

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y MANUFACTURERA**



**“ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA EVALUAR LAS
POSIBILIDADES DE TRATAMIENTO DE LAS BORRAS ACIDAS
RESULTADO DE LA MANUFACTURA DE BASES
LUBRICANTES EN LA REFINERIA DE TALARA”**

**TESIS
PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

**PRESENTADO POR LOS BACHILLERES
MARCO DAVID CARRASCO RODRIGUEZ
JIMY RODRIGO ORE CHAVEZ**

**LIMA - PERU
2000**

DEDICATORIA

AL ING. GILBERTO GARCIA, ING VICTOR LEON CHOY, ING. LUIS ADANAQUE Y A
NUESTRAS FAMILIAS QUE NOS APOYARON EN TODO MOMENTO PARA LA CULMINACION
DEL PROYECTO DE TESIS.

AGRADECIMIENTO

AGRADECEMOS A TODAS LAS PERSONAS QUE COLABORARON EN LA REALIZACION DE LA PRESENTE INVESTIGACION TECNOLOGICA. ESPECIALMENTE A LAS ENTIDADES QUE NOS AUSPICIARON **PETROPERU S.A. Y MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS-CAREC.**

INDICE

Introducción.....	9
Conclusiones y recomendaciones generales.....	14

CAPITULO I

TRATAMIENTO DE LAS BASES LUBRICANTES EN REFINERIA TALARA16

1.1 Descripción del proceso.....	16
----------------------------------	----

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS Y VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE BORRAS ÁCIDAS.....19

2.1 Caracterización de la borra ácida de Planta de Agitadores y Filtros.....	20
2.2 Volúmenes de producción de bases lubricantes y borras ácidas....	25
2.3 Conclusiones.....	26

CAPITULO III

TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA - ENSAYOS A ESCALA LABORATORIO.....27

3.1 Sistema de Tratamiento por extracción del ácido.	
3.1.1 Objetivo.....	29
3.1.2 Descripción de general.....	29
3.1.3 Preparación de la borra ácida para el tratamiento.....	30
3.1.4 Determinación del tiempo de agitación en cada etapa....	30
3.1.5 Determinación de la temperatura en la extracción.....	31
3.1.6 Procedimiento de la extracción.....	32
3.1.7 Determinación de la cantidad de ácido inicial en la borra ácida	33
3.1.8 Determinación de la cantidad de ácido removido.....	33
3.1.9 Solventes de extracción.....	33

3.1.10	Resultados obtenidos según el tipo de solventes.....	34
3.1.10.1	Agua de Mar.....	34
3.1.10.2	Agua dulce.....	37
3.1.10.3	Soluciones de hidróxido de sodio.....	38
3.1.11	Diagrama de Bloques del tratamiento.....	42
3.2	Tratamiento de la borra ácida mediante soda.....	43
3.2.1	Objetivo del tratamiento.....	43
3.2.2	Descripción general.....	43
3.2.3	Determinación de la solubilidad de la borra ácida.....	44
3.2.4	Diagrama de bloques del tratamiento.....	46
3.3	Conclusiones	47

CAPITULO IV

DESTINO DE LAS CORRIENTES GENERADAS EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA.....50

4.1	Corrientes de salida del tratamiento por extracción del ácido	
4.1.1	BORRA NEUTRA.....	51
4.1.1.1	Características de la borra neutra generada en el tratamiento por extracción del ácido.....	51
4.1.1.2	Reutilización de la borra neutra.....	53
4.1.1.3	Bases asfálticas.....	55
4.1.1.4	Mezclas de borra neutra con bases asfálticas.....	58
4.1.1.4.1	Mezclas borra neutra con base asfáltica 80/100	60
4.1.1.4.2	Mezclas borra neutra con base asfáltica 60/70.....	64
4.1.2	CORRIENTE ACIDA.....	65
4.1.2.1	Características de la corriente ácida.....	65

4.1.2.2 Tratamiento de la corriente ácida.....	66
4.2 Corrientes de salida del tratamiento mediante soda.....	67
4.2.1 Características de las mezclas de borra ácida con soda....	67
4.3 Conclusiones.....	69
4.3.1 Tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido.	
4.3.1.1 Borra neutra	69
4.3.1.2 Corriente ácida.....	70
4.3.2 Tratamiento de la borra ácida mediante soda.....	70

