



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ESTUDIO DEL DISEÑO PARA DESALADO
DE PETROLEO CRUDO EN UNA PLANTA DE
DESTILACION PRIMARIA**

**TESIS
PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA

ELISEO MAGAÑA GARCIA

MEXICO, D.F.

1975



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS. Tesis
ADQ. 1975
FECHA 1975
PROC. H-1 208



OLIMPO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DEL DISEÑO PARA DESALADO DE PETROLEO CRUDO
EN UNA PLANTA DE DESTILACION PRIMARIA

219

ELISEO MAGAÑA GARCIA

INGENIERO QUIMICO

1975



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE
SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE: MANUEL F. GUERRERO FERNANDEZ.

V O C A L RUDI P. STIVALET CORRAL.

SECRETARIO: ARTURO LOPEZ TORRES

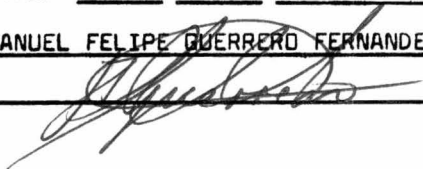
PRIMER SUPLENTE: JORGE MARTINEZ MONTES,

SEGUNDO SUPLENTE: MARIO RAMIREZ Y OTERO.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: REF. LAZARD CARDENAS, MINATITLAN VER.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE: ELISEO MAGAÑA GARCIA.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR: MANUEL FELIPE GUERRERO FERNANDEZ.



A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'Manuel Felipe Guerrero Fernandez', is written over a horizontal line. The signature is fluid and cursive, with the last name 'Guerrero' being particularly prominent.

INTRODUCCION.

La época actual, caracterizada por el acelerado desarrollo en todos los aspectos de la vida humana, ha traído en consecuencia, un enorme crecimiento de la demanda mundial de energéticos. Es esta la razón por la que es común encontrar las Plantas de refinación de petróleo en continua expansión, así como la construcción de otras nuevas. Es también común el especificar el desalado de crudo, como parte integral del diseño de las nuevas unidades de destilación de Petróleo crudo.

El objetivo del presente trabajo, es el estudio de un nuevo equipo de desalado para un proyecto de ampliación, el cual es en este caso, el de la Planta de Destilación Primaria de la Refinería de Minatitlán Ver., cuya capacidad original de diseño es de 6,500 Barriles por día y se pretende ampliar para procesar la cantidad de 10,000 B.p.d.

Para la realización de este trabajo, se estudiarán algunos de los distintos procesos de desalado, entre los cuales se encuentra el proceso tema de esta tesis, posteriormente se procederá a dimensionar el equipo y por último, se hará un estudio de costos que justifican la adquisición del mismo .

CONTENIDO

CAPITULO I.- GENERALIDADES.

I-1	HISTORIA DEL PETROLEO	4
I-2	ORIGEN DEL PETROLEO	8
I-3	CONTAMINANTES DEL CRUDO	10
I-4	CARACTERISTICAS DEL CRUDO DE CARGA	14

CAPITULO II.- PROCESOS DE DESALADO.

II-1	CLASIFICACION	17
II-2	DESALADO POR ASENTAMIENTO	17
II-3	PROCESO TERMICO DE DESALADO	18
II-4	DESALADO QUIMICO	22
II-5	DESALADO ELECTROSTATICO	26
II-6	DESALADO POR FILTRACION	32

CAPITULO III.- SELECCION DEL PROCESO ADECUADO . 34

CAPITULO IV .- DISEÑO DEL EQUIPO.

IV-1	CAPACIDAD DEL RECIPIENTE	37
IV-2	SELECCION DEL MATERIAL DE CONSTRUCCION	39
IV-3	ESPESOR DEL RECIPIENTE	40
IV-4	DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOQUILLAS RECIPIENTE-	42
IV-5	ACCESORIOS E INSTRUMENTOS	55

CAPITULO V.- CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

V-1	COSTO DEL EQUIPO	64
V-2	JUSTIFICACIONES PARA ADQUISICION DEL EQUIPO	67

CAPITULO VI.- CONCLUSIONES. 75

BIBLIOGRAFIA	76
--------------	----

I.- GENERALIDADES

I-1.- HISTORIA.

I-2.- ORIGEN.

I-3.- CONTAMINANTES DEL CRUDO.

HISTORIA.- Era el Petróleo, una sustancia ya conocida por los pueblos desde épocas remotas. El Antiguo Testamento, libro que contiene escritos anteriores a la venida del Mesías, hace ya referencia al Petróleo en algunas de sus citas bíblicas, tales como: "...El Valle de Sidim estaba lleno de pozos de betún"... Cuenta también la Biblia, que Noé utilizó dicho "betún", (asfalto), como pintura anticorrosiva para recubrir e impermeabilizar su arca.

Los antiguos judíos conocían también la existencia del Petróleo, al cual le dieron el nombre de "nephtoj", vocablo del cual se cree proviene la palabra nafta, que se usa actualmente para nominar a un derivado ligero resultante de la destilación del petróleo.

El pueblo chino fué el primero en utilizar el petróleo para alumbrado, para lo cual usaban lámparas de bambú. Lo usaban también para fabricar pequeños cohetes, que servían para incendiar las posiciones enemigas.

Los babilonios y los asirios utilizaban el betún para cementación de sus construcciones; los árabes y los hebreos, le daban usos medicinales, y los egipcios lo usaban en el embalsamamiento de sus cadáveres.

Marco Polo, célebre viajero veneciano de la edad media, en uno de sus relatos acerca de los depósitos petroleros de Bakú, Rusia, habla en estos términos: "...se encuentra allí una fuente, de la cual brota aceite en tan gran abundancia, que podrían cargarse cien navíos de una vez, pero este aceite no es bueno para comer, solo sirve para arder, curar la roña, y otras cosas...".

En los Estados Unidos de Norteamérica, por el año de 1627 el reverendo Joseph de La Roch, misionero franciscano, relata que durante uno de sus viajes al sur de las Cataratas del Niágara, (Lugar que --

hoy ocupa la ciudad de Nueva York), descubrió unos manantiales de -- petróleo, que le fueron mostrados por los aborígenes.

Por lo que respecta a nuestra nación, se cuenta que desde antes- de la llegada a México de los españoles, los totonacas que habitaban la actual región de Papantla Ver., lo recogían de la superficie de -- las aguas y lo empleaban para el alumbrado, construcciones, medicina y en sus ritos religiosos como incienso. A esta substancia le dieron el nombre que hoy castellanizado conocemos como "chapopote", palabra proveniente de los vocablos náhuatl "tzacutli" (pegamento) y "popo- chtli" (perfume).

En 1784 Amado Argand, científico italiano, inventó una lámpara -- de corriente de aire, con mecha protegida por un tubo de vidrio, el- cual reducía notablemente los inconvenientes del humo. Posteriormen- te, el farmacéutico francés Antoine Quinquét, empleado de Argand, hi zo algunas modificaciones a la lámpara y le puso su nombre.

Con la invención de esta lámpara, el nuevo uso del Petróleo pron to comenzó a generalizarse, no obstante que el petróleo crudo así em pleado, se inflama fácilmente, dejando al arder residuos bitumino--- sos. Por esta razón, se empezó a buscar la manera de obtener del pe- tróleo, líquidos que fueran aptos para arder y que no presentaran -- los inconvenientes antes mencionados.

En Pittsburg, EE. UU. de Norteamérica, en 1847 Samuel M. Kier -- abrió un establecimiento donde vendía petróleo embotellado con el -- nombre de "Carbon Oil", el cual decía, curaba todos los padecimien-- tos. Pensando en otros posibles usos del petróleo, consultó a un quí mico prominente, quien lo convenció de que destilándolo, podría obte ner un buen iluminante, por lo que decidió construir un alambique y- comenzó a destilar el que fuera el primer barril de petróleo que se-

destiló en América, convirtiéndose así en el pionero de la refinación del continente.

El profesor Benjamín Silliman Jr., químico prominente de Yale -- College, cinco años más tarde concluyó su estudio sobre la refinación del petróleo, basándose en la destilación fraccionada, el cual es el método que se emplea aún hoy en día.

Este procedimiento fué rápidamente adoptado y pronto se presentaron en el mercado, petróleos para quemar o querosinas, las cuales al arder, no dejaban residuos, ni se encendían al contacto con la flama, sino solamente cuando se hallaban impregnados en una mecha.

Las primeras fuentes de petróleo fueron las llamadas "chapopoterías", que llegaban a la superficie a través de fracturas en las capas del subsuelo.

El residuo de la destilación comenzó a utilizarse como combustible, sustituyendo al carbón en calderas de locomotoras y en tanques de guerra, a fines del siglo XIX y principios del siglo XX, generalizándose a su uso por las grandes ventajas respecto al carbón, tales como: fácil manejo, mayor poder calorífico, etc.

Pero quizás, el invento más importante en cuanto al uso del petróleo, fué el realizado por el ingeniero alemán Karl Benz en 1877, el cual es el motor de gasolina. Este invento trajo como consecuencia el uso del petróleo como carburante en motores de combustión interna, generalizándose en el siglo XIX el uso de la gasolina, que anteriormente no tenía ningún valor comercial.

En la actualidad, además del gran número de productos obtenidos por la Petroquímica de los derivados del petróleo, se están realizando estudios y con halagadores resultados se ha encontrado que de éstos pueden obtenerse también aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas

y proteínas.

Se tienen noticias de que en Tokio Japón, una compañía especiali
zada en la extracción de productos de fermentación de petróleo, ha -
logrado obtener azúcar; y en Francia los laboratorios especializados
de la Compagnie Française Des Petroles B. P., iniciaron en 1962 la-
fabricación de un concentrado proteínico que se presenta en forma de
harina, para alimentar al ganado, con tan positivos resultados que -
pronto se comercializará en gran escala, estudios sobre la obtención
de concentrados proteínicos también han sido desarrollados en el Ins-
tituto Mexicano del Petróleo.

ORIGEN DEL PETROLEO.- Durante muchos años, esto ha sido materia de controversia científica. Se han propuesto muchas teorías, parcialmente confirmadas por evidencias de laboratorio y campo, sin embargo aún hoy en día, las autoridades en la materia no se han puesto de -- acuerdo. Básicamente todas las teorías existentes, pueden clasificar se en dos grandes grupos:

TEORIAS INORGANICAS

TEORIAS ORGANICAS

Las primeras intentan explicar la formación del petróleo, supo-- niendo reacciones geoquímicas entre agua, bióxido de carbono y otras sustancias inorgánicas, tales como carburos y carbonatos de los me-- tales comunes.

Por otra parte, las teorías orgánicas consideran que el petróleo ha surgido de la descomposición de organismos vegetales o animales - que habitaron los mares en períodos geológicos previos y que sus res-- tos se acumularon en sedimentos formados a lo largo de playas y lito-- rales oceánicos.

Las teorías inorgánicas, presentan en algunos casos explicacio-- nes probables y se han propuesto evidencias de laboratorio para re-- forzarlas. No obstante, los materiales y las condiciones necesarias para que las reacciones propuestas se verifiquen, no son caracterís-- ticas del medio circundante de los yacimientos comunes hallados. Sin embargo, es posible que algunos de los yacimientos, (muy pocos), se-- hayan originado mediante este proceso.

Por otra parte, hay pruebas abundantes, tanto en el campo como - en el laboratorio, de que una gran mayoría, si no es que todas las - acumulaciones de petróleo, se han derivado de restos de algas mari-- nas, diatomeas, foraminíferas, vegetación flotante, peces y otros or

ganismos marinos. Los sedimentos marinos contienen comúnmente de 1 a 2, y en algunos casos hasta 10% de materia orgánica.

➤ Las pruebas de campo sugieren que los restos de la vida marina - que se fueron acumulando a lo largo de las costas de los océanos, o en algunas otras poco profundas, fueron cubiertos por acumulaciones sedimentarias y sometidos a descomposición por bacterias anaerobias, las cuales dieron origen a pequeñas partículas de "protopetróleo", y este producto intermedio fué convirtiéndose gradualmente, por procesos catalíticos, en los hidrocarburos que después de emigrar y acumlarse, formaron los yacimientos que hoy en día son explotados.

CONTAMINANTES DEL CRUDO.- El petróleo crudo generalmente contiene cantidades variables de agua salada. Esto es debido a que ésta se encuentra bajo la capa de crudo, en las formaciones geológicas y es arrastrada durante la extracción.

El mezclado íntimo del petróleo y el agua puede ocurrir en los yacimientos mismos o en los equipos mecánicos empleados, tales como: bombas, tuberías, etc.

Estas emulsiones formadas, contienen proporciones variables de agua salina y son estabilizadas por componentes del petróleo de alto peso molecular y por otros materiales presentes en el mismo, tales como: ceras, material asfáltico, ácidos orgánicos, sales inorgánicas y sólidos.

Las formaciones geológicas de los yacimientos, (arena, calcita, dolomita, etc.), influyen en la composición y en la concentración salina de cada crudo específico. El contenido de sal varía de acuerdo con la cantidad de sedimento básico y agua, (B.S. & W.).

