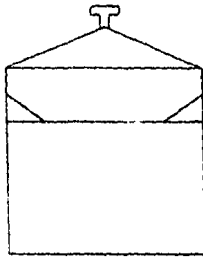
2 FONDO CONICO, FALDON



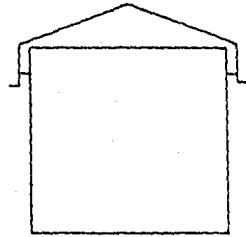
3 TECHO DOMO



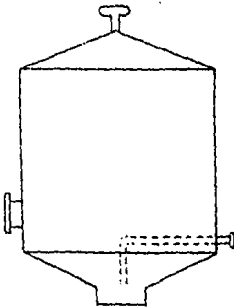
4 TECHO FLOTANTE TAPA ABIERTA



5 TECHO FLOTANTE TAPA FIJA



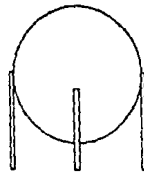
6 TECHO EXPANSION



7 FONDO CONICO SIN FALDON



8 TAMBOR HORIZONTAL



9 ESFERA

FIG. 35 RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.

U. N. A. M.
F. E. S. CUAUTITLAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

en el espacio vapor de 15 lb/in^2 como máximo. Son del tipo 1, 3 y 8.

El API 650 (28) cubre a los recipientes de baja presión para al macenamiento de líquido de alta capacidad fabricados en campo. - Son del tipo 1, 3, 4, 5 y 6.

Con presiones interna cercana a la atmosférica. Esta especificación no define la presión de diseño, el fabricante la proporciona.

El ASME Sección VIII División 1, "Recipientes a Presión" (29) - proporciona los criterios de diseño a presiones superiores de - 15 lb/in^2 . Para los tipos 8 y 9.

V. ESTIMACION DE LA CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.

Para evaluar la capacidad de los servicios auxiliares de las diferentes secciones de proceso de compresión, deshidratación, en dulceamiento y de los propios sistemas que generan los servicios, se obtiene a partir de las bases de diseño de la plataforma, -- diagramas de flujo de proceso; balances de materia y energía; - códigos internacionales; experiencia de grupos licenciadores y del propio criterio del diseñador.

1.1 Criterios Específicos para la Estimación.

Quando las bases de diseño se han definido completamente, y asumiendo que se dispone la licencia de los diferentes procesos -- que se instalarán en la plataforma, inmediatamente se procede a realizar, un balance de materia y energía preliminar en cada -- uno de los equipos que constituyen el proceso, cuyos resultados se utilizan para iniciar la ingeniería de detalle del proyecto y para evaluar las cotizaciones técnicas, que presentan los fabricantes por concursar en las diferentes secciones de proceso.

Para realizar estos balances de materia y energía, se establecen los criterios generales de diseño, que en forma general a continuación se presentan.

1.1.1 Deshidratación. (30)

- El proceso que se emplea permite deshidratar el gas húmedo - hasta 9 lb H₂O / MMPCS a presiones mayores de 1000 Psig.

- . Que la cantidad de glicol por libra de agua que circule en el absorbedor sea por lo menos 3 galones glicol/1 lb de agua.
- . Cuando la deshidratación se lleva a cabo a altas presiones, se supone una temperatura constante a través de la columna absorbedora, ya que el incremento es de 1 a 2°F.
- . Que se caliente el Dietilen Glicol hasta 340°F en la Torre Regeneradora, para evitar degradación.
- . Las pérdidas de glicol por degradación es del orden de 1.5 galones / 20 MMPCS de gas que se traten.
- . Para eliminar una mayor cantidad de agua, se inyecte gas inerte de arrastre a una capacidad de 4 PCS gas Inerte / Galón - de Glicol.

1.1.2 Endulzamiento. (30)

- . El proceso que se emplea permite tratar gas amargo, con una - concentración máxima de 25% mol de CO₂ y H₂S.
- . La concentración de los productos es de 1000 ppm CO₂ y 50 ppm H₂S.
- . Se recomienda que la solución de amina sea regenerada como máximo hasta 0.1 moles de gas ácido/mol de amina, para evitar - problemas de corrosión.

- . Se recomienda una carga máxima en solución de amina rica de 0.4 moles de gas ácido / mol de amina rica.
- . Que la temperatura de la solución de amina pobre sea 10°F mayor que la del gas amargo.
- . Que la temperatura de alimentación de amina pobre al regenerador sea de 180 a 200°F.
- . La caída de presión es de 0.2 psi en cada plato, de la torre contactora.
- . La cantidad de reposición de amina es de 0.1 galones/MMPCS - de gas.

Con los criterios de diseño anteriores, al realizar el balance de materia y energía, a través de cada uno de los equipos de las secciones de endulzamiento y deshidratación, se obtienen la capacidad de los servicios primarios de Dietanol Amina, Dietilenglicol, Aceite de Calentamiento y Gas Inerte de Arrastre, cuyos valores se resumen en las tablas 8, 9, 10 y 11.

1.1.3 Agua Potable.

De los diversos estudios que se han realizado, para evaluar la cantidad de agua potable por persona que se requiere, se recomienda disponer de 30 a 50 galones/día x persona (14) La cant

dad de agua potable, se muestra en la Tabla No. 12.