CAPITULO V

ANALISIS PRELIMINAR DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS BORRAS

ACIDAS.....	71
--------------------	-----------

CAPITULO VI

TRATAMIENTO DE BORRA ÁCIDA ENSAYOS A MAYOR ESCALA.....	75
---	-----------

6.1 Objetivo.....	75
6.2 Descripción general.....	75
6.2.1 Preparación de la borra ácida.....	76
6.2.2 Dimensiones del tanque de tratamiento.	76
6.2.3 Operación en la prueba de investigación.....	77
6.2.4 Tiempos de operación.....	79
6.2.5 Análisis de muestras en la prueba de investigación.....	79
6.2.6 Resultados obtenidos en el Laboratorio y en la prueba de investigación.....	81
6.3 Conclusiones	83

CAPITULO VII

DISEÑO Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS BORRAS

ACIDAS POR EXTRACCION DEL ACIDO.....	84
7.1 Bases de cálculo.....	85
7.1.1 Establecimiento de bases de diseño de equipos.....	85
7.1.2 Bases de diseño.....	88
7.2 Unidad principal.....	90
7.2.1 Descripción del proceso.....	90
7.2.2 Balance de materia y energía.....	91
7.2.3 Diseño y especificación de equipos.....	92
Recipientes.....	93
Bombas.....	93
7.3 Tratamiento de las corrientes generadas en la unidad principal..	97
7.3.1 Tratamiento de la corriente ácida.....	97
7.3.1.1 Descripción del proceso.....	97
7.3.2 Tanque de mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra...	97
7.3.2.1 Balance de materia y energía.....	97
7.3.2.2 Diseño y especificación de equipos.....	99
Recipientes.....	99
Bombas.●.....	100
7.4 Consumo de servicios auxiliares.....	103
7.5 Diagrama de flujo del sistema de tratamiento.....	106
7.6 Conclusiones.....	107

CAPITULO VIII

TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE ACIDA GENERADA EN EL SISTEMA DE EXTRACCION

DEL ACIDO DE LA BORRA ACIDA.....	109
Introducción.....	109
8.1 Neutralización de la corriente ácida.....	111

8.2 Corriente ácida a separador A.P.I.....	112
8.3 Conclusiones y recomendaciones.....	113

CAPITULO IX

EVALUACION ECONOMICA.....	114
----------------------------------	------------

9.1 Bases de cálculo.....	115
9.2 Inversión	116
9.2.1 Inversión en capital fijo.....	116
9.3 Presupuesto de Ingresos y Costos.....	119
9.3.1 Ingresos.....	119
9.3.2 Costos de producción.....	120
9.4 Estados financieros Proyectos.....	121
9.4.1 Estado de ganancias y pérdidas proyectado.....	122
9.4.2 Flujo de caja proyectado.....	122
9.5 Discusión sobre conveniencia del proyecto.....	125
9.6 Conclusiones	130

ANEXOS

A Volúmenes de producción de borra ácida.....	131
B Determinación del tiempo de agitación en cada etapa.....	137
C Método para calcular el contenido de ácido en la borra ácida.....	142
D Consumo de vapor en el tratamiento de la borra ácida vía extracción del ácido.....	147
E Diseño de recipiente de proceso.....	153
F Diseño de bombas de proceso.....	155

BIBLIOGRAFIA.....	163
--------------------------	------------

INTRODUCCION

La presente investigación tecnológica tiene como meta plantear opciones para el tratamiento de las borras ácidas producidas en la Refinería Talara como residuo de la manufactura de bases lubricantes a partir de crudo reducido L.C.T. de base nafténica que permita lograr un residuo manejable desde el punto de vista ambiental y de este modo reducir los niveles de compuestos contaminantes presentes, que finalmente llegan al ambiente.

El primer paso de evaluación de la borra ácida es la caracterización de la misma a fin de determinar el tipo de tratamiento a efectuar.

Para tal efecto se utilizaron los métodos de la norma ASTM y métodos normalizados utilizados en REFINERÍA TALARA.

Dentro de las características más peligrosas de la borra se encuentran el alto contenido de ácido sulfúrico residual (26% en peso).

Uno de los primeros objetivos trazados en esta investigación es la remoción del ácido sulfúrico residual y hacer este residuo menos peligroso al medio. Utilizando para este fin solventes en los cuales el ácido es muy soluble, y solventes con los cuales se pueda neutralizar.