Los contaminantes que generalmente contiene el petróleo crudo son: agua, cloruros, carbonatos, sulfatos, sedimento básico, compuestos organometálicos, etc.

AGUA.- El agua, que es una substancia corrosiva por excelencia, es necesario eliminarla.

CLORUROS.- Estos se encuentran presentes en las proporciones siguientes: 75% de sodio, 15% de magnesio, y 10% de calcio.

Pero el ión cloruro es la única fuente generadora de ácido clorhídrico durante la destilación, por lo que la presencia de cloruros es uno de los índices de corrosión potencial, así como de ensuciamiento mecánico. El cloruro de magnesio es el más prolífico productor de HCl, con el de calcio y sodio en orden descendente. Conforme-

la concentración de cloruros disminuye, la velocidad de evolución de éste disminuye, pero la proporción de HCl formado aumenta, según puede apreciarse en la figura 1. Además, la presencia de acidez orgánica y otras impurezas, intensifica esta proporcionalidad.

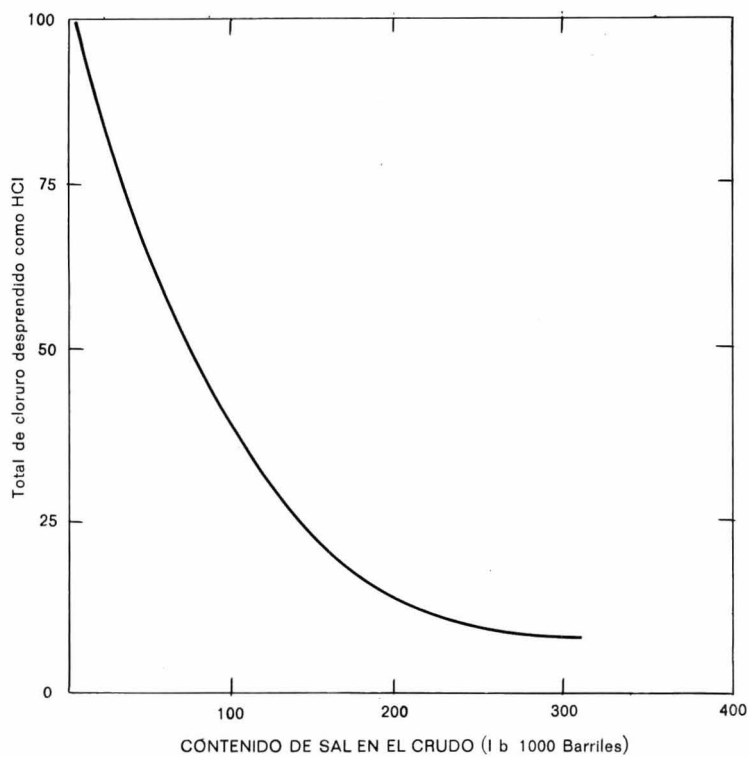
CARBONATOS Y SULFATOS.- Estas sustancias pueden encontrarse presentes en cantidades significativas. Los sulfatos especialmente, pueden causar problemas similares a los de los cloruros, o aún mayor -- grado en algunas ocasiones.

La solubilidad del sulfato de calcio disminuye con temperaturas superiores a las 100 grados F y sufre un cambio de hidratación a los 212, por lo tanto, el sulfato de calcio puede causar incrustación, - aún cuando no haya habido evaporación de la salmuera. Esta incrustación ocasiona que los tubos de los calentadores tengan que cambiarse o limpiarse constantemente.

SEDIMENTO SOLIDO.- Es común que el crudo contenga sólidos tales como: arena, carbón sal cristalina, lodo, ceniza volcánica, sulfuro de hierro, metales, etc. Estos contaminantes, entre otros daños producen: tamponamiento, erosión, abrasión, contaminación residual, de los productos, contribuye a la estabilidad de las emulsiones, ocupa espacio de almacenamiento y en el desecho arrastra cantidades considerables de crudo.

COMPUESTOS ORGANOMETALICOS.- Se hayan presentes en el crudo en - concentraciones que van desde 5.71 g/m^3 (2 lb/1000 B) hasta 286 g/m^3 (100 lb/1000 B). Estos compuestos son combinaciones de hidrocarburos con metales como V, Ni, Cu, Fe, (principalmente), y otros más. El arsénico puede incluirse en este grupo, el cual al igual que los otros produce envenenamiento de los catalizadores de platino que se utilizan en los procesos de reformación y craqueo del petróleo. La opera-

Fig 1 Variación de la formación de HCl vs Contenido de sal



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

ción de desalado, es efectiva en la reducción de As y Fe a valores tolerables (menos de 5 partes por billón de As en la carga de las reformadoras).

En resumen, todos estos contaminantes, si no son eliminados del crudo, antes de procesar, pueden ocasionar un serio daño al equipo de destilación, limitan el tiempo de operación y provocan una operación-deficiente. Algunos efectos nocivos específicos son:

Corrosión en torres y líneas de tubería, debido a la formación de ácido clorhídrico.

Catalizan la formación de coque en la tubería de los calentadores.

Obstrucción en tubos de cambiadores, causando taponamientos, reduciendo el área de transferencia y formando puntos calientes en tubos de calentadores.

CARACTERISTICAS DEL CRUDO DE CARGA.

CARACTERISTICAS DEL CRUDO DE CARGA.

El crudo de carga usado en la planta fraccionadora, proveniente de la zona sur de la República Mexicana, tiene una composición variable. A continuación se muestra el análisis típico del crudo.

PRUEBAS	METODO	ANALISIS.
PESO ESPECIFICO 20/4°C	ASTM D-287	0.835
API	"	38
VISCOSIDAD A 21.1°C ssu	ASTM D-88	54
VISCOSIDAD A 37.8°C ssu	"	49
VISCOSIDAD A 54.4°C ssu	"	46
PUNTO DE ESCURRIMIENTO °C	ASTM D-97	5
PRESION DE VAPOR REID lb/pulg ²	ASTM D-323	6.0
FACTOR DE CARACTERIZACION	UOP 375-59	12.2
CONTENIDO DE NaCl lb/1000B	UOP 22-58	100
PARAFINA DE 54.4°C% en peso		-----
CARBON RANSBOTTOM	ASTM D-524	4.36
METALES ppm	ABSORC. ATOMICA	
Fe		10.1
Cu		1.8
Ni		16.2
V		20.9
AZUFRE TOTAL % en peso	ASTM D-129	0.74

CAPITULO II PROCESOS DE DESALADO.

- 1.- CLASIFICACION
- 2.- DESALADO POR ASENTAMIENTO
- 3.- PROCESO TERMICO DE DESALADO
- 4.- DESALADO QUIMICO
- 5.- DESALADO ELECTROSTATICO
- 6.- DESALADO POR FILTRACION

CLASIFICACION

Existe un gran número de procesos para el desalado de aceites -- crudos, los cuales generalmente constan de tres fases de tratamiento, que básicamente son:

1.- Introducción de agua fresca, con el fin de disolver y mojar las impurezas presentes en la corriente de crudo, (de 3 a 8% de agua, calculando en base a la carga de crudo).

2.- Mezclado íntimo entre el agua de lavado y el petróleo, a fin de disolver casi en su totalidad las impurezas, con lo que se forma una emulsión estable entre las dos fases.

3.- Rompimiento de la emulsión, con el fin de separar el agua, - la cual llevará en su seno disueltas las sales y sólidos contaminantes. Escencialmente, es en este paso, en el cual podemos diferenciar los diversos procesos de desalado, dado que existen múltiples maneras de romper esta emulsión.

En base esta última etapa, los procesos de desalado de petróleo crudo, pueden clasificarse en:

- a).- Por asentamiento
- b).- Térmico
- c).- Químico
- d).- Eléctrico
- e).- Por filtración

Cabe aclarar que existen muchos medios más para romper una emulsión, pero estos cinco procesos son los que comúnmente se han empleado para el fin antes mencionado.

- a).- DESALADO POR ASENTAMIENTO.

Este proceso tiene su fundamento en el principio de gravedad diferencial, o sea que: las gotitas de agua emulsificada, debido a su mayor densidad, tenderán a ocupar la parte inferior del recipiente.

Básicamente consiste en dejar en reposo la emulsión, a fin que el agua emulsificada se separe, precipitándose al fondo del recipiente tratador.

La velocidad de asentamiento se ve influenciada grandemente por la viscosidad de la mezcla y la densidad del crudo, esto es debido a que mientras menor sea la densidad de éste, el gradiente de densidad será mayor, y el agua emulsionada se separará con mayor facilidad.

La separación lograda por este procedimiento, es lenta e incompleta, por lo que se hace necesario utilizar algún otro medio para romper la emulsión, a fin de que la separación sea más eficiente.

Este método estará siempre presente en cualquier otro proceso de desalado, ya que todos involucran una etapa de asentamiento, como operación final de separación.

Debido a la baja velocidad de separación, es necesario emplear recipientes de grandes dimensiones, a fin de proporcionar a la emulsión un mayor tiempo de residencia y así dar lugar a una mejor separación. Generalmente se usan tanques de acero, aunque en ocasiones se usan colectores o cárcamos revestidos de concreto. La forma del recipiente debe diseñarse de manera que puedan drenarse por el fondo el agua y sólidos removidos.

Este proceso es aplicable solamente para los casos en que la emulsión por tratar, tenga una estabilidad relativamente baja.

b).- METODO TERMICO DE DESALADO.

El calentamiento puede considerarse como un método para la desemulsificación, así como puede tomarse también a la temperatura como un índice de la estabilidad de una emulsión.

De hecho, cualquier emulsión agua-aceite, puede romperse median-

te la aplicación de calor hasta la evaporación total del agua, sin -- embargo, este método resultaría inco^osteable por la gran cantidad de - combustible consumido, además de que la separación del vapor arrastra ría considerables cantidades de hidrocarburos ligeros del petróleo. - Con el fin de evitar esta situación indeseable, se hace necesario man^u tener dentro del recipiente tratador, una presión lo suficientemente- elevada, para que no haya evaporación.

Con la aplicación de calor a la emulsión, se activa la separa--- ción del agua, debido a los siguientes efectos:

i).- Abatimiento de la viscosidad de la fase continúa (el aceite) lo cual trae consigo la creación de un medio propicio para que las go^o tas emulsificadas se muevan con mayor facilidad, aumentando así, la - frecuencia de los choques entre éstas. Cuando la fuerza de colisión - es lo suficientemente fuerte para romper la película emulsificante, - las gotas coalescen, (se unen), y se precipitan.

ii).- Modificación de la tensión interfacial de la emulsión, con- lo que se hace necesaria una fuerza de colisión menor, para la ruptu- ra de dicha película.

iii).- Si la temperatura se mantiene lo suficientemente alta, los- vapores, de agua, desprendidos, revientan a las películas de aceite - que rodean a las partículas de agua, permitiendo que éstas se asocien.

El calor puede considerarse como el factor más importante en el- tratamiento de las emulsiones, debido a que como antes mencionamos, la temperatura de la emulsión es un índice de la estabilidad de la misma. Prácticamente cualquier método de desemulsificación, se encuentra li- gado a este energía.

La aplicación de calor puede llevarse a cabo de muchas maneras,- las más usuales son: inyección directa de vapor, a fuego directo, in-

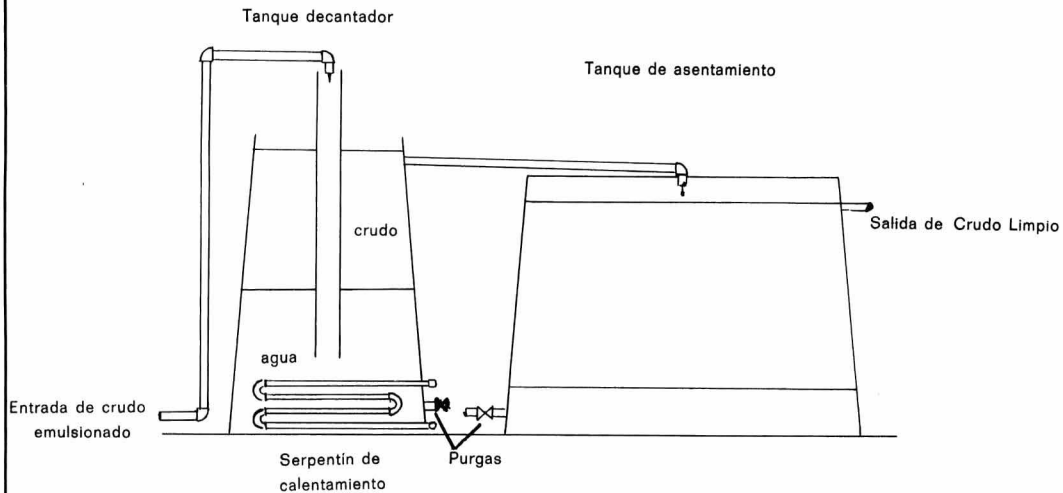
directamente en un cambiador de calor, por medio de un serpentín de vapor, etc.