1.1.4 Agua Contra Incendio.

- a) Se protegerá el área de mayor riesgo y la posibilidad de que ocurra fuego simultáneamente en diferentes áreas en la plataforma es remota.
- b) El área de mayor riesgo se muestra en la Fig. No. 36.
- c) El equipo que está protegido con aislante resistente al fuego se omitirá.
- d) La capacidad de las bombas que se utilicen varía de 200 a -- 2000 GPM con múltiplos de 250 GPM.
- e) Para un estimado preliminar, de acuerdo a las diferentes áreas que ocupe un proceso, utilice la siguiente tabla:

Unidad de Proceso Area m.	Capacidad de Agua Flujo GPM.
30 x 60	1540 - 2200
45 x 75	2201 - 2860
45 x 90	2861 - 3740
70 x 140	3741 - 5280

- f) Para estimar el consumo de agua contra incendio, utilice la tabla No. 13 para los diferentes tipos de plataformas.

La cantidad de agua contra incendio necesaria para proteger el área de mayor riesgo, se resume en la Tabla No. 14.

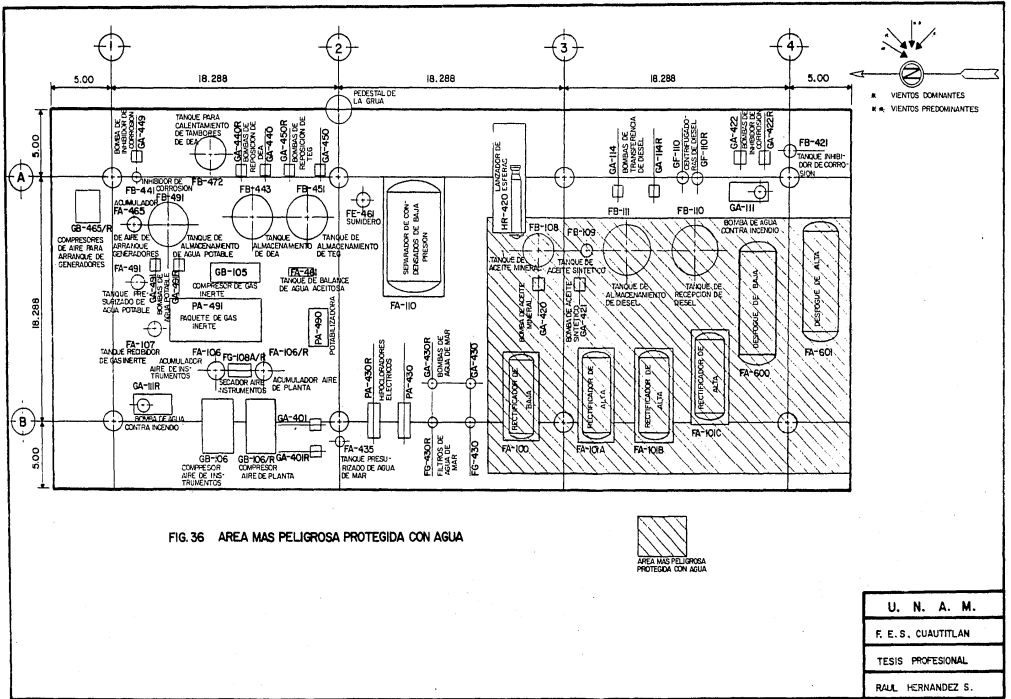


FIG. 36 AREA MAS PELIGROSA PROTEGIDA CON AGUA

AREA MAS PELIGROSA
PROTEGIDA CON AGUA

1.1.5 Agua de Servicios.

El agua de mar de servicios se utilizará para los sanitarios, - paquete de gas inerte, hipocloración y estación de servicio de mantenimiento.

El consumo de agua para sanitarios depende del tipo y cantidad del efluente que se descarga al mar. Normalmente un inodoro, - genera de 3 a 4 galones de efluentes sanitarios por cada uso. - Considerando que una persona utiliza este servicio 4 veces al día, la cantidad total de agua de mar por persona por día se reduce a 16.

Cuando se pretenda adquirir un diseño sanitario marino (MSD) con incinerador, es necesario reducir la cantidad de agua de mar en el inodoro.

En cada nivel de la plataforma se tendrán cuatro estaciones de servicio, con un diámetro de tubería de 3/4", cuya capacidad es de 5 galones por minuto. Considerando que el 30% de las estaciones operan simultáneamente.

La cantidad de agua de mar que se necesita para expresarse en el horno del sistema de gas inerte y los módulos de hipocloración, se obtiene a través del fabricante.

La cantidad de agua de mar de servicios, se presenta en la tabla 12.

1.1.6 Aire de Planta e Instrumentos.

A medida que un proceso requiere de un control mayor, la cantidad de aire de instrumentos en un circuito neumático, es tres veces mayor que en un eléctrico (Fig. No. 16 y 17). Partiendo de esta base, en la Tabla No. 15 se tabulan las capacidades de aire, para aquellos procesos que tienen de 50 a 400 circuitos de control.