El método utilizado fue vía extracción del ácido con diferentes solventes y de esta manera remover el componente ácido.

El primer solvente utilizado para la extracción del ácido presente en la borra fue el agua dulce, pruebas iniciales de laboratorio consistían en poner en contacto una cantidad de borra ácida con agua dulce a diferentes relaciones de R (**R = ml de solvente /gr de borra**

ácida) de solvente, para lograr de este modo la transferencia del ácido al agua, utilizando un agitador de paletas para mejorar la transferencia de ácido al agua dulce.

Observándose que la velocidad de transferencia del ácido hacia el agua dulce es muy pequeña después de un cierto tiempo de contacto, es que se toma la decisión de cambiar el agua dulce saturada de ácido por una nueva cantidad idéntica a la inicial, con el fin de remover la mayor cantidad de ácido posible. Esto nos lleva a pensar en un sistema de tratamiento vía extracciones sucesivas.

Para optimizar el sistema vía extracción del ácido determinamos los parámetros necesarios para lograr tal objetivo, los cuales son:

- Relación de borra ácida - agua dulce.
- Tiempo de contacto (agitación).
- Temperatura de operación.
- Tamaño de partícula.

De un análisis económico preliminar con respecto al solvente de extracción (agua dulce) se vió la posibilidad de realizar las mismas pruebas utilizando un solvente más económico de los que se manejan en refinería, resultando el agua de mar como el solvente de extracción mas adecuado.

De las pruebas realizadas con agua de mar observamos que la transferencia de ácido es comparable con la transferencia de ácido cuando se utiliza agua dulce, es por esta razón que se elige como solvente de extracción al agua de mar.

Luego de estas experiencias, con la finalidad de disminuir el número de etapas de extracción alcanzadas utilizando como solvente de extracción agua de mar se optó por usar soluciones de soda cáustica para la extracción y neutralización del ácido presente en la borra.

Las soluciones cáusticas utilizadas como solvente de extracción fueron las que se disponían en refinería, el grado de concentración de estas soluciones son de 6 y 15 °Bé.

Al realizar las pruebas de laboratorio notamos la parcial solubilización de la borra en las soluciones cáusticas, haciendo la operación de extracción dificultosa. Para salvar esta dificultad se procedió a variar la concentración de las soluciones cáusticas a fin de hallar la concentración de soda cáustica con la cual se pudiese realizar el proceso de extracción sucesiva. Resultado de estos se determina que las soluciones de 0.5 % en peso y 1.0 % en peso de soda cáustica hacían factibles las extracciones sucesivas.

Sin bien es cierto que el número de etapas se reducía en forma considerable, el costo del solvente no justificaba la utilización del mismo en el proceso de extracción.

De las pruebas por extracción del ácido se obtienen dos residuos, el primero una corriente ácida y el segundo una borra neutra muy parecida en apariencia a una base asfáltica.

Para la corriente ácida se hicieron pruebas de caracterización con el objetivo de su neutralización antes de ser descargada.

La borra neutra producto del tratamiento vía extracción del ácido es mezclado con bases asfálticas 60/70 y 80/100 en las siguientes relaciones en peso 1/100, 3/100, 5/100 y 10/100 borra neutra/base asfáltica con la finalidad de reutilizar la parte hidrocarburo de la borra ácida. Resultando satisfactoria las mezclas de relación 1/100 y 3/100 en peso con bases asfálticas 80/100. Debido a que dichas mezclas cumplen las especificaciones de una base asfáltica.

Por otro lado, observando que la borra ácida es parcialmente soluble en soluciones cáusticas y conociendo que Refinería Talara tiene pensado adquirir una planta de tratamiento de soda gastada, se procedió a realizar pruebas experimentales con la finalidad de hallar las condiciones a las cuales se puedan solubilizar toda la borra en soda cáustica, de este modo inyectar esta mezcla al sistema de tratamiento de sodas gastadas y solucionar de este modo el problema de la borra ácida.

Con el fin de favorecer la solubilidad de la borra ácida en las sodas se incremento la temperatura de la mezcla obteniendo su completa solubilización, asimismo se buscó la relación borra ácida soda optima.

Para reducir el costo de soda utilizado en la solubilización se optó por utilizar soda gastada procedente de la planta de tratamientos cáusticos de Refinería Talara. La soda gastada utilizada para la mezcla corresponde a las corrientes de desecho de refinería. Siendo el proceso de solubilización satisfactorio.