Un procedimiento usual es el hacer pasar la emulsión a través de una capa de agua caliente, en un aparato como el que se ilustra en la figura 2. En este arreglo, los glóbulos de agua se separan del crudo, ayudados por la mayor expansión relativa del aceite, bajo la influencia del calor al atravesar la capa de agua caliente y se quedan en la parte baja, confundiéndose con el resto del agua.

Es importante conservar un nivel de agua adecuado para que no haya contacto directo entre el serpentín de calentamiento y el aceite, debido a que pueden depositarse hidrocarburos sólidos sobre la superficie de calentamiento, obstruyendo la transmisión de calor.

Las sales y sólidos sustraídos del crudo, se acumulan en la capa de agua, por lo que se hace necesaria la adición de agua fresca para desplazar a la salmuera acumulada y drenar por el fondo para eliminar estas sustancias contaminantes.

Fig 2 Equipo para tratamiento térmico de emulsiones aceite - agua



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

c).- DESALADO QUIMICO DE PETROLEO CRUDO.

La estabilidad de las emulsiones de petróleo crudo, es debida a la influencia de agentes emulsivos adsorbidos, cuya acción puede contrarrestarse mediante la adición de ciertas sustancias, las cuales - desestabilizan la película de la emulsión. Estos materiales son comúnmente del tipo asfáltico, los cuales tienen afinidad por la fase oleosa, o sea son del tipo oleofílico. Este tipo de sustancias emulsificantes pueden considerarse sumergidas en el aceite, pero concentradas en la interfase, por lo que si se introduce una sustancia que sea -- atraída hacia esta interfase y que contrarreste la influencia del --- agente emulsivo, se facilitará el rompimiento de la emulsión.

El mecanismo probable de la acción del desemulsificante propone- que esta sustancia produce una emulsión del tipo contrario a la ya - existente, lo cual genera un desequilibrio en la estabilidad de la -- película.

Existe un gran número de sustancias con la propiedad de contrarrestar la acción del agente emulsivo: la sílice finamente dividida, - el óxido de hierro, la arcilla, y otros materiales silicosos y arcillosos, como la tierra de infusorios, que influyen en la tensión superficial y lentamente efectúan la desemulsificación.

Existe otro tipo de sustancias empleadas como desemulsifican--- tes: los electrolitos. Existe una teoría de que las partículas emulsi- ficadas poseen una cierta carga eléctrica y que la estabilidad de una emulsión se debe a la mútua repulsión debida a la igualdad de signo - de las cargas. Si de alguna manera se introduce carga de signo contra- rio, por medio de la adición del electrolito, la carga de la emulsión se neutraliza y la película se rompe, por ejemplo, si las gotitas de- agua están cargadas negativamente, agregando reactivos ionizados posi-

tivamente, como cloruro férrico o ácido sulfúrico, se ayuda a desha--
cer la emulsión.

Otras sustancias como el fenol y el ácido cresílico, son solu--
bles en ambas fases, por lo que disueltos en la fase oleosa, la migra--
ción de éstos hacia la superficie de contacto, da como resultado un -
cambio en la tensión interfacial, ayudando así a destruir la emul----
sión.

La aplicación de los agentes químicos desemulsificantes puede --
realizarse mediante una bomba dosificadora, la cual inyectará la can--
tidad deseada de reactivo. Se procurará que esta dosificación se veri--
fique en puntos tales que haya suficiente agitación, para que la reac--
ción entre la emulsión y el reactivo sea más completa. Posteriormente
se pasará la emulsión al tanque donde tendrá lugar la separación de -
las fases. Después del tiempo de reposo necesario, la fase acuosa se--
asentará en el fondo del recipiente, llevando en su seno disueltos a -
las sales y sólidos removidos del crudo.

Este método es económico, efectivo y confiable, especialmente pa--
ra una carga de crudo de calidad y gasto constantes.

Cambios en la carga de crudo requieren de una serie de pruebas -
con nuevos reactivos para asegurar buenos resultados.

El método químico a menudo se combina con otros, a fin de obte--
ner una operación más eficiente. La figura 3 muestra un equipo de tra--
tamiento termoquímico, que a continuación se describe:

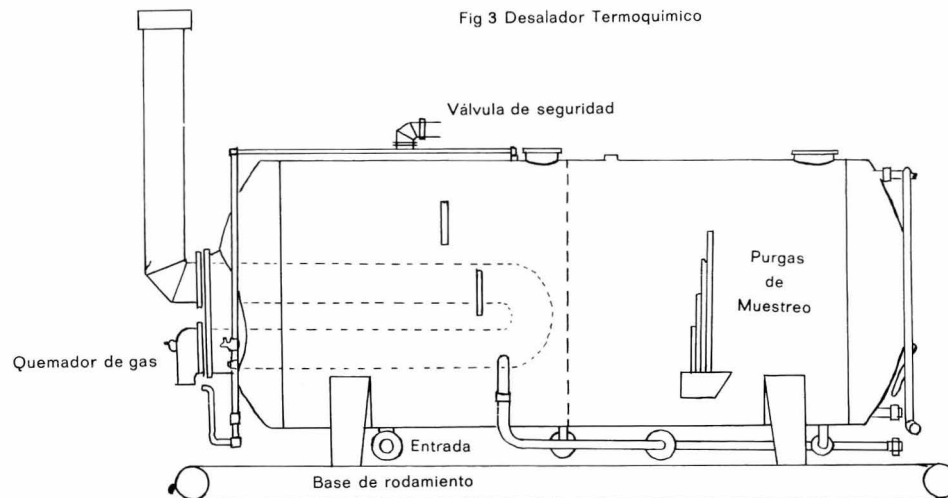
Este equipo se emplea para el desalado del crudo producido en --
los campos de Tonalá, del distrito de Aguadulce Ver. El crudo llega a
la planta a una presión de 3Kg/cm^2 , donde se le inyecta el reactivo -
desemulsificante. La mezcla crudo-reactivo intercambia calor con el -
crudo ya tratado, elevando su temperatura hasta 35 grados C, de donde

pasa al equipo tratador que consta de dos compartimientos (uno para calentamiento y otro para el asentamiento).

El crudo con el desemulsificante después de precalentarse pasa a la parte inferior del primer compartimiento donde se calienta por medio de dos calentadores en forma de "U", a fuego directo, entonces derrama hacia el segundo compartimiento, que es donde verifica la separación por diferencia de densidades. El crudo atraviesa un colchón de agua, que se mantiene mediante una válvula automática, que funciona a control de nivel y que regula la purga de agua. Finalmente el crudo limpio derrama por la parte superior hacia la parte semiesférica que está separada por un mamparo transversal, de donde sale el crudo a intercambiar calor con el crudo de entrada.

La presión en el recipiente tratador se mantiene mediante otra válvula automática que funciona a control de presión, la cual regula el paso del gas que se emplea para represionar.

Fig 3 Desalador Termoquímico



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

d).- DESALADO ELECTROSTATICO DE PETROLEO CRUDO.

El campo eléctrico es un medio bastante efectivo para la separación de dispersiones aceite-agua. La desemulsificación eléctrica se verifica en dos pasos:

1).- Las gotas, por efecto del campo eléctrico, coalescen formando conglomerados de mayor peso.

ii).- Las gotas más pesadas se separan por efecto del campo gravitacional.

En los procesos electrostáticos originales, se usaba un tanque para cada paso, en la actualidad se emplea uno solo.

En la primera etapa, se hace pasar la emulsión a través de un campo eléctrico formado por un par de electrodos colocados de tal forma que la intensidad de voltaje sea de 2000 a 5000 volts por pulgada de separación.

Bajo la influencia del campo, las gotas acuosas desunidas, que están distribuidas al azar en la fase continua, responden casi instantáneamente, alargándose y polarizándose. En estas circunstancias, las gotitas impulsadas por la atracción provocada por el dipolo inducido-formando, chocan con otras que se mueven en dirección opuesta, y la película que rodea a la gota, debilitada por el alargamiento y el desequilibrio electrostático, se rompe y las gotas coalescen.

La fuerza de atracción entre dos gotas próximas, bajo la influencia del campo eléctrico, estará dada por la Ley de Coulomb, que en función del gradiente de voltaje (E), el diámetro de la partícula (a) y la distancia de separación entre las gotas (d), estará dada por la ecuación siguiente, (según Waterman L. C., ver bibliografía):

$$F = \frac{K E^2 a^6}{d^4}$$

Donde E estará dado en volts/metro, "a" en metros, "d" en metros, F en newtons y $K = 3.09 \times 10^{-12}$ newtons/volt².

Según se observa en la fig. 4, la relación d/a es la más importante, conforme las gotas aumentan de tamaño y se aproximan unas con otras, la fuerza de atracción se va haciendo más grande, las películas estabilizantes se conjuntan unas con otras y las gotas coalescen rápidamente.

Se ha observado que en una emulsión al 5%, las gotas tienen una distancia promedio de separación de 2 diámetros. Cuando la emulsión disminuye a un 0.1%, las gotas están separadas una distancia de 8 diámetros, y las fuerzas de atracción se verán disminuidas 250 veces, siendo ya insignificantes, por lo que la emulsión contendrá una traza final de emulsión de 0.1%.

La etapa de asentamiento de la fase discontinua, (el agua), dado que es la más lenta, es el paso determinante de la velocidad de desmulsificación. Esta velocidad de asentamiento está dada por la Ley de Stokes:

$$V = \frac{2ga^2 (\rho_1 - \rho_2)}{9\mu}$$

Donde:

ρ_1 = Densidad de la fase discontinua (en g/cm³)

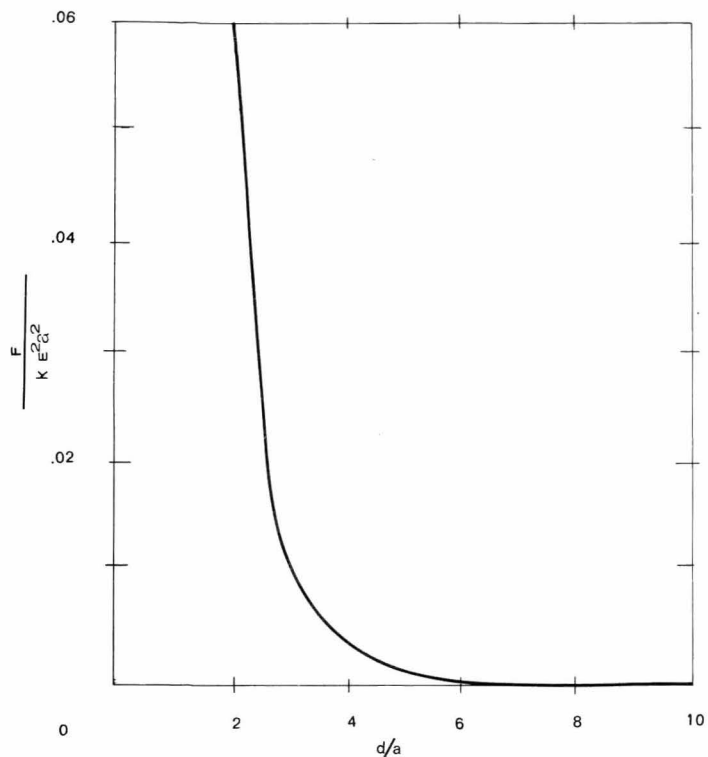
ρ_2 = Densidad de la fase continua (en g/cm³)

v = Velocidad de caída de una gota esférica (en cm/seg)

a = Radio de la gota (en cm)

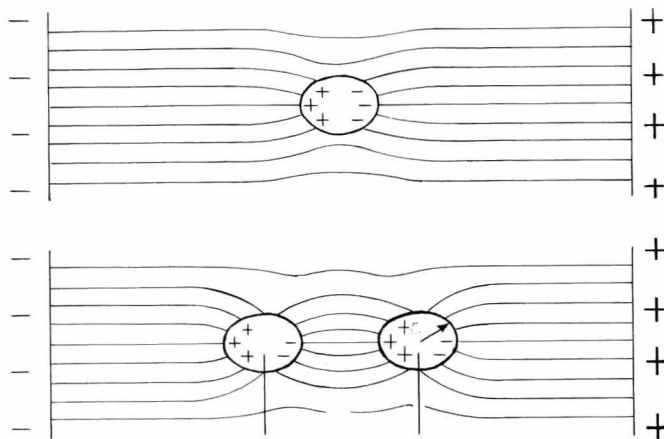
μ = Viscosidad de la fase (en poises)

Según se observa, puede conseguirse una precipitación más rápida, aumentando el tamaño de la gota, ya que la velocidad de caída es directamente proporcional al cuadrado del radio de ésta. No obstante-



La atracción entre dos gotas disminuye conforme la distancia entre ellas aumenta

Fig. 4



Dentro de un campo de alto voltaje, una gota se transforma en un dipolo inducido y entonces, dos gotas serán atraídas.

U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

la viscosidad y la diferencia de densidades afectan a la velocidad de asentamiento, bajo condiciones constantes en un sistema determinado, - éstas permanecerán asimismo constantes.

Descripción del equipo de desalado electrostático.-

El equipo de desalado electrostático, básicamente consta de lo - siguiente:

- 1.- Un dispositivo para el mezclado homogéneo entre el agua de - lavado y el petróleo crudo (válvula mezcladora)
- 2.- Un recipiente tratador.
- 3.- Un sistema eléctrico de alto voltaje.
- 4.- Accesorios e instrumentos.