Para las plataformas de enlace y producción, tienen de 50 a 100 circuitos de control; para una plataforma de inyección de agua, de 100 a 150; en una plataforma de compresión, requiere de 200- y cuando se centraliza la distribución de aire de instrumentos a un complejo (producción-compresión-habitacional) se tendrían de 350 a 400 circuitos de control.

Por otro lado, la capacidad de aire de planta en la plataforma, se obtiene de acuerdo al número de estaciones de servicio. Normalmente se especifican cuatro estaciones por cada nivel, y normalmente el 30% están en operación simultáneamente.

En la tabla No. 16 se resumen las cantidades de aire de planta e instrumentos que se necesitan en la plataforma.

1.1.7 Aceite Mineral y Sintético.

El aceite mineral y sintético se utiliza para los servicios de lubricación y sellos en los módulos de compresión.

Los módulos de compresión tienen integrados en su propio paquete consolas de almacenamiento, con una capacidad de 1500 y 90 galones, para el aceite mineral y sintético respectivamente.

Los consumos de aceite mineral y sintético son de 111 y 30 galones, por cada 100 horas de operación de los módulos de compresión, equivalente a 28 y 7.5 galones por día, de aceite de reposición.

1.1.8 Inhibidor de Corrosión para los Sistemas de Compresión, Endulzamiento y Deshidratación.

La cantidad de inhibidor de corrosión que se necesita inyectar en los sistemas de compresión, endulzamiento y deshidratación de gas, depende de diversos factores, tales como: las condiciones de operación (presión y temperatura), composición del gas; cantidad de agua líquida, ácido sulfhídrico y bióxido de carbono principalmente.

A medida que se va explotando el campo, la composición del gas va cambiando, de tal manera que la cantidad de inhibidor de corrosión que se inyecta al sistema deberá ajustarse, con la ayuda con testigos o probetas de corrosión.

Para las secciones de endulzamiento y deshidratación se recomienda (6) inyectar 9 galones por hora y en compresión 3 galones por hora.

1.1.9 Antiespumante.

Las soluciones de etanolaminas frecuentemente forman espumas en las torres contactora y regeneradora, por la contaminación con hidrocarburos ligeros, degradación de amina, sólidos finos suspendidos (sulfuro de fierro) o por agentes tensoactivos presentes en la corriente de gas.

La cantidad de antiespumante que se recomienda es de 1 a 2 galones por hora por cada 20 MMPCS de gas que se endulce.

La cantidad de aceite mineral y sintético, inhibidor de corrosión y antiespumante, se presentan en la tabla 16.

1.1.10 Diesel Combustible y Energía Eléctrica.

Los consumos de diesel combustible y energía eléctrica, se obtienen a través de la información de fabricante, de acuerdo a las características de equipo y se resumen en las tablas 17 y 18.

1.1.11 Almacenamiento.

Para evaluar el volumen de almacenamiento de los servicios auxiliares en la plataforma, se debe de considerar el tiempo de abastecimiento, si el servicio se genera en la plataforma; si es indispensable para la operación de una sección de proceso,

si se tiene relevo del equipo que sea más probable de dañarse y por supuesto; del peso y espacio que ocuparía para su almacenamiento.

El volumen de almacenamiento se presenta en la Tabla No. 19.

2.0 CAPACIDAD DE LOS SERVICIOS AUXILIARES.

2.1 Gas Combustible

TABLA 7. Consumos de Gas Combustible

Condiciones de Suministro 8.3 Kg/cm² man. y 54°C.

CONSUMO (1)

CLAVE	EQUIPO	NORMAL		MAXIMO	
		Mm ³ /día	Mft ³ /día	Mm ³ /día	Mft ³ /día
GT-100 A/D	Turbina del Compresor de baja presión	13.6 (3)	480.3	15.3	540.3
GT-101 A/D	Turbina del compresor de Alta Presión	185.3 (3)	6557.9	550.5	19440.7
BA-401	Horno del Sistema - de Aceite de Calentamiento.	9.1 (3)	321.4 (2)	13.6	480.3
EA-303 A/D	Rehervidor de Glicol	6.4	226.0	10.2	360.2(2)
PA-491	Generador de Gas -- Inerte.	3.2	113.0	4.6	162.4(2)
GE-495 A/C	Turbogeneradores -- Eléctricos.	31.2	1101.8 (3)	34.3	1211.8
GT-102	Turbina del Compresor de Arranque.	34.2	1207.8 (3) (4)	42.8	1511.5
T O T A L		283.4	10008.2	671.2	23706.7

NOTAS:

(1) A condiciones estándar de 20°C, 1 Kg/cm² abs.

(2) La temperatura de suministro de gas es de 88°C.

(3) Por fabricante

(4) Para arranque operar con diesel

2.2 Aceite de Calentamiento (1)

TABLA 8. Consumos de Aceite de Calentamiento.

Condiciones de suministro 3.5 Kg/cm² man., 243°C.