A comparación de las pruebas vía extracción del ácido la solubilización de la borra ácida en la soda no permiten recuperar el hidrocarburo presente en la borra.

Por lo tanto la decisión del sistema de tratamiento más adecuado se realiza vía un análisis desde el punto de vista ambiental - económico.

Luego del análisis preliminar para los sistemas de tratamiento de la borra ácida, resulta la extracción del ácido como el método más adecuado, en el cual, se utiliza agua de mar como solvente de extracción. Es así como se especifican y diseñan los equipos necesarios utilizando para el diseño los datos obtenidos a escala laboratorio.

De la evaluación económica resulta que el proyecto no es rentable, siendo la depreciación la causante de tal resultado.

Pero por tratarse de un estudio técnico ambiental se toman en consideración otros aspectos importantes, los cuales son discutidos haciendo una comparación entre el actual método utilizado por REFINERIA TALARA de disposición de las borras ácidas en un relleno industrial con el sistema de tratamiento vía extracción del ácido presentado en esta investigación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.

Conclusiones.

- La borra ácida es un compuesto altamente peligroso para el ambiente, esta compuesto preferentemente de ácido sulfúrico e hidrocarburo.
- Se han investigado dos formas de tratamiento para las borras ácidas, la primera es mediante extracción del ácido y la segunda es la neutralización-solubilización de la borra ácida con el uso de sodas gastadas.
- El sistema de tratamiento óptimo desde el punto de vista ambiental para la borra ácida es mediante extracción del ácido.
- El tratamiento con sodas gastadas no resulta factible si lo comparamos con el actual método de disposición de desechos industriales empleado por Refinería Talara.
- El proyecto de tratamiento de las borras ácidas vía extracción del ácido no es rentable desde el punto de vista económico.
- El relleno para desechos industriales de la Refinería Talara representa un riesgo a largo plazo no cuantificable económicamente debido a que involucra aspectos sociales y ambientales.

Recomendaciones.

- De acuerdo a lo discutido en el inciso 9.5 sobre la factibilidad del proyecto respecto a los asuntos ambientales concernientes al método de confinamiento de la borra ácida en milla seis sugerimos que REFINERÍA TALARA considere dicha discusión para la posible implementación de la tecnología de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido en el futuro, cuando el entorno a este tema así lo exija.

CAPITULO I

OBTENCION DE LA BORRA ACIDA EN REFINERIA TALARA.

La Refinería Talara produce bases lubricantes a partir de crudo reducido LCT (Low Cold Test de base nafténica por destilación al vacío y un tratamiento físico químico del destilado para mejorar sus propiedades y hacerlo adecuado para producir lubricantes comerciales, el cual se realiza en la Planta de Agitadores y Filtros.

1.1 Descripción Del Proceso

El procedimiento es por lotes, la borra ácida se obtiene como producto residual del tratamiento físico químico.

El tratamiento físico químico empleado en la preparación de las bases lubricantes consiste en tratamiento con soda cáustica 15°Bé, tratamiento con ácido sulfúrico de 98% y la filtración.

Estos son procesos de acabado con el fin de mejorar: el color, la apariencia y la estabilidad. También tiene lugar una reducción en el contenido de azufre, oxígeno.

Durante el tratamiento las porciones aromáticas e insaturadas del destilado en conjunto, reaccionan con el ácido sulfúrico para formar una borra ácida que luego es separada por el cono del agitador.

El proceso utilizado en **REFINERÍA TALARA**, consiste en el uso de agitadores por sistema de lotes, en el cual se pone en contacto la base lubricante con ácido sulfúrico de 98%, la borra ácida se extrae por el fondo cónico del agitador y el destilado tratado es enviado a los filtros en los cuales se les da el acabado final.

En la Planta de Agitadores se realiza el tratamiento de cuatro tipo de destilados lubricantes que son: DL-75, Electrolube, DL-400 y DL-1200.

Para el tratamiento de los destilados lubricantes del tipo Electrolube y 75 existe la etapa de neutralización con soda cáustica de 15°Bé, previa a la adición del ácido sulfúrico Para el tratamiento químico se dispone de dos tanques agitadores de diferentes capacidades utilizados para el tratamiento con ácido sulfúrico.

Para recibir la borra ácida de los agitadores se utilizan cilindros los que posteriormente son transportados al relleno industrial de **Refinería Talara** en la zona denominada milla seis.