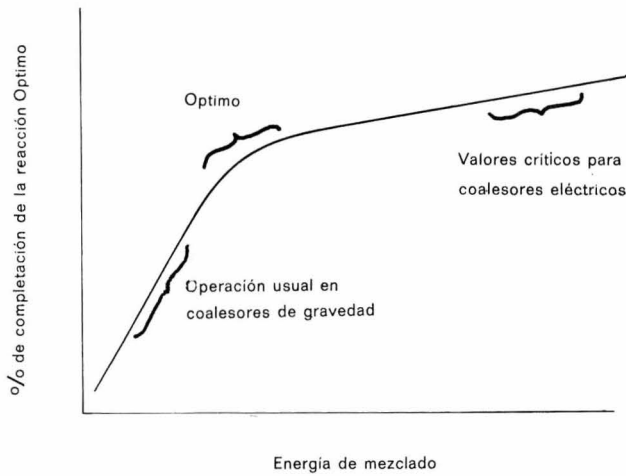
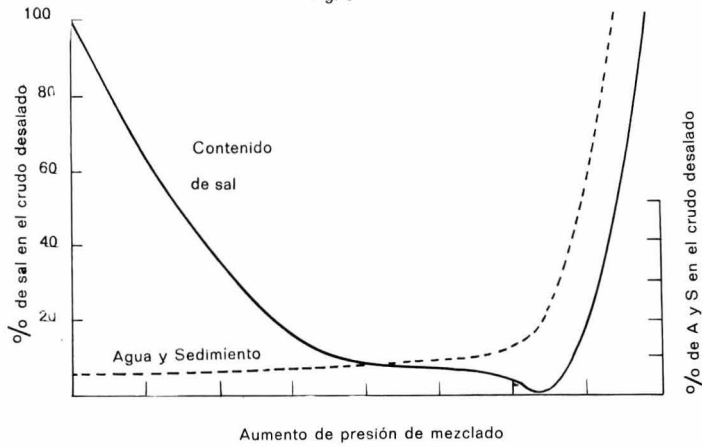
1.- El dispositivo para el mezclado íntimo de las fases no es -- más que una simple válvula de globo del tipo convencional, la cual -- provocará la turbulencia necesaria para la emulsificación del crudo y el agua. Las propiedades de dicha emulsión se controlan ajustando la - caída de presión a través de esta válvula. La energía óptima de mez-- clado será aquella que efectúe las reacciones deseadas, sin ocasionar una emulsificación severa de las fases. Esto se ilustra en la figura- 5.

2.- El recipiente es un tanque de forma esférica o cilíndrica de tapas semiesféricas, equipado con un sistema de separadores para con- trolar y distribuir el flujo.

3.- Eléctricamente un desalador consta de:

Un sistema de electrodos fabricados de acero al bajo carbón, uno de ellos conectado a tierra con el recipiente y el otro suspendido -- por aisladores; un conjunto de interruptores y un sistema de alimen-- tación de energía eléctrica del tipo de corriente alterna. Esta fuen- te de alimentación está equipada con un conjunto de dos transformado-

Fig. 5



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

res, que elevan el voltaje (en una o tres fases), en los que el primario está conectado a una fuente de bajo voltaje y el embobinado se--cundario está diseñado para que el voltaje inducido tenga la magnitud deseada. El voltaje aplicado a los electrodos se controla variando el voltaje primario.

4.- Entre los accesorios e instrumentos de control, tenemos: Una válvula de seguridad del tipo convencional, controladores automáticos de nivel y de presión dentro del recipiente, controlador de flujo del agua de lavado, manómetros y termómetros.

Contra lo que pudiera esperarse, el consumo de energía eléctrica es mínimo, ya que el flujo de corriente es debido a corrientes parásitas solamente, disipándose en forma de calor.

e) DESALADO DE PETROLEO CRUDO POR METODOS DE FILTRACION.

En los procesos de desalado, se ha hecho uso también de un medio filtrante para separar emulsiones aceite crudo-agua. Algunos medios-filtrantes empleados son: membranas porosas, lonas mojadas, virutas de madera, arena, tierra de infusorios, lana de vidrio, etc.

Uno de los dispositivos más ampliamente usados, que emplea el -- principio de filtración, es el llamado "Tanque de heno", el cual no es más que un tanque empacado con virutas de madera.

El aceite emulsionado se introduce por la parte del fondo del -- tanque y fluye hacia arriba, siguiendo un curso sinuoso a través del empaque. Los diminutos glóbulos de agua de la emulsión, se adhieren a los bordes rugosos de la viruta y coalescen para formar gotas más grandes, las cuales resbalan hacia el fondo, de donde el agua, (con las sales y sólidos sustraídos del crudo), se drena por el fondo y -- el aceite libre de agua e impurezas, se descarga por la parte supe--rior del recipiente.

Cuando se requiere calor para facilitar la ruptura de la emul---sión, se usa un serpentín de vapor colocado dentro del tanque de heno.

Es muy común que este proceso se combine con el de desemulsificación química, para lo cual se agregan los reactivos químicos, antes que la emulsión entre al tanque de separación, en puntos donde se -- tenga la suficiente agitación, de manera que haya un mezclado efi---ciente entre la emulsión y los reactivos.

CAPITULO III.

SELECCION DEL PROCESO ADECUADO.

La situación y las condiciones del medio circundante del yacimiento, son factores determinantes en las propiedades físicas y químicas de los aceites crudos. Es por esta razón, por la que existe una gran variedad de crudos, cuyas características difieren grandemente de un yacimiento a otro.

Los actuales requerimientos de los procesos de refinación, hacen imperativo el uso de un control bastante estricto en cuanto al contenido de impurezas en el crudo de carga, con lo que se garantiza la continuidad de operación y la buena calidad de los productos.

En la actualidad se busca emplear un proceso de desalado que sea práctico, dinámico, suficientemente elástico, versátil y de la máxima eficiencia.

Algunos de los primeros intentos para eliminar las sales de los crudos en la carga a las refinerías, utilizaban el método de asentamiento. Se obtuvo muy poco éxito con este proceso, debido a que la mayoría de los aceites crudos, y en particular aquellos cuya gravedad específica es inferior a los 36 grados API, forman emulsiones muy estables, cuando se les agita con agua. Por esta razón, hubo la necesidad de sujetar a la emulsión a un proceso de separación más efectivo. Se hizo una revisión de los procesos existentes, y se encontró que los métodos eléctricos y químicos eran aplicables para este objetivo, generalizándose, por lo mismo, su uso.

La aplicación de estos procesos a grandes volúmenes de crudo, hizo que se desarrollaran nuevas técnicas. Se hizo uso de la experiencia previa en el tratamiento de las emulsiones del proceso de deshidratación de crudo en los campos de explotación. La principal diferencia operacional entre los procesos de desalado y deshidratación consiste en que en este último, rara vez es necesario procesar una corriente-

continúa a una velocidad uniforme y con un control estricto en la calidad del producto final. Si el contenido de un tanque de crudo, no sale con la calidad deseada, es reprocesado.

Cuando estos procesos fueron puestos en servicios en refinerías, se hizo necesario mejorar la eficiencia de operación de los equipos, a fin de obtener una operación continua. Además de que era imperativo reducir los costos de operación a un mínimo y que fueran eliminados los problemas mecánicos.

El esfuerzo por lograr una separación más completa de las emulsiones de petróleo crudo, ha traído consigo el desarrollo de nuevos desemulsificantes químicos y nuevas unidades de tratamiento. La experiencia ha demostrado que la inherente debilidad de un proceso es --contrarrestada por el principio activo de otro. Por esto, es común --que dos o más procesos se combinen para obtener mejores resultados.

Para la selección del proceso adecuado, el factor tiempo de residencia es también un factor importante, ya que si éste es demasiado grande, nos conducirá al uso de tanques tratadores demasiado grandes. El método químico de desalado, generalmente requiere de un tiempo de residencia mayor que el método electrostático.

Por todo lo anteriormente visto, se concluye que una desaladora del tipo electrostático, es la más adecuada para tratar el crudo de carga a una refinería, por las siguientes características; es de fácil operación, tiene eficiencia de casi 100%, es muy versátil, compacta y proporciona un bajo costo de desalado. En la actualidad, este tipo de desaladoras es empleado en todas las refinerías de México, por las ventajas que posee en relación a las demás.

CAPITULO IV DISEÑO DEL EQUIPO

- 1.- CAPACIDAD DEL RECIPIENTE.
- 2.- ESPESOR DEL RECIPIENTE.
- 3.- DIMENSIONAMIENTO DE LAS BOQUILLAS DEL RECIPIENTE.
- 4.- ACCESORIOS E INSTRUMENTOS.

En el diseño de los equipos desaladores, al igual que en el de cualquier otro tipo de tratadores, es de vital importancia el seleccionar adecuadamente el recipiente, ya que éste debe proporcionar el espacio suficiente para que se verifique satisfactoriamente la reacción deseada.

Para el caso de los desaladores, las dimensiones del recipiente-tratador, influirán grandemente en el proceso, debido a que éste deberá ser lo suficientemente grande para proporcionar el tiempo de asentamiento adecuado y así ayudar a que haya una separación satisfactoria de la fase acuosa que se encuentra emulsificada en el seno del crudo.

En general, se logrará un asentamiento correcto cuando dentro del recipiente se reúnan las siguientes condiciones:

- i).- Temperatura constante.
- ii).- Presión lo suficientemente alta para evitar la vaporización, la cual provocaría agitación.
- iii).- Flujo a régimen laminar, ya que la turbulencia evitaría el libre asentamiento del agua.

CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL RECIPIENTE.

La capacidad del recipiente tratador estará dada por la relación siguiente:

$$Q = V/\theta$$

Donde:

Q= Gasto volumétrico del crudo a tratar (M^3/min)

θ = Tiempo de residencia de la emulsion dentro del recipiente ---
(min)

V= Capacidad o volúmen del recipiente (M^3)

El tiempo de residencia que se va a establecer para el cálculo - del volumen del recipiente del nuevo equipo, será el mismo que el del equipo actual. Esto es debido a que durante la operación normal de - este equipo, se han observado que con este tiempo, se obtiene un cru do desalado de características satisfactorias. Analicemos entonces - el equipo existente:

Actualmente se cuenta con un recipiente esférico de 3.812 m ---- (12.5 pies) de diámetro interno, una presión de operación de 10.35 - Kg/cm² (145 lb/pulgada²), temperatura de operación de 141°C (285°F)- y una capacidad para tratar 718 Litros/min (6,500 Barriles/día).

Por lo tanto:

$$Q = 0.718 \text{ m}^3/\text{min}$$

$$V \text{ esfera} = \pi/6 D^3$$

$$V = 29 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$\theta = V/Q = \frac{29 \text{ m}^3}{0.715 \text{ m}^3/\text{min}}$$
$$\theta = 40 \text{ min}$$

Este es el tiempo de residencia del recipiente del equipo actual.

Con este tiempo, calculemos ahora la capacidad del recipiente -- del nuevo tratador:

$$Q = 1.1 \text{ m}^3/\text{min} = 10,000 \text{ B/D}$$

$$\theta = 40 \text{ min}$$

$$V = Q \times \theta = 1.1 \times 40 = 44 \text{ m}^3$$

Una vez conocida la capacidad del recipiente que se va a utili--

zar, el paso siguiente será diseñarlo mecánicamente, para lo cual de
ben seguirse las normas dictadas por el Código ASME o el API Safety-
in Petroleum Refining and Related Industries.

Para este caso en particular, se escoge un recipiente esférico, -
ya que éste ofrece varias ventajas con respecto a los demás tipos de
recipientes, como son:

El espesor requerido para soportar una misma presión, será consi
derablemente menor cuando se usa un recipiente de este tipo; además-
de que una esfera contendrá un volúmen máximo en un área externa mí-
nima, lo cual, al igual que lo anterior, redundará en un menor consu-
mo de material para la construcción del recipiente.

$$V = \frac{\pi}{6} D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \times 44}{\pi}} = 4.38 \text{ m ; (14.3 pies); (172.4 pul-}$$

gadas)

SELECCION DEL MATERIAL DE CONSTRUCCION DEL RECIPIENTE.

Los aceros para aplicaciones en refinerías de petróleo, se selec-
cionan principalmente para proporcionar una operación eficiente y se
gura, durante la vida útil del equipo. Esto incluye no solamente la-
resistencia a las condiciones de diseño, sino también a todos los tipos
de deterioro, durante el servicio o fuera de operación.
Estos tipos de deterioro pueden ser: corrosión, abrasión, fragilización, etc.

En el caso de refinerías, el problema de corrosión puede presen-
tarse en dos casos:

- i) A alta temperatura (por encima de 200°C)
- ii) A baja temperatura (abajo de 100°C)

La corrosión a alta temperatura puede llamarse también, corro-
sión de azufre debido a que los compuestos de azufre presentes en el
crudo, a temperaturas superiores a 200°C, se descomponen para dar --

ácido sulfhídrico, el cual ataca al metal.