C L A V E	E Q U I P O	CONSUMO NORMAL BPD (3)
EA-201 A/C	Rehervidor de la Regeneradora de DEA.	8447.4
EA-303 A/D	Rehervidor de Glicol	8610.0
ED-470 A/D	Sobrecalentador de Gas Combustible.	203.0
T O T A L		17260.4
Requerimiento de Reposición		1726.0 (2)

NOTAS:

- (1) Dowtherm "G" o similar
- (2) Cada 6 meses
- (3) BPD a 15°C

2.3 Gas Inerte

TABLA 9. Consumos de Gas Inerte

Condiciones de Suministro 1.4 Kg/cm² man., 52°C
CONSUMO (1)

C L A V E:	E Q U I P O	NORMAL		MAXIMA	
		Mm ³ /día	Mft ³ /día	Mm ³ /días	Mft ³ /día
DA-200 A/C	Torre Absorbadora Gas Acido	3.1	109.5	6.2	219.0
	Otros Servicios de menor consumo.	0.1	3.531	0.15	5.3
T O T A L		3.2	113.0	6.35	224.3

NOTAS:

- (1) A condiciones estándar de 20°C, 1 Kg/cm² abs.

2.4 Glicol para Deshidratación de Gas (DEG o TEG)

TABLA 10. Consumos de Dietilen Glicol.

Concentración: 99.8% en peso (mínimo)

Requerimiento para Arranque: 32. GPM

Reposición : 270 Galones (1) (2)

NOTAS:

(1) Cada 6 meses

(2) 1.5 Galones/20 MMPCs de Gas.

2.5 Dietanolamina para Endulzamiento de Gas.

TABLA 11. Consumos de Dietanol Amina.

Concentración: 98.5% en peso (mínimo)

Requerimientos para arranque: 130 GPM

Reposición : 164 Galones (1) (2)

NOTAS:

(1) Cada 6 meses

(2) 0.1 Galones/MMPCs de Gas

2.6 AGUA DE SERVICIOS Y POTABLE.

TABLA No. 12. CONSUMOS DE AGUA DE SERVICIOS Y POTABLE.

E Q U I P O	No. UNIDADES	AGUA DE SERVICIOS (HAR)		AGUA POTABLE
		FLUJO GAL/DIA X PERSONA	CAPACIDAD GPM	CAPACIDAD GPM
Sanitarios y Mingitorios	127 personas	9	0.8	
Módulos de Gas Inerte	UNO		400 (1)	
Módulos de Hipocloración	UNO		66 (1)	
Estaciones de Servicio	TRES		15	
Agua Potable	127 Personas			5
		T O T A L:	482	5

NOTAS:
=====

1.- De información de fabricante

TIPO DE PLATAFORMA	EQUIPO A PROTEGER AREA	TIPO DE SISTEMA	FLUJO GPM/FI ² (MINIMO)	SISTEMA ADICIONAL		
				TIPO	FLUJO LOCALIZAC. GPM	ESTACIONES DE MANGUERA
PERFORACION	SEÑALADORE DE PRUEBA LANZADORES Y RECEPTORES	ASPERSORES TIPO INUNDACION	0.25 (2)			
	ANZOLES DE NAVIDAD	"	0.50	2 MONITORES	EN DIRECCION DE LA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
	PERFORACION			2 MONITORES	EN DIRECCION DE LA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
ENLACE	HABITACIONAL			1 MONITOR	EN AREA SEGURA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
	RECEPCION Y ENVIO	ASPERSORES TIPO INUNDACION	0.25	2 MONITORES	EN DIRECCION DE LA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
	GENERADOR					1/2" # 15 Mts LONG.
REBOMBO	CUARTO DE CONTROL					1/2" # 15 Mts LONG.
	HABITACIONAL					1/2" # 15 Mts LONG.
	UNIDAD DE TRABAJO ACC. POR TURBINA	ROCIADORES TIPO INUNDACION	0.50 (1)	2 MONITORES	EN AREA SEGURA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
PRODUCCION	TANQUES DE ALM. Y TANQUES DE DIA	ASPERSORES TIPO INUNDACION	0.25 (2)			1/2" # 15 Mts LONG.
	CUARTO DE CONTROL					1/2" # 15 Mts LONG.
	SEPARADORES DESHUMIDIFICADORES	ROCIADORES TIPO INUNDACION	0.25 (2)	2 MONITORES	EN DIRECCION DE LA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
COMPRESION DE GAS	TORNILLOS DE TRANSFERENCIA	ASPERSORES TIPO INUNDACION	0.50 (1)	2 MONITORES	EN DIRECCION DE LA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
	SEPARADORES DE SHEL / MOL. FA.	ROCIADORES TIPO INUNDACION	0.25 (2)	2 MONITORES	EN DIRECCION DE LA 250	1/2" # 15 Mts LONG.
	TANQUES DE ALM. Y TANQUES DE DIA	ASPERSORES TIPO INUNDACION	0.25 (2)			1/2" # 15 Mts LONG.
HABITACIONAL	COMPRESORES ACC. POR TURBINA	ASPERSORES TIPO INUNDACION	0.25 (1)			1/2" # 15 Mts LONG.
	GENERADORES					1/2" # 15 Mts LONG.
	CUARTO DE CONTROL					1/2" # 15 Mts LONG.
HABITACIONAL	SECCION TECNICA OPERATIVA	ROCIADORES TIPO TUBERIA HUNEDA	0.2			1/2" # 15 Mts LONG.
	CUARTO DE CONTROL					1/2" # 15 Mts LONG.
	INSTALACIONES Y RECREACIONES	ROCIADORES TIPO TUBERIA HUNEDA				1/2" # 15 Mts LONG.