La corrosión a baja temperatura puede deberse a la presencia de ácido clorhídrico, formado por la hidrólisis de los cloruros e implica que la corriente haya sido calentada a temperaturas superiores a los 150°C . Al descender la temperatura por debajo del punto de rocío del agua, el HCl que se produce en el calentador, ataca al metal, sobretodo al cromo.

Para el caso de desaladoras, puede utilizarse acero al carbón en su construcción, debido a que la temperatura de operación, la corrosión no es muy severa.

Ahora, por lo que respecta a la resistencia mecánica del material, se sabe que la presencia del silicio en el acero, le imparte una mayor resistencia a la tensión.

Por lo tanto, se escoge el acero tipo ASTM A 212 grado B, cuya especificación es para lámina de acero al carbono-silicio con mediana resistencia a la tensión, para usarse en cuerpos de calderas locomóviles y de servicio estacionario y en otros recipientes a presión. Su composición nominal es: 0.28 a 0.31% de carbono y 0.15 a 0.30% de silicio.

CALCULO DEL ESPESOR DEL RECIPIENTE.

Como antes se mencionó, la construcción de estos recipientes se deberá hacer de acuerdo con las normas del Código ASME sec VIII ---- "UNFIRED PRESSURE VESSELS".

Las características mecánicas del acero antes mencionado son las siguientes:

- a) Puede utilizarse para temperaturas entre 29 y 343°C
- b) Resistencia máxima a la tensión de 5000 Kg/cm^2
- c) Esfuerzo de trabajo del material de 1.245 Kg/cm^2

Para el cálculo del espesor mínimo requerido en cuerpos esféricos, cuyo espesor no exceda $0.365 R$ o la presión no sea mayor que $0.665 SE$, puede usarse la fórmula siguiente:

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P}$$

Donde:

t = espesor mínimo requerido en centímetros, sin tomar en cuenta la corrosión permisible.

P = Presión de diseño (en Kg/cm^2)

R = Radio interno (en centímetros)

S = Esfuerzo máximo permisible (en Kg/cm^2)

E = Eficiencia de junta soldada

Sustituyendo valores:

Presión de diseño = 21.4 Kg/cm^2

Radio interno = 218.5 cm

Eficiencia de junta = 85%

$$t = \frac{21.4(218.5)}{2(1245)(.85) - .2(21.4)}$$

$$t = 1.88 \text{ cm} = 0.74"$$

Si adicionamos un espesor adicional de 0.3175 ($1/8"$) como tolerancia a la corrosión, el espesor de placa requerido será: $2.199 \text{ cm} = 0.866"$ por lo que se usará placa de acero de $1"$ de espesor .

DIMENSIONES DE LAS BOQUILLAS DEL RECIPIENTE.

Las boquillas requeridas para el recipiente, serán las siguientes:

- 1.- De entrada de crudo emulsionado
- 2.- De salida de crudo desalado
- 3.- De purga continua de agua para mantener el nivel de la interfase dentro de la desaladora
- 4.- De purga intermitente para vaciar la desaladora
- 5.- Del muestreador de interfase.
- 6.- Del flotador del control de nivel de la interfase
- 7.- De los bujes de entrada de corriente a los electrodos
- 8.- De la válvula de seguridad
- 9.- Del registro-Hombre.

Cálculo del diámetro y espesor de las boquillas:

- 1.- La entrada de la emulsión deberá calcularse para un gasto de $0.183 \text{ m}^3/\text{seg.}$ (10,000 barriles por día), más una cantidad -- adicional de 8% debido a la adición de agua de proceso para formar la emulsión por lo tanto, se calculará para un gasto total de:

$$0.0183 + 0.08(0.183) = 0.0198 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Si la gravedad específica del crudo es de 0.835, la velocidad recomendada (segun Perry manual de Ing. Químico) es ----
2 m/seg.

Ahora, se sabe que:

Gasto volumétrico = velocidad x área transversal

$$Q = V \times S$$

Despejando: $S = Q/V$

Sustituyendo valores:

$$S = \frac{0.0198 \text{ m}^3/\text{seg}}{2 \text{ m/seg}}$$

Si el área $S = 0.0099 \text{ m}^2$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = .112 \text{ m} = 4.4''$$

Por lo tanto, la boquilla se deberá fabricar de 5" de diámetro, - que es el tamaño comercial más próximo.

Por otra parte, el espesor requerido para la boquilla, estará da do por la siguiente ecuación:

$$trb = \frac{PRb}{SE - 0.6P}$$

Donde:

trb= espesor requerido para la boquilla (en cm)

P= presión de diseño (21.1 Kg/cm²)

S= esfuerzo de trabajo del material (1245 Kg/cm²)

E= eficiencia de junta (vamos a considerar =0.85 para ma--
yor seguridad)

Rb= Radio de la boquilla (en cm.)

Sustituyendo valores:

$$trb = \frac{21.1 (6.1)}{1245 (0.85) - 0.6 (21.1)} = 0.13 \text{ cm}$$

Si consideramos un espesor adicional de 0.3175 cm (1/8") de to--

lerancia a la corrosión, se necesitará un espesor mínimo de-
 $0.13 + 0.3175 = 0.4475$ cm.

De tablas, (crane, flow of fluids through valves, fittings - and pipe), se tiene que el tubo comercial de 5" de diámetro nominal, cédula 40, tiene un espesor de 0.655 cm (0.258"),-- siendo este espesor el más aproximado al valor mínimo requerido, por lo que deberá utilizarse en la fabricación de la boquilla.

2.- La boquilla para la salida del crudo desalado, debido a que manejará casi el mismo gasto que la anterior, podrá fabricar se de las mismas características, o sea de 5" de diámetro nominal y cédula 40.

3.- La boquilla para la purga del agua separada del crudo emulsionado, deberá calcularse para un gasto de $0.8 \times (0.0183) = 0.001464$ m³/seg. (o sea, el 8% del gasto total de crudo).

La velocidad recomendada es aproximadamente la misma que para los casos anteriores, por lo que:

$$S = \frac{0.001464}{2} = 0.000732 \text{ m}^2$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.000732}{\pi}} = 0.028 \text{ m} = (1.1")$$

Por lo tanto, se usará diámetro de 1 1/2", que es el tubo comercial más adecuado.

Calculo del espesor:

$$t_{rb} = \frac{21.1 \times 2.155}{1245 (.85) - 0.6 (21.1)} = 0.0437 \text{ cm}$$

Considerando el espesor adicional por concepto de corrosión, se necesitará un espesor mínimo de 0.3612 cm (0.142").

El tubo comercial de 1 1/2" de diámetro nominal y cédula 40, tiene un espesor de 0.145", por lo que se escoge éste para fabricar la boquilla.

- 4.- La boquilla de la línea de purga para vaciar la desaladora - se calculará para un tiempo de vaciado de 30 mm. Sabiendo -- que el volúmen del recipiente es 44 m^3 :

La boquilla se calculará para un gasto de:

$$\frac{44 \text{ m}^3}{30 \text{ min}} = 1.466 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 0.0244 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Y una velocidad de 2 m/seg.

Por lo que el área transversal será:

$$S = \frac{0.0244}{2} = 0.0122 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0.0122}{\pi}} = 0.1245 \text{ m} = 4.9''$$

Por lo tanto, se escoge tubería de 5".

El espesor requerido, será entonces el mismo que para los ca sos 1 y 2.

- 5.- Las dimensiones de las boquillas para el muestreador, según- diseño del fabricante, son de 1 1/2" para la perilla y 1/2"- para la salida de la muestra.

Para la boquilla de la perilla del muestreador, se escoge tu bería de las mismas características del caso 3, o sea 1 1/2" ced. 40.

Por otra parte el espesor requerido para la boquilla de 1/2" será:

$$\text{trb} = \frac{21.1 \times 0.635}{1245 (.85) - 0.6 (21.1)} = 0.013$$

Adicionándole la tolerancia a la corrosión se necesita un - espesor mínimo de $0.013 + 0.3175 = .33 \text{ cm}$ (0.13").

De tablas, se deduce que se deberá utilizar tubería cédula - 80, la cual tiene un espesor de 0.147".

- 6.- La boquilla para el flotador del control de nivel de agua, -

según diseño del fabricante de éste, deberá ser de 3" de diámetro.

El espesor requerido será:

$$trb = \frac{21.1 \times 3.81}{1245 (.85) + 0.6 (21.1)} = 0.078$$

Más la tolerancia a la corrosión nos da un espesor mínimo de $0.078 = 0.396 \text{ cm (1.56")}$, por lo tanto, se usará tubería cédula 40 (espesor = $0.216"$).

7.- Las boquillas de los bujes de entrada de corriente, según el fabricante deberán ser de 3" de diámetro, por lo que el espesor requerido será el mismo que para el caso anterior.

8.- La boquilla para la válvula de seguridad, según diseño, es de 3" también, por lo que será de las mismas características de los dos casos anteriores.

9.- Cálculo del registro-Hombre para este caso, se deberán calcular tres cosas:

a).- Diámetro y espesor de la boquilla.

b).- Dimensiones de la brida.

c).- Espesor de la tapa.

a).- El diámetro del registro-hombre, se escoge de 18", dado que el Código ASME especifica un mínimo de 15".

Cálculo del espesor de la boquilla:

$$trb = \frac{21.1 (22.86)}{1245 (0.85) + 0.6 (21.1)} = 0.47 \text{ cm}$$

más la tolerancia a la corrosión, se requiere un espesor no menor de $0.47 + 0.3175 = 0.788 \text{ cm (0.31")}$.

Por lo tanto, deberá usarse tubería cédula 20, cuyo espesor es de $0.312"$.

b).- Por lo que respecta a las dimensiones de la brida, los fa--

bricantes de éstas, proporcionan las características necesarias para soportar las presiones de diseño. De las tablas para bridas estándar de acero para presión de 300 lb/pulg.- (21.1 Kg/cm), se tiene las características siguientes, para un diámetro de tubería de 45.72 cm (18"):

Diámetro de la brida - - - - - 71.12 cm

Espesor mínimo de la brida - - - - - 6.03 cm

Diámetro de la circunferencia de distribución

de pernos - - - - - 62.86 cm

Número de pernos - - - - - 24

Diámetro de pernos - - - - - 3.17 cm

c).- Cálculo de la tapa ciega.- el espesor para tapas planas bridas unidas mediante pernos, está dado por:

$$t = d \sqrt{\frac{Cp}{S} + \frac{1.78 w hg}{S d^3}}$$

Donde:

C= factor que depende del método de unión, para placas bridas atornilladas C= 0.3

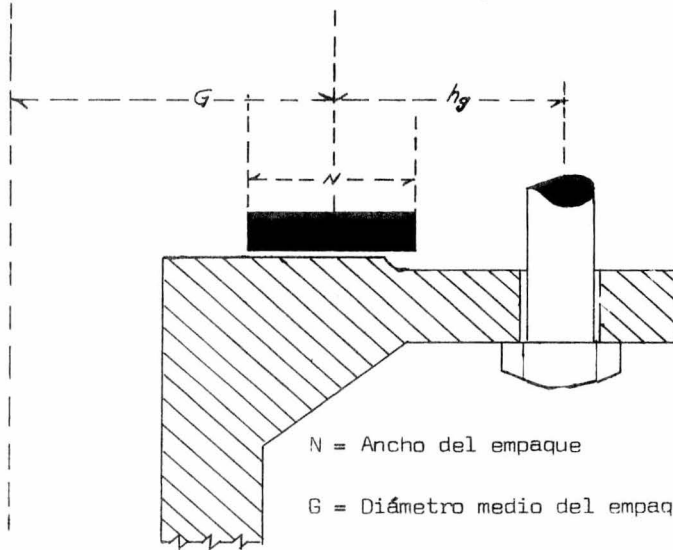
P= presión de diseño (21.1 Kg/cm²)

S= esfuerzo de trabajo (1245 Kg/cm²)

d= diámetro de la brida (71.12 cm)

w= Carga total del perno (en Kg)

hg= distancia radial del centro del perno al diámetro medio del empaque (3.8 cm)



Para presiones de operación bajas, W estará dada por la --- fuerza que hay que aplicar a los pernos, para asentar co--- rrectamente el empaque.

En este caso, es mayor el esfuerzo provocado por las condiciones de operación, por lo que W estará dado por:

$$W = 0.785 G^2 P + (2b \times 3.14 \times G m P)$$

Cuando se usa empaque:

$$1/2" \text{ de ancho, } b = \frac{n}{2} = 1/4" = 0.635 \text{ cm.}$$

m = factor del empaque (para asbesto de 1/2" de espesor ---
 $m = 2.0$

Por lo tanto:

$$W = 0.785 \times 60.64^2 \times 21.1 + (1.27 \times 3.14 \times 60.64 \times 2 \times 21.1)$$

$$W = 69200 \text{ Kg}$$

$$t = 71.12 \sqrt{\frac{21.1 \times 0.3}{1245} + 1.78 (69\ 200) \frac{3.8}{1245 \times 71.12^3}}$$

$$t = 5.868 \text{ cm}$$

Cálculo del refuerzo necesario para las boquillas.