NOTAS
1.- CUBRIR TODA EL AREA
2.- AREA SUPERFICIAL MOJADA

TABLA 13 SUMINISTRO DE AGUA CONTRA- INCENDIO PARA DIFERENTES TIPOS DE PLATAFORMAS

U. N. , A. M.
F. E. S. CUAUTILAN
TESIS PROFESIONAL
RAUL HERNANDEZ S.

120

CLAVE EQUIPO	SERVICIO	CARACTERISTICAS		AREA SUPERFICIAL (Ft ²)	FLUJO PARA PROTECCION (G PM/Ft ²)	AGUA CONTRA INCENDIO GPM.
		D.T. (mm.)	T - T (min)			
FA-600	Tanque de Desfogue de Baja Presión.	3050	7625	786	0.25	197
FA-601	Tanque de Desfogue de Alta Presión.	3050	7625	786	0.25	197
FA-101A/C	Rectificador de Gas - de Alta Presión.	2438	5486	1357	0.25	340
FA-100	Rectificador de Gas - de Baja Presión.	2134	5486	396	0.25	99
FB-109	Tanque de Aceite Sintético.	1219	1524	63	0.26	16
FB-110	Tanque de Almacena- - miento de Diesel.	3963	3963	531	0.25	133
FB-108	Tanque de Aceite Mine- - ral.	2438	3048	252	0.25	63
FB-111	Tanque de Recepción - de Diesel.	3963	3963	531	0.25	133
HR-101	Lanzador de Esferas	31	13.12	124	0.25	31
	Dos Monitores					500
	Una Estación de Man- - gueras.					20
					SUB-TOTAL	1729
					SOBRESERVO	20%
					T O T A L	2075

TABLA No. 14. CONSUMOS DE AGUA CONTRA INCENDIO

CIRCUITOS DE CONTROL	CONT. NEUMÁTICO 3 INST. X C. CONT.	CONTROL ELECTRICO 1 INST. X C. CONT.	15% POR FUGAS Y SOBRECALENT.		CONSUMO DE AIRE Ft ³ /min	
			CONT. NEUMÁTICO	CONT. ELECTRICO	CONTROL NEUMÁTICO	CONTROL ELECTRICO
50	150	50	22.5	7.5	172.5	57.5
100	300	100	45.0	15	345	115
150	450	150	67.5	22.5	517.5	172.5
200	600	200	90	30	690	230
250	750	250	112.5	37.5	862.5	287.5
300	900	300	135	45.0	1035	345
350	1050	350	157.5	52.5	1207.5	402.5
400	1200	400	180	60.0	1380	460.0

TABLA No. 15 CONSUMOS DE AIRE DE INSTRUMENTOS EN PLATAFORMAS.

2.7 Energía Eléctrica

TABLA 18. Consumos de Energía Eléctrica

CLAVE	EQUIPO.	TENSION VOLTS	FASES	POTENCIA	
				KW CONSUMIDOS	KW CONECTADO
EC-100 A/D	Enfriador del Compresor de Baja Presión.	-	-	218.0(1)	(1)
EC-101 A/D	Enfriador del Compresor de Baja Presión 1a.E.	-	-	336.0(1)	(1)
EC-102 A/D	Enfriador del Compresor de Alta Presión 2a. E.	-	-	447.0(1)	(1)
EC-202 A/C	Enfriador de DEA pobre	480	3	(2)	(2)
EC-502	Enfriador de Aceite de Lubricación.	480	3	(2)	(2)
EC-501	Enfriador del Compresor Arranque 1a. Etapa	480	3	14.9(3)	14.9 (3)
EC-500	Enfriador del Compresor Arranque 2a. Etapa	480	3	14.9(3)	14.9 (3)
EC-401	Pre-Enfriador de Carga Compresor de Arranque	480	3	7.5	7.5
GA-111	Bomba de Agua contra Incendio	480	3	14.9	14.9
GA-410	Bomba de Desfogue de Baja Presión	480	3	18.6	18.6
GA-449/R	Bomba de Inhibidor de Corrosión	480	3	18.6	18.6
GA-202 A/C	Bomba de DEA pobre	480	3	228.3	268.5
GA-201 A/C	Bomba de Reflujo Torre Regeneradora de DEA	480	3	3.3	6.6
GA-450/R	Bomba de Reposición de Glicol	480	3	3.7	7.5
GA-300 A/D	Bomba de Glicol	480	3	44.7	89.5
GA-115/R	Bomba de Agua Amarga	480	3	2.7	11.2

CLAVE	EQUIPO	TENSION VOLTS	FASES	POTENCIA	
				KW CONSUMIDOS	KW CONECTADO
GA-402	Bomba de Aceite de Calentamiento.	480	3	30.8	111.9
GA-401	Bomba de Reposición Aceite Calentamiento	480	3	3.7	3.7
GA-403	Bomba de Recirculación A.C. Calentamiento	480	3	89.7	119.3
GA-114	Bomba de Transferencia de Diesel.	480	3	3.7	7.5
GA-491/R	Bomba Agua Potable	480	3	5.6	11.2
GB-105	Soplador de Aire de Combustión.	480	3	48.5(5)	48.5(5)
GB-106	Soplador de Aire de Atomización.	480	3	(5)	(5)
PA-430/R	Paquete de Hipoclorito	480	3	7.2	14.4
PA-490	Potabilizadora	480	3	49.0	49.0
PA-491	Planta generadora de Gas Inerte	480	3	186.4	186.4
PA-495	Sistema de Aceite de Sellos y Lubricación	480	3	74.0	74.0
GB-106A	Paquete de Aire de Instrumentos.	480	3	111.9	111.9
GB-106R	Paquete de Aire de Planta	480	3	111.9	111.9
GF-110	Centrifugadora	480	3	7.5	14.9
	Instrumentos	120	1	10.0	10.0
	Alumbrado	120/220	1/2	90.0	90.0
T O T A L:				1367.4(6)	1725.3(6)

NOTAS:
=====

1.- La energía eléctrica requerida para estos equipos, será generada -

por los módulos de compresión respectivos, por lo que no estarán conectados al sistema eléctrico general de la planta.

- 2.- Estos equipos operan con un accionador común.
- 3.- Los ventiladores EC-500 y EC-501 operan con accionadores independientes. El ventilador EC-502 se acciona mediante los motores de los enfriadores anteriores.
- 4.- Los consumos anotados consideran la operación de las tres plantas en dulzadoras.
- 5.- El suministro de energía eléctrica a estos equipos se efectúa mediante una línea en común.
- 6.- Esta cantidad no incluye los consumos correspondientes a los equipos EC-100 A,B,C/D, EC-101 A,B,D/D y EC-102 A,B,C/D.

2.8 Diesel Combustible.

Tabla 17. Consumos de Diesel Combustible

CLAVE	EQUIPO	Condiciones de Suministro: 9.2 Kg/cm ² abs., 35°C.			
		CONSUMO (1)			
		NORMAL		MAXIMO	
		LPM	BPD	LPM	BPD
GT-102	Turbina del compresor de Arranque.	22.7 (2)	205.7 (3)	34.1	308.6
PA-491	Generador de Gas Inerte	2.0	18.1	3.1	28.1(3)
BA-401	Horno del Sistema de Aceite de Calentamiento.	7.9	71.6	11.8	106.9(3)
GE-495	Turbogeneradores Eléctricos	13.5	122.6(2)	29.7	269.0(3)
GA-111	Bomba Contra Incendio	0.9	8.152	1.35	13.57
T O T A L		47.0	426.15	70.5	639.22

NOTAS:

=====

- (1) A las condiciones de suministro
- (2) Presión de suministro 0.35 Kg/cm² man.
- (3) Por fabricante.

2.9 Aire de Instrumentos y Planta.

Tabla 15. Consumos de Aire de Planta de Instrumentos.

Condiciones de Suministro: 8.8 Kg/cm² man., 30°C.

SERVICIO	CONSUMO			
	NORMAL		MAXIMO	
	SCMH	SCFH	SCMH	SCFM
Estaciones de Servicio	58	2400	81	2880
Pilotos de Ignición	102	3600	122	4320
Herramienta y Accesorios	85	3000	102	3600
Aire de Planta (Total)	255	9000	305	10800
Aire de Instrumentos	652	23000	782	27600(1)

NOTAS:

=====

- (1) El flujo de aire de instrumentos se estimó de acuerdo a la Tabla 15 obteniendo el promedio entre los consumos de aire -- del control neumático y eléctrico.

2.10 Otros Servicios

Tabla 16. Consumos de Inhibidor de Corrosión y Antiespumante.

SERVICIO	REQUERIMIENTO(LPD)		REPOSICIÓN(LTS)
	NORMAL	MAXIMO	
Inhibidor de Corrosión(1) Sistemas compresión	273	327	4578 (2)
Inhibidor de Corrosión(3) Sistemas Endulzamiento y Deshidratación.	818	980	13735 (2)
Antiespumante para (4) Sistema de Endulza- miento.	137	164	2296 (2)
Drenajes Sanitarios	14720.0	14720.0(5)	
Aceite Mineral	106.0	117.0	1638 (6)(2)
Aceite Sintético	29.0	32.0	448 (6)(2)

N O T A S:

=====

(1) Retzloff K-/57 (Petreco), ó similar

(2) Cada 14 días

(3) Betz Petromeen 52, ó similar

(4) Betz foamtrol HT, ó similar

(5) Para 127 personas

(6) Por cada 100 horas de operación de los compresores

2.11 Almacenamiento.

Tabla 19. Volúmen de Almacenamiento.

SERVICIO	CONSUMO DIARIO BBL/día.	DIAS PARA ALMTO.	VOLUMEN ALMTO. BBL
Agua Potable	151	2	302
Aceite Calentamiento	9.58	14	134
Diesel Combustible	212	7	1486(1)
Glicol	7	(2)	(2)
Dietanolamina	4	(2)	(2)
Inhibidor de Corrosión	29	14	406
Aceite Mineral	0.566	14	9.5(3)
Aceite Sintético	0.178	14	2.50(3)

N O T A S:
=====

- (1) La cantidad de almacenamiento exclusivamente para el generador de gas inerte, horno del sistema de aceite de calentamiento y turbogenerador eléctrico.
- (2) Cada seis meses
- (3) Se almacenarán en tambores de 200 lts.