El área de refuerzo mínima requerida para un aboquilla, es-
ta dada por:

$$A = d \times tr$$

Donde:

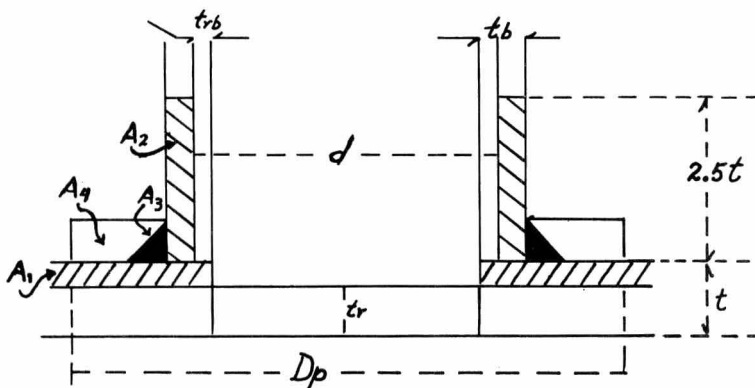
d = diámetro del orificio = diámetro de la boquilla en su --
condición corroída (cm)

tr = espesor requerido del recipiente, calculado según el Có-
digo (cm)

Ahora bien, independientemente de usar refuerzos, se dispo-
ne de refuerzos debido a los espesores en exceso que se tie-
nen, tanto en el cuerpo del recipiente, como en la boquilla,
así como en el metal adicionado por la soldadura.

Cuando todos estos refuerzos de que se dispone, son insufi-
cientes, se deberán colocar refuerzos adicionales a fin de -
asegurar el funcionamiento correcto de las boquillas.

Dichas áreas de refuerzo se ilustran en la figura siguiente:



A1 es el valor mayor de:

$$(t - tr) d \quad \text{ó}$$

$$(t - tr) (tb - t) 2$$

A2 es el valor menor de:

$$(tb - trb) 5t \quad \text{ó}$$

$$(tb - trb) 5tb$$

$$A3 = \text{área de las soldaduras} = 2 (1/2) ts^2 = ts^2$$

ts = espesor mínimo requerido de la soldadura, el cual debe
rá ser mayor que 0.635 cm (1/4"), o 0.7 tmin. (si es -
mayor)

tmin = espesor menor entre la boquilla o el recipiente

tr = espesor requerido del recipiente (1.88 cm.)

t = espesor nominal del recipiente (2.54 cm)

trb = espesor requerido de la boquilla

tb = espesor nominal de la boquilla

A4 = área del anillo de refuerzo, dada por:

$$A4 = (DP - d = 2tb) tp \quad \text{ó} \quad ap (tp)$$

DP = diámetro exterior del anillo de refuerzo

ap = ancho del anillo de refuerzo

tp = espesor del anillo de refuerzo

TIPO DE BOQUILLA	DIAM. NOMINAL (pulgadas)	DIAM. DE LA BOQ. d (cm)	ESPESOR REQ. trb (cm.)	ESP. NOM tb (cm.)
ENTRADA DE CRUDO	5	13.1	0.13	0.655
SALIDA DE CRUDO	5	13.1	0.13	0.655
PURGA DE AGUA	1 1/2	4.41	0.0437	0.368
PURGA INTERMITENTE	5	13.1	0.13	0.655
PERILLA DEL MUESTR.	1 1/2	4.41	0.0437	0.368
SALIDA DE LA MUESTRA	1/2	1.705	0.013	0.373
DEL FLOTADOR	3	8.12	0.078	0.55
DE LOS BUJES (2)	3	8.12	0.078	0.55
VALVULA DE SEGURIDAD	3	8.12	0.078	0.55
REGISTRO-HOMBRE	18	44.5	0.47	0.792

CALCULO DEL REFUERZO REQUERIDO PARA LAS BOQUILLAS DE 5":

El área requerida $A = dtr = 13.1 \times 1.88 = 24.6 \text{ cm.}$

El área disponible A_1 será el valor mayor de:

$$(2.54 - 1.88) \ 13.1 = 8.63 \text{ cm}^2 \quad \text{ó}$$

$$(2.54 - 1.88) \ (0.655 - 2.54)^2 = 4.14 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, $A_1 = 8.63 \text{ cm}^2$

$A_2 =$ el valor menor de:

$$(0.655 - 0.13) \ (5) \ 2.54 = 6.62 \text{ cm}^2 \quad \text{ó}$$

$$(0.655 - 0.13) \ (5) \ 0.655 = 1.745 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, $A_2 = 1.745 \text{ cm}^2$

$$A_3 = t_s^2; \ t_s \text{ deberá ser mayor que } 0.635 \text{ cm ó } .7 \ (0.655)$$

Por lo tanto, $A_3 = 0.635^2 = 0.403 \text{ cm}^2$

Entonces, el área total disponible será:

$$A1 + A2 + A3 = 10.788 \text{ cm}^2$$

ado que esta área disponible es menor que el área requerida, deberá adicionarse un refuerzo cuya área mínima debe ser:

$$A_{req} - A_{disp} = 24.6 - 10.788 - 13.822 \text{ cm}^2$$

Además, el anillo de refuerzo, deberá estar dentro de los límites marcados por el Código, los cuales son:

$$D_p > 2d = 2612 \text{ cm}$$

$$t_p < 2.5t = 2.5 (2.54) = 6.35 \text{ cm}$$

CALCULO DEL REFUERZO DE LAS BOQUILLAS DE 1

$$A = 4.41 (1.88) = 8.3 \text{ cm}^2$$

A1 = el valor mayor de:

$$(2.54 - 1.88) 4.41 = 2.91 \text{ cm}^2 \quad 6$$

$$(2.54 - 1.88) (.368 + 2.54) 2 = 2.76$$

$$A1 = 2.91 \text{ cm}^2$$

A2 = el valor menor de:

$$(.368 - .0437) 5 (2.54) = 4.12 \text{ cm}^2$$

$$(.368 - .0437) 5 (.368) = 0.598 \text{ cm}^2$$

$$A2 = 0.598 \text{ cm}^2$$

$$A3 = 0.403 \text{ cm}^2$$

$$A_{disp} = A1 + A2 + A3 = 3.911 \text{ cm}^2$$

Dado que esta área es menor que el área requerida, deberá -- adicionarse un refuerzo cuya área mínima será la diferencia de estas dos áreas, por lo tanto, el refuerzo deberá ser de las características siguientes:

$$A4 > 8.3 - 3.911 = 4.39 \text{ cm}^2$$

$$Dp > 2d = 8.82 \text{ cm}$$

$$tp < 2.5 t = 6.35$$

CALCULO DEL REFUERZO PARA LA BOQUILLA DE 1/2"

$$A = 1.705 (1.88) = 3.2 \text{ cm}^2$$

A1 = el valor mayor de:

$$(2.54 - 1.88) 1.705 = 1.125 \text{ cm}^2 \quad 6$$

$$(2.54 - 1.88) (.323 + 2.54) = 3.78 \text{ cm}^2$$

$$A1 = 3.78 \text{ cm}^2$$

Se observa que este valor es ya superior al del área requerida, por lo que no necesita anillo de refuerzo.

CALCULO DEL REFUERZO PARA LAS BOQUILLAS DE 3"

$$A = 8.12 (1.88) = 15.26 \text{ cm}^2$$

A1 = el valor mayor de

$$(2.54 - 1.88) 8.12 = 5.35 \text{ cm}^2 \quad 6$$

$$(2.54 - 1.88) (0.55 + 2.54) 2 = 4.79 \text{ cm}^2$$

$$A1 = 5.35 \text{ cm}^2$$

A2 = el valor menor de

$$(0.55 - 0.078) (2.54) 5 = 7.98$$

$$(0.55 - 0.078) (0.55) 5 = 1.727$$

$$A2 = 1.727 \text{ cm}^2$$

$$A3 = 0.403 \text{ cm}^2$$

El total del área disponible será:

$$A1 + A2 + A3 = 7.48 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se necesita refuerzo de las características siguientes:

$$A4 > 15.26 - 7.48 = 7.78 \text{ cm}^2$$

$$Dp > 2d = 16.32 \text{ cm}$$

$$tp < 2.5 t = 6.35 \text{ cm}$$

CALCULO DEL REFUERZO NECESARIO PARA EL REGISTRO-HOMBRE:

$$A = 44.5 (1.88) = 83.66 \text{ cm}^2$$

A1 = el valor mayor de:

$$(2.54 - 1.88) 44.5 = 29.37 \text{ cm}^2 \quad 6$$

$$(2.54 - 1.88) .792 + 2.54)^2 = 4.398 \text{ cm}^2$$

$$A1 = 29.37 \text{ cm}^2$$

A2 = el valor menor de:

$$(.792 - .47) 5 (2.54) = 4.14 \quad 6$$

$$(.792 - .47) 5 (.792) = 1.29$$

$$A2 = 1.29 \text{ cm}^2$$

$$A3 = 0.403 \text{ cm}^2$$

El área total disponible será:

$$A1 + A2 + A3 = 31.063 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se necesita reforzar la boquilla, las características del anillo de refuerzo, deben ser:

$$A4 > 83.66 - 31.063 = 52.597 \text{ cm}^2$$

$$Dp > 2d = 89 \text{ cm}$$

$$tp < 2.5 t = 6.35 \text{ cm}$$

ACCESORIOS E INSTRUMENTOS.

Por lo que respecta al sistema de distribución del crudo dentro del recipiente, existen dos posibilidades:

1).- En casos en que el crudo tenga más de 30° API, la emulsión-crudo-agua se introduce por encima de la interfase. Esta se controla mediante una válvula de desalojamiento del agua deemulsificada, situada en el fondo del recipiente. La interfase se mantiene normalmente a una altura de 60 a 105 cm del fondo.

2).- Cuando la gravedad específica sea menor que los 30° API es ventajoso el introducir la emulsión aproximadamente a una distancia de 30 cm por debajo de la interfase, con lo cual se obtiene un beneficio adicional de lavado y acción coalescedora.

Cuando de este caso se trate, deberá equiparse el recipiente con mamparos para distribuir convenientemente la emulsión y dirigirla hacia los electrodos.

Existen también dos tipos de electrodos, los cuales se fabrican de acero al bajo carbón.

Para el primer caso, el electrodo superior será simplemente una placa, contra la cual choca la emulsión que se descarga en la parte media entre los electrodos. El electrodo inferior es una parrilla, que para el caso de recipientes esféricos estará formada de anillos concéntricos, por entre los cuales atraviesan las gotas de agua deemulsificada, en su viaje hacia el fondo.

El segundo caso, ambos electrodos son parrillas, debido a que la emulsión introducida en la parte baja del recipiente, chocará con el sistema de mamparos y subirá hacia los electrodos.

En nuestro caso, el crudo que procesa la Planta Primaria No. 4, tiene una gravedad específica de 38° API, por lo cual se requiere una

desaladora del primer tipo, denominada de "alta velocidad", donde la mezcla se introduce a la altura de la parte media entre los electrodos, por medio de una válvula distribuidora del tipo ilustrado en la figura 6.

Para el control automático de la altura de la interfase se emplea un controlador del nivel de agua, equipado con un flotador. El controlador recibe la señal de éste y a su vez, manda una señal neumática de control, que acciona a la válvula automática de diafragma, la cual -- abre o cierra, según el caso, para regular el flujo de desalojamiento del agua. Esta válvula está situada en el fondo del recipiente.

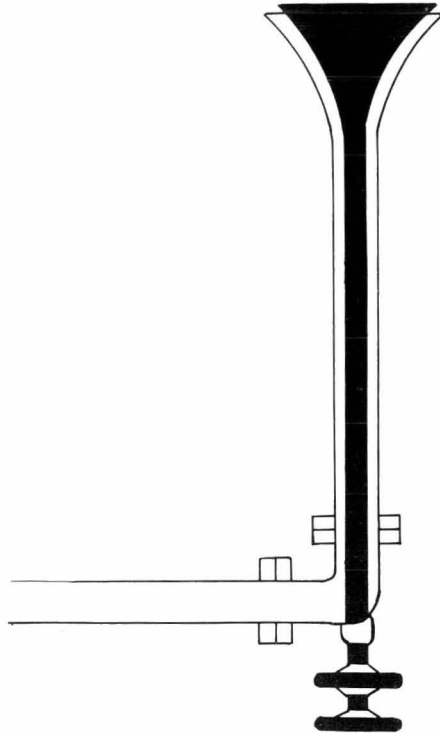
Para el control del grado de desemulsificación del agua y el crudo, actualmente se emplea una válvula emulsificadora especial, similar a un turbina, cuya caída de presión, proporciona a la mezcla la energía de mezclado necesaria para efectuar la emulsificación. La --- caída máxima de presión será de 1.78 Kg/cm^2 (25 lbs/pulgada^2).

Existen otros accesorios necesarios para la operación de las desaladoras, los cuales se incluyen en la lista siguiente;

RELACION DE EQUIPO Y ACCESORIOS EMPLEADOS EN LA FABRICACION DE LA DESALADORA ELECTROSTATICA.