VI. CONCLUSIONES.

De acuerdo al objetivo principal que se estableció en el desarrollo del presente trabajo, se concluye que los puntos más importantes que se deben de contemplar, para hacer una estimación preliminar de la Capacidad de los Servicios Auxiliares en una Plataforma de Compresión, son los siguientes:

- Para eliminar la mayor cantidad de agua en la torre regeneradora de Glicol, se necesita inyectar gas inerte de arrastre por lo menos 4 - pies cúbicos estándar por galón de Glicol (30).
- La cantidad de Dietilenglicol que se utilice en el sistema de deshidratación de gas, depende de la concentración de agua presente en la corriente de gas y por lo menos deberá circular en la torre absorbidora 3 galones de glicol por libra de agua absorbida. (30)
- La cantidad de Dietanol Amina que se necesita en el sistema de endulzamiento de gas, depende de la concentración de los gases ácidos - - (H_2S y CO_2) presentes en corriente del gas y de la cantidad neta de gas ácido absorbido (0.4 moles de gas ácido/mol de amina) recomendada, con la finalidad de evitar problemas de corrosión en el sistema. (30).
- La cantidad de aceite de calentamiento que se necesite en los sistemas de deshidratación y endulzamiento, será aquel que permita elevar temperatura hasta $340^{\circ}F$ y $260^{\circ}F$ en las torres regeneradoras de Dieti

La cantidad de aceite mineral y sintético, depende de la capacidad de los módulos de compresión, en este trabajo la cantidad requerida se obtuvo a través de información de fabricante, pero los valores asignados se pueden utilizar, ya que son conservadores y no -- afectarían demasiado si son diferentes, porque el sistema de lubricación, sellos y almacenamiento están integrados a los paquetes de compresión y solamente se utilizarían para evaluar el número de -- tambores de aceite que se requieran. (Tabla 16 y 19)

El inhibidor de corrosión y antiespumante que se necesita en los - módulos de endulzamiento y deshidratación, se han obtenido a tra-- vés de experiencias de los licenciadores y si estos valores se reba-- zan, implica que existe niveles de degradación de Amina y Glicol - fuertes en el sistema, y por lo tanto es necesario hacer una repo-- sición total de estos agentes absorbentes, para evitar mayores com-- plicaciones (Tabla 16).

La capacidad de almacenamiento de los servicios auxiliares, deberá de estar sujeto a un análisis que considere la importancia del ser-- vicio, tiempo de abastecimiento, espacio y peso del almacenamiento, para evitar un porcentaje alto en la inversión de la plataforma -- (Tabla 19). Se recomienda que el volumen de almacenamiento de Die-- tanol Amina, Dietilen Glicol, Aceite de Calentamiento, Aceite Mine-- ral y Sintético, sea el de reposición exclusivamente, ya que estos servicios solamente se están recirculando en cada uno de sus siste-- mas de acondicionamiento.

len Glicol y Dietonol Amina respectivamente. A temperaturas mayores tienden a degradarse.

Para cuantificar la cantidad de agua potable y drenajes sanitarios - en la plataforma, depende del personal asignado en la misma; normalmente los módulos habitacionales se diseñan para alojar 50, 127 ó -- 600 personas. (Tabla 12 y 16).

La cantidad de agua contra incendio, deberá ser la suficiente para - proteger al equipo que se encuentre instalado en al área de mayor -- riesgo. (Tabla 14)

La cantidad de agua de servicios, para los sanitarios dependerá del - tipo de diseño sanitario marino (MSD) que se utilice y del número -- personal asignado en la plataforma. (Tabla 12). Cuando se utilice - un MSD con incinerador, se recomienda tener un sistema colector al - vacío, para reducir el volumen del líquido en el inodoro y mingito-- rios.

En cuanto al aire de instrumentos, la capacidad de este servicio en - forma preliminar se puede obtener a través del número circuitos de - control, cuyos valores se han obtenido por medio de la experiencia - de otros proyectos, para cada tipo de plataforma (Tabla 15 y 16) y - cuyos valores se ajustarán, cuando se tengan la mayor parte de los - diagramas de tubería e instrumentación de proceso y servicios auxiliares, para establecer el número y tipo de instrumentos que requieren - señal neumática.

Las conclusiones anteriores son el resultado del análisis de los criterios de diseño presentados en el desarrollo del presente trabajo, como recomendaciones prácticas contempladas en las normas de diseño en plataformas marinas.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- "AID TO FIREWATER DESIGN".
By M.L. Kaura, Hydrocarbon processing, December 1980.
- 2.- ANSI B31.8 GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS.
American Society of Mechanical Engineers
345 East 47 th Street. New York, N.Y. 10017.
- 3.- API (RP 14 E) RECOMMENDED PRACTICE FOR DESIGN AND INSTALLATION OF
OFFSHORE PRODUCTION PLATAFORM PIPING SYSTEMS.
American Petroleum Institute, Ist. Ed. 1975.
Washington, D.C.
- 4.- "AVOIDING EXCESSIVE GLICOL COST IN OPERATION OF GAS DEHYDRATOS"
By Charles V. Simmons Jr., Oil and Gas Journal, September 1981.
- 5.- "FLUE GAS INERTING SYSTEMS: ONE CONTRACTOR'S EXPERIENCE"
By Wesley W. Hickman, Marine Technology, October 1978.
- 6.- GAS CONDITION AND PROCESSING.
Campbell J.M., Campbell Petroleum Series, Vol. 2, 4th. Ed. 1976.
- 7.- "GLICOL CHOICE FOR GAS DEHYDRATION MERITS CLOSE STUDY"
By Silvano Grosso, Oil and Gas Journal, February 1978.
- 8.- "HEAT TRANSFER AGENTS FOR HIGH TEMPERATURE SYSTEMS"
By Joel R. Fried, Chemical Engineering, May 1973.