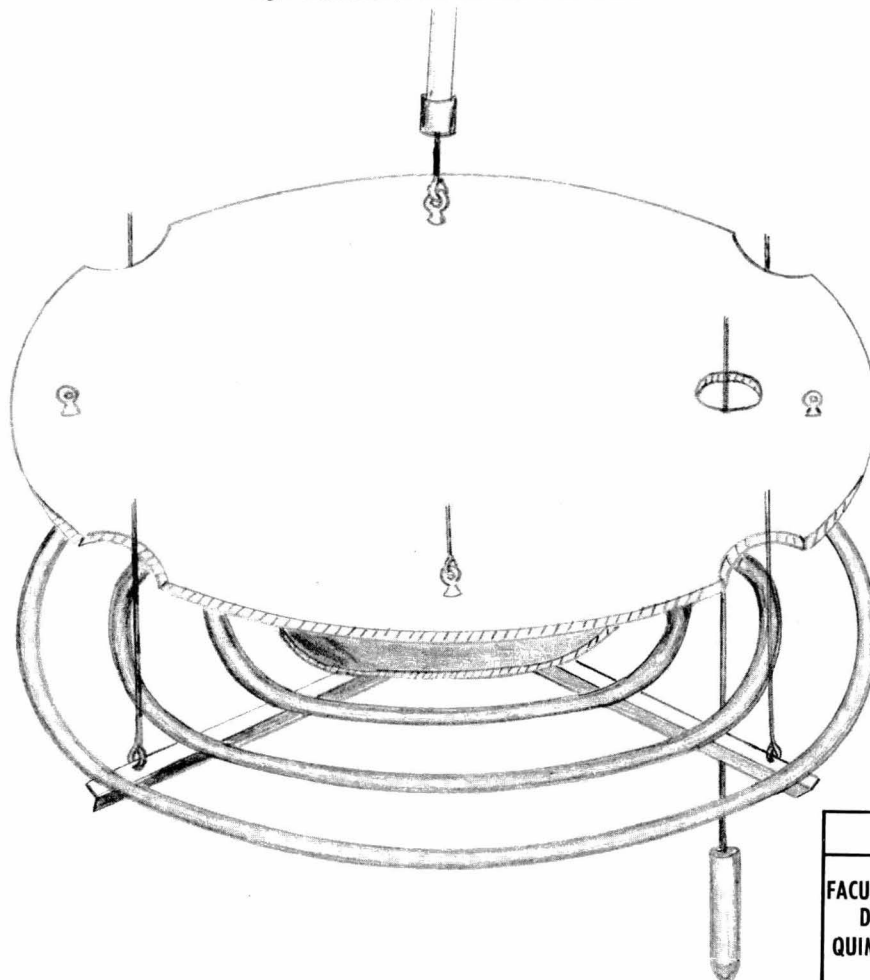
- 1.- Un recipiente esférico de 4.38 m de diámetro interno, fabricado de acero ASTM A 212, grado B de 1" de espesor, eficiencia de junta: 85%.
- 2.- Un conjunto de electrodos fabricados de acero al bajo carbón de 3.658 m (12 pies) de diámetro del tipo ilustrado en la figura 7.
- 3.- Dos transformadores de voltaje de 25 KVA de capacidad cada uno, del tipo sumergido.
- 4.- Un conjunto de bujes para la entrada de corriente, diseñados-

Fig. 6 Váivula distribuidora de la emulsión



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

Fig. 7 Electrodo para el desalado electrostático



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

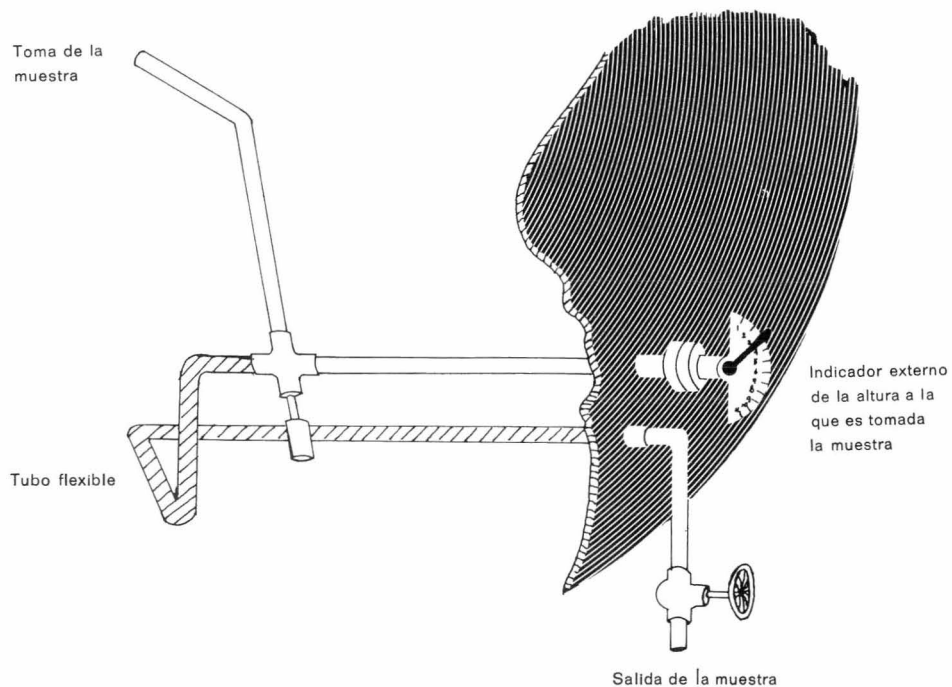
para alta presión y temperatura, para conducir corriente de alto voltaje, encerrados en un tubo con aceite llenado a presión.

- 5.- Ocho aisladores eléctricos para soportar los electrodos, fabricados de barra de teflón virgen.
- 6.- Una válvula automática de control de nivel, con bridas cuerpo de acero 316 SS.
- 7.- Una válvula automática de control de presión de la desaladora.
- 8.- Un conjunto de seguridad equipado con un flotador, para evitar que el voltaje de desalado se aplique internamente a los electrodos, cuando no esté completamente lleno el recipiente.
- 9.- Equipo de conducción eléctrica. Incluye luces piloto, tubo -- conduit, conductores, conexiones y terminales del tablero -- del transformador.
- 10.- Un tablero construido como unidad integral, incluye medidores eléctricos y accesorios para el sistema eléctrico del desalador.
- 11.- Un controlador de nivel de agua tipo de desalojamiento interno, con flotador, tipo FISHER 2500-2498P o uno equivalente.
- 12.- Una válvula emulsificadora especial PETRECO de acero 316SS, con bajo contenido de carbón.
- 13.- Un muestreador interno ajustable, diseñado por PETRECO que permite muestrear la interfase del desalador, y que tiene indicación exterior de la altura a la que se toma la muestra.
- 14.- Una válvula distribuidora tipo especial PETRECO, para regular y distribuir el flujo de la emulsión.
- 15.- Seis Manómetros y tres termómetros, para observación de las-

condiciones de operación, durante el proceso.

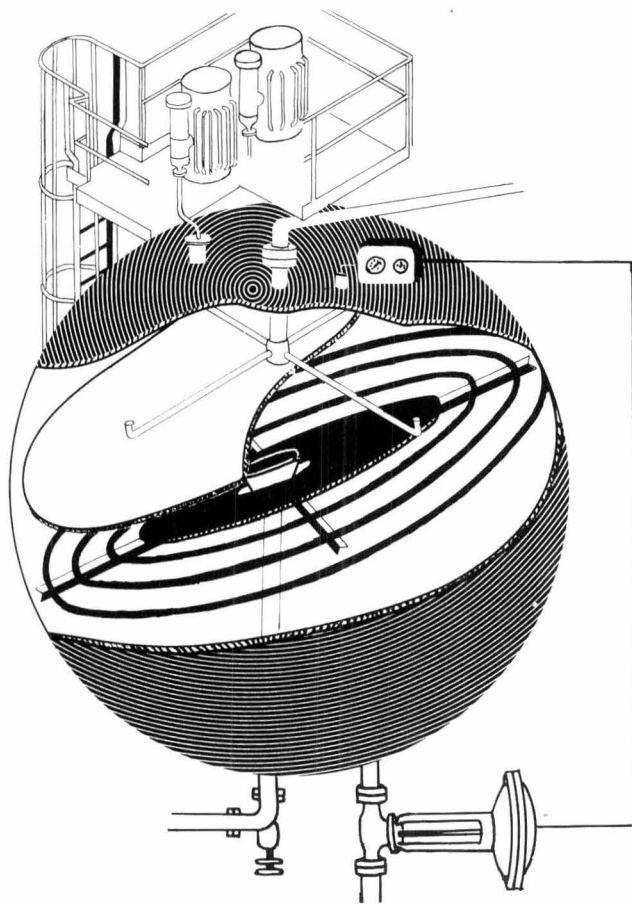
- 16.- Un controlador - registrador de flujo para el agua de proceso.

Fig 8 Muestreador interno de la interfase



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

Fig 9 Desalador electrostático



U N A M		
FACULTAD DE QUIMICA	ELISEO MAGAÑA GARCIA	MEXICO D.F. 1975

CAPITULO V.

CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

1.- COSTO DEL EQUIPO.

2.- JUSTIFICACIONES PARA LA ADQUISICION DEL EQUIPO.

1.- COSTO DEL EQUIPO:

El costo del quipo estará dado por el total de los tres conceptos siguientes:

Costo del recipiente

Costo de accesorios e instrumentos

Costo de instalación

Costo del recipiente.- Para la determinación de este costo, se tiene como referencia el costo de un equipo similar, que fué instalado en el año de 1968. La capacidad del recipiente de referencia es de 90 m^3 , y su costo, incluyendo plataforma y escaleras, fué de ---- 220,000 pesos.

Para la estimación aproximada del costo del equipo para las actuales condiciones tenemos la ecuación siguiente:

$$\frac{C_a}{C_b} = \left(\frac{K_a}{K_b} \right)^{0.6}$$

Donde:

C_a = costo del recipiente requerido

C_b = costo del recipiente de referencia

K_a y K_b = variables de correlación (en este caso capacidades)

Sabiendo que la capacidad K_a del recipiente requerido es de 44 m^3 y la capacidad K_b del de referencia es 90 m^3 , substituyendo valores:

$$\frac{C_a}{220,000} = \left(\frac{44}{90} \right)^{0.6}$$

C_a = 143,000 pesos

Este sería el costo del recipiente actual, para el año 1968.

Ahora, si utilizamos los índices de Marshal - Stevens para determinar el costo actual:

$$Ca\ 1975 = Ca\ 1968 \times \frac{I\ 1975}{I\ 1968}$$

Los índices, (tomados de la revista Chemical Engineering), son - los siguientes:

$$I\ 1968 = 273.1$$

$$I\ 1975 = 471.6$$

Sustituyendo estos valores en la ecuación anterior:

$$Ca\ 1975 = 143,000 \times \frac{471.6}{273.1} = 246,818\ \text{pesos}$$

Costo de accesorios e instrumentos.

Este costo está dado por cotizaciones actuales de los distribuidores locales, y es el siguiente:

Un juego de transformadores (2) -----	100,000 pesos
Un juego de electrodos -----	20,000 "
Bujes de entrada de corriente (2) -----	2,500 "
Ocho aisladores -----	9,000 "
Válvula de control de nivel -----	45,000 "
Válvula de control de presión -----	55,000 "
Válvula de control de flujo de agua -----	20,000 "
Conjunto de seguridad contra bajo nivel -----	10,000 "
Tablero, conductores y equipo eléctrico -----	30,000 "
Controlador de nivel de agua con flotador -----	16,000 "
Válvula mezcladora -----	70,000 "
Válvula distribuidora de la emulsión -----	80,000 "
Muestreador interno de la interfase -----	8,000 "
Seis manómetros (0- 21 Kg/cm ²) -----	6,000 "
Tres termómetros bimetálicos industriales -----	4,000 "
Un registrador - controlador de flujo -----	20,000 "
Una válvula de relevo de presión -----	10,000 "

COSTO TOTAL DE ACCESORIOS E INSTRUMENTOS ----- 505,500 pesos.

Costo de instalación.

Dicho costo está dividido en dos conceptos:

Costo de Mano de Obra

Costo de Materiales, tubería y conexiones.

El costo de Mano de Obra de instalación del equipo de referencia, en 1968 fué de 189,500 pesos. Considerando que los sueldos de PEMEX- se han incrementado en un 171% de 1968 a la fecha, el costo actual - de mano de obra, será aproximadamente de:

$$189,500 \times 1.71 = 324,000 \text{ Pesos.}$$

El costo de Materiales, tubería y conexiones fue de 200,000 pesos

Actualizando este costo, se tiene:

$$\text{Costo de materiales, tubería y conexiones} = 200,000 \times \frac{471.6}{273.1} = 325,200 \text{ pesos.}$$

Entonces, el costo de instalación será:

$$(\text{costo de M. de O.}) + (\text{costo de mats., tub. y conexs.}) = 669,200 \text{ pesos.}$$

Resumiendo, el costo total del equipo actual será:

COSTO DEL RECIPIENTE, (incluyendo plataforma y escaleras)	\$246,818
COSTO DE ACCESORIOS E INSTRUMENTOS	----- \$505,500
COSTO DE INSTALACION	----- \$669,200
COSTO TOTAL DEL EQUIPO	----- \$1,421,518

El análisis económico es siempre una herramienta de gran utilidad en cualquier estudio, dado que nos proporciona valiosa información en lo relacionado con la economía de un determinado proceso, a fin de poder establecer y comparar la costeabilidad de éste.

II JUSTIFICACIONES PARA LA ADQUISICION DEL EQUIPO.

La eliminación del agua y sólidos, es considerada actualmente como justificación suficiente para la instalación de un desalador, a fin de asegurar una operación económica de refinación.

Para el refinador que no tiene desaladoras en operación e investiga la necesidad de ello, es difícil la valorización económica, debido a que no posee registros comparativos, como son la reducción en el mantenimiento o el aumento de la eficiencia de refinación.

El refinador que cuenta con capacidades de desalado, puede utilizar créditos conocidos en unidades existentes, para justificar una nueva instalación.

Por otra parte, los resultados del desalado benefician no solamente a la unidad de destilación, sino también a otros procesos, tales como: Reformadoras, Plantas Catalíticas, Reductoras de Viscosidad, etc.

Los créditos más importantes que justifican el uso de un desalador, son los siguientes:

1.- Disminución de corrosión en torres y equipos de destilación.

2.- Reducción del consumo de Amoniaco

3.- Ahorro en Combustible

a).- En precalentadores

b).- En calentadores

c).- Por eliminación de agua.

4.- Reducción de Mantenimiento.

1.- AHORRO POR CONCEPTO DE DISMINUCION DE CORROSION EN FRACCIONADORAS.

Considerando que el crudo sin desalar contiene 285 g de sal por cada metro cúbico (100 lb/1000 barriles) y que esta cantidad se reduce

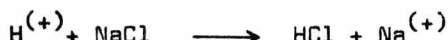
ce en un 95% mediante el uso de un desalador, la reducción en el con
tenido de sal será:

$$0.95 \times 285 = 2.71 \text{ g/m}^3$$

Si se van a procesar $1590 \text{ m}^3/\text{día}$ (10,000 B/D), se eliminarán:

$$1590 \times 271 = 431000 \text{ g/día} = 431 \text{ Kg/día}$$

Suponiendo que el 40% de esta sal se hidroliza, para generar áci
do clorhídrico. reaccionarán: $0.4 \times 431 = 172.6 \text{ Kg de sal/día median}$
te la siguiente reacción:



Peso molecular del NaCl = 58.5

" " " HCl = 36.5

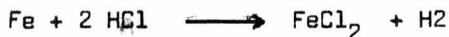
Estequiométricamente se generarán:

$$172.6 \times 36.5/58.5 = 107.63 \text{ Kg/día de HCl}$$

Calculemos ahora la cantidad de hierro que es atacado por esta -
cantidad de ácido. Suponiendo que el 75% de éste, reacciona con el -
hierro, antes de llegar al domo, donde se neutraliza con amoniaco:

$$0.75 \times 107.63 = 84 \text{ Kg/día de ácido (reaccionantes)}$$

La reacción es la siguiente:



Peso molecular del Fe = 55.8

" " " HCl = 36.5

La cantidad de Fe que estequiométricamente es atacada será:

$$84 \times 55.8/2 (36.5) = 64 \text{ Kg/día}$$

Si el costo del acero fabricado es: 13.76 Pesos/Kg, el ahorro --
anual sera:

$$S1 = 64 \text{ Kg de Fe/día} \times 13.76 \text{ pesos/Kg de Fe} \times 365 \text{ días/año}$$

$$S1 = 320,560 \text{ Pesos/año}$$

2.- AHORRO POR REDUCCION DEL CONSUMO DE AMONIACO.

El ahorro de amoniaco es una función lineal de la eliminación de sal y puede calcularse si se tienen los consumos actuales.

Los requerimientos de amoniaco varían grandemente con el tipo de crudo que se procesa y es mejor considerar el ahorro como un porcentaje del consumo actual. En este caso, como la remoción de sal es de -- 95%, es de esperarse que el consumo de amoniaco, se haya también redu dido en la misma proporción.

El consumo actual de NH_3 en la planta es de 13.3 lts/día, esto -- es para una producción de $1.033 \text{ m}^3/\text{día}$ (6,500 B/D). Por lo que es de -- esperarse que para la nueva capacidad, ($1590 \text{ m}^3/\text{día}$), se consumirán:

$$13.3 \times 1590/1033.5 = 20.46 \text{ litros/día}$$

Pero esto solo representa un 5% de lo que se consumiría si no se contara con la desaladora, por lo que presdindiendo de ésta, se consu mirían:

$$20.46 \times 100/5 = 409.2 \text{ litros de } \text{NH}_3/\text{día}$$

Por lo tanto, el 95% de este consumo, deberá acreditarse al ahorro por el uso de la desaladora:

$$409.2 \times 0.95 = 388.74 \text{ litros/día} = 141,893.75 \text{ lts/año}$$

Considerando el costo del amoniaco en 2 Pesos/litro, el ahorro -- será:

$$S2 = 283,787.50 \text{ Pesos/año}$$

3.- AHORRO DE COMBUSTIBLE

a).- En los precalentadores.

Según datos de operación en varias refinerías, se sabe que el -- consumo de gas combustible en los precalentadores, se reduce en un -- 0.0353% por cada gramo/metro cúbico de sal eliminada.

Dado que la eliminación de sal en este caso es de 271 gramos por metro cúbico (95 lb/1000 B), el consumo de combustible se reducirá en:

$$0.0353 \times 271 = 9.575\%$$

Calculemos ahora la carga térmica:

Sabemos que $Q = W C_p \Delta T E$

Donde:

Q= cantidad de calor suministrada en los precalentadores para calentar la carga de crudo desde la temperatura de 21°C (70°F), hasta 165°C (355°F), que es la temperatura a la que entra el calentador.

W= carga de crudo (en Kg/día)

C_p = calor específico promedio del crudo (0.5 Kcal/Kg)

ΔT = gradiente de temperaturas ($165-21$ 144°C)

E= eficiencia de intercambio de calor (70%)

Cálculo de W:

Si la carga de crudo es $1590 \text{ m}^3/\text{día}$, y la gravedad específica es de 0.835, (38°API):

$$W = 1,590,000 \text{ litros/día} \times 0.835 \text{ Kg/litro}$$

$$W = 1,327,650 \text{ Kg/día}$$

Por lo tanto, sustituyendo valores, tenemos:

$$Q = 1,327,650 \times 0.5 \times 144 \times 0.7 = 66,913,560 \text{ Kcal/día}$$

Si el valor del combustible es de 12.896 Pesos/millón de Kcal:

El costo del combustible consumido será:

$$66,913,560 \times 12.896/10^6 = 862.92 \text{ Pesos/día}$$

Por lo tanto, el ahorro en combustible será el 9.575% de esto, -

o sea:

$$S3 = 862.92 \times 365 \times 9.575/100 = 30,158.00 \text{ Pesos/año}$$

b).- CALCULO DEL AHORRO DE COMBUSTIBLE EN LOS CALENTADORES.

Estudios recientes han mostrado que por la limpieza de depósitos en los tubos de calentadores, se aumenta la eficiencia de transmisión de calor entre un 3 y un 12%. Suponiendo que esta eficiencia solo se mejora en un 3%.

Teniendo como dato el consumo promedio de combustóleo por cada metro cúbico de crudo procesado sin utilizar el proceso de desalado, que es 16.9 m^3 de combustible/ m^3 de crudo, tendremos que el consumo de combustóleo será:

$$1590 \text{ m}^3/\text{día} \times 16.9 \text{ m}^3 \text{ de comb.}/1000 \text{ m}^3 = 26.87 \text{ m}^3 \text{ comb/día.}$$

Dándole un valor de 100 Pesos/ m^3 de comb. tendremos un costo de:

$$26.87 \times 100 = 2,687 \text{ pesos/año} = 980,755 \text{ Pesos/año}$$

El ahorro será por lo tanto:

$$S4 = 980,755 \times 0.03 = 29,422 \text{ Pesos/año.}$$

c).- AHORRO EN COMBUSTIBLE POR CONCEPTO DE ELIMINACION DE AGUA.

Cada Kilogramo de agua presente en el crudo requiere 516 Kcal para elevar su temperatura desde el líquido de 121°C (250°F), que es la temperatura común de desalado, hasta vapor de 288°C (550°F), que es la temperatura de salida del calentador.

La cantidad de calor empleada en calentar el agua, no puede aprovecharse para calentar el crudo, por lo que se hace necesario que el calentador proporcione una cantidad adicional de calor, a fin de mantener la temperatura requerida en el proceso.

Si el crudo antes de desalar, contiene un promedio de 1% de agua y sedimento (A y S), y después del desalado contiene 0.2%, la remoción de agua será de un 0.8%.

Cálculo de la cantidad de agua eliminada:

Si la carga de crudo es de $1590 \text{ m}^3/\text{día}$ 1,327,650 Kg/día, el agua

eliminada será:

$$1,327,650 \text{ Kg/día} \times 0.008 = 10621.2 \text{ Kg/día}$$

Esta cantidad de agua consumirá:

$$10621.2 \times 516 \text{ Kcal/Kg} = 5,480,539 \text{ Kcal/día}$$

Si el costo del combustible es 12.896 Pesos/Millón de Kcal, el -
calentar esta cantidad de agua costará:

$$5,480,539 \times 12.896/10^6 = 70.70 \text{ Pesos/día}$$

Por lo que anualmente se ahorran:

$$S5 = 70.70 \times 365 = 25,805 \text{ Pesos/año}$$

4.- AHORRO POR REDUCCION EN EL MANTENIMIENTO DE CALENTADORES, Y- CAMBIADORES DE CALOR.

Uno de los créditos más importantes a favor de la adquisición de
un desalador, es el debido a la reducción de los depósitos salinos en
tubos de calentadores y cambiadores.

En varias refinerías se hizo una evaluación de los ahorros que -
pudieran acreditarse a la instalación de un desalador. El promedio de
resultados de estos estudios, concluyó que se reduce el mantenimiento
a una razón de 3.3 Pesos/Kg de sal eliminada.

Si la eliminación de sal es de 0.271 Kg/m^3 , la cantidad de sal -
eliminada será:

$$0.271 \text{ Kg/m}^3 \times 1590 \text{ m}^3/\text{día} = 431 \text{ Kg/día}$$

Por lo tanto, el ahorro será:

$$S6 = 431 \text{ Kg/día} \times 3.3 \text{ Pesos/Kg} = 1423 \text{ Pesos/día}$$

$$S6 = 519,486 \text{ Pesos/año}$$

En resumen, por todos los conceptos anteriores considerados, ten-
dremos un ahorro total $S_t = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6$

$$S = 1,209,219 \text{ Pesos/año.}$$

Considerando que el costo del equipo es de 1,431,118 Pesos y un-
10% de depreciación anual, el equipo se pagará por sí mismo en un tér-
mino de 1.2 años

CAPITULO V.

CONCLUSIONES.

La instalación de un desalador como parte integral de una planta de destilación primaria, es una medida acertada para asegurar una operación eficiente de refinación, ya que elimina las sustancias contaminantes, principalmente a los cloruros, que son unas de las sustancias más nocivas.

De entre los procesos de desalado existentes, el eléctrico es el más apropiado para las fines antes mencionados, debido a las ventajas que presenta con realción a los demás, puesto que posee una gran versatilidad, ya que puede usarse tanto para procesar crudos de base parafínica, así como también los de base nafténica, requiere un mínimo de mantenimiento, no requiere mucha supervisión de parte del operador, y puesto que el único "reactivo" empleado es la corriente eléctrica, y el consumo de ésta es mínimo, posee un bajo costo de operación.

Por otra parte, según se estudió en el capítulo anterior, la utilización del proceso de desalado nos reporta un considerable ahorro - en varios aspectos, de entre los que destacan el ahorro en mantenimiento de los calentadores y el alargamiento de los períodos de operación continua.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- UREN L. CHARLES
INGENIERIA DE PRODUCCION DE PETROLEO
DESARROLLO EN LOS CAMPOS PETROLIFEROS
EDITORIAL CONTINENTAL MEXICO
- 2.- EL PETROLEO
REVISTA DE PEMEX 1974.
- 3.- WATERMAN LOGAN C.
HYDROCARBON PRECESSING
FEB. 1965 Vol. 44 No. 2
- 4.- ARMISTEAD GEORGE JR.
OIL & GAS JOURNAL
MARZO 23 1946
- 5.- FISHER HALL & STENZEL
MATERIALS PROTECTION
MAYO 1962
- 6.- DESALADO ELECTROSTATICO
APUNTES DE LA CONFERENCIA DEL IMIQ
SECCION SALAMANCA 1968
- 7.- AGUILAR FIGUEROA GILDARDO
TESIS 1967 TPN ESQUIJE
- 8.- PERRY, JOHN
MANUAL DEL INGENIERO QUIMICO
- 9.- CRANE CO.
FLOW OF FLUIDS TROUGH VALVES,
FITTINGS AND PIPE