- 9.- "HOW TO SELECT A SYSTEM FOR... DRYING INSTRUMENT SYSTEMS"
By Decker G. Mc Allister, Jr., Chemical Engineering, February 1978.
- 10.- "LIQUID STORAGE IN THE CPI"
By Philip Hewton, WR. Von Tress and J.S. Bridges
Chemical Engineering, April 1978.
- 11.- "MARINE INERT GAS SYSTEMS"
By T.K. Norledge, MER, June 1980.
- 12.- NATIONAL FIRE CODE: SPRINKLERS FIRE PUMPS AND WATER TANKS
National Fire Protection Association, Vol.
- 13.- "OFFSHORE PRODUCTION UTILITIES - 1"
- 14.- "OFFSHORE PRODUCTION UTILITIES - 2"
- 15.- "OFFSHORE PRODUCTION UTILITIES - 3"
- 16.- "OFFSHORE PRODUCTION UTILITIES - CONCLUSIONS"
By Robert S Smith, Oil and Gas Journal Aug./Sept. 1975.
- 17.- OIL/WATER SEPARATION STATE - OF - THE - ART.
Fidela A. Osamor and Robert C. Ahuert.
U.S. Environmental Protection Agency, April 1978.
- 18.- " OPTIMIZE THE EFFLUENT SYSTEM - PART 2"
- 19.- "OPTIMIZE THE EFFLUENT SYSTEM - PART 3"
By J.F. Grutsch and R.C. Mallat, Hydrocarbon Processing, April 1978.

- 20.- "PROCESS HEATING SYSTEMS ON OFFSHORE PLATFORMS"
By J.A. Rigby, International Petroleum Times, April 1979.
- 21.- "TREATMENT OF OILY WASTERS TO MEET REGULATORY STANDARDS"
J.L. Boyd, G.L. Shell and D.A. Dahlstrom.
AIChE Symposium Series, Winter 1971.
- 22.- FIRE HAZARD PROPERTIES OF FLAMMABLES LIQUIDS, GASES, VOLATILE SOLIDS,
625M, In "Fire Protection Guide on Hazardous Materials". 6th Ed.,
1975. National Fire Protection Assn., Boston, Mass.
- 23.- FLASH POINT INDEX OF TRADE NAME LIQUIDS, 325A, In "Fire Protection
Guide on Hazardous Materials". 6th ed., 1975. National Fire Protection
Assn., Boston, Mass.
- 24.- HAZARDOUS CHEMICAL DATA. 49, In "Fire Protection Guide on Hazardous
Materials", 6th Ed., National Fire Protection Assn.,
Boston, Mass.
- 25.- API 12F. SPECIFICATION FOR SHOP WELDED TANKS FOR STORAGE OF PRODUCTION
LIQUIDS. 7th ed., Jan. 1977. American Petroleum Institute,
Washington, D.C.
- 26.- API 12J. SPECIFICATION FOR FIELD-WELDED TANKS FOR STORAGE OF
PRODUCTION LIQUIDS. 8th ed., Jan. 1977. American Petroleum Institute,
Washington, D.C.
- 27.- API 620. RECOMMENDED RULES FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF LARGE,
WELDED, LOW-PRESSURE STORAGE TANKS, 6th ed., July 15, 1977.
American Petroleum Institute, Washington, D.C.

- 28.- API 650, WELDED STEEL TANKS FOR OIL STORAGE, 6th ed. Apr. 15,1977.
American Petroleum Institute, Washington, D.C.
- 29.- ASME. BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE SECTION VII. "Rules for
Construction of Pressure Vessels".
American Society of Mechanical Engineers, New York, N.Y.
- 30.- GAS PURIFICATION.
Arthur Kohl and Fred Riesenfeld.
3rd. Ed. 1979, Gulf Publishing Co.
- 31.- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTOS DE OBRAS.
SISTEMAS PARA AGUA CONTRA INCENDIO.
Norma No. 2.607.21
Petróleos Mexicanos.
- 32.- ESPECIFICACIONES GENERALES PARA PROYECTOS DE OBRAS.
SISTEMAS DE AIRE DE INSTRUMENTOS.
Norma No. 2.607.11
Petróleos Mexicanos.
- 33.- CRITERIOS DE DISEÑO SISTEMA DE SEGURIDAD Y PROTECCION CONTRA
INCENDIO PARA PLATAFORMAS MARINAS.
Petróleos Mexicanos.
- 34.- API "MANUAL ON DISPOSAL OF REFINERY WASTES"
Vol. I Waste Water Containing Oil
Seventh Edition, 1963.