En el sistema de tratamiento con ácido sulfúrico se utiliza bombas reciprocantes para la carga al tanque agitador y trasiego de los destilados tratados a la sección de filtrado.

Se utilizan bombas centrifugas para el manipuleo del ácido sulfúrico de 98 por ciento.

La Refinería Talara dispone de ocho tanques de diferentes capacidades para el manipuleo de bases lubricantes y dos para el almacenamiento de ácido sulfúrico.

Los tanques agitadores están forrados interiormente con planchas de plomo de 1/8 pulgadas, en la descarga va conectada una válvula y en el cuerpo del tanque hay una conexión para la adición de ácido sulfúrico.

Se utiliza como medio de agitación aire húmedo suministrado por la Unidad de Servicios Industriales Auxiliares.

CAPITULO II

CARACTERISTICAS Y VOLUMENES DE PRODUCCION DE BORRAS ACIDAS

En este capitulo se presentan los datos de laboratorio que corresponden a la caracterización de la borra ácida.

Las pruebas realizadas son de tipo físico - químico, considerando en la caracterización los compuestos que vuelven al residuo peligroso al medio.

Se presenta un análisis de caracterización para la borra ácida por tipo de hidrocarburo presente, según dos métodos: el A.S.T.M. y el n.d.M, este último es un método indirecto de caracterización de la borra ácida y solo se analiza en forma cualitativa la borra ácida.

El análisis de laboratorio determinó que existe un alto porcentaje de ácido sulfúrico presente en la borra ácida esto hace que la parte de hidrocarburos que contiene no pueda ser utilizada.

Dentro de la caracterización se muestran los metales presentes en la borra y los compuestos químicos que tienen límites permisibles de emisión.

Se muestran los volúmenes de producción anual de borras ácidas producto del tratamiento de los destilados lubricantes con ácido sulfúrico en la Refinería Talara.

2.1 CARACTERIZACION DE LA BORRA ÁCIDA DE PLANTA DE AGITADORES Y FILTROS

El primer paso de la búsqueda de un método de tratamiento de cualquier residuo es la caracterización del mismo. Dado el origen, de la borra ácida los componentes mayores son ácido sulfúrico e hidrocarburos.

La literatura [J.F. DE MARCO, INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, RAFFINAGE DES HUILES MINERALES A L'ACIDE SULFURIQUE] muestra los tipos de reacciones que ocurren o pueden ocurrir al tratar destilados lubricantes obtenidos a partir de crudo reducido L.C.T con ácido sulfúrico.

En general los destilados lubricantes se conforman de compuestos parafínicos, nafténicos, aromáticos, No saturados, Asfaltenos, sulfurados y oxigenados.

Los hidrocarburos parafínicos son poco atacados por el ácido sulfúrico, pero a medida que aumenta el tamaño de la cadena carbonada es más fácil el ataque. La acción del ácido produce compuestos sulfónicos y disulfónicos y emanación de dióxido de azufre.

Los hidrocarburos nafténicos reaccionan rápidamente cuando son de tamaños inferiores, para tamaños superiores no son atacados.

Los hidrocarburos aromáticos pesados son totalmente sulfonados, siendo la sulfonación fuerte y exotérmica.

Los hidrocarburos no-saturados son rápidamente atacados. En general, cuando las olefinas son tratadas con ácido sulfúrico, se producen polimerizaciones (dipolimerizaciones y superiores).

Los asfalténos son atacados por el ácido sulfúrico, formando compuestos sulfónicos.

Las características de los productos de estas reacciones dan una idea de lo que es la borra ácida.

Los resultados de los ensayos físicos realizados sobre muestras de la borra ácida producida en Refinería Talara mostraron que se trata de un material de color negro similar al asfalto, muy viscoso inmediatamente desalojado de un tanque de tratamiento de destilado lubricante, gomoso una vez enfriado y sólido endurecido una vez seco. Además se percibe la presencia de dióxido de azufre en el aire al ser desalojado del tanque. Puesto en contacto con el agua se solidifica y se vuelve quebradiza.

Las pruebas químicas que se le efectuaron para caracterizar la borra ácida fueron de dos tipos, la primera se basó en la Norma A.S.T.M D 4121-91 que consiste en la separación de asfaltos en cuatro familias, y la segunda prueba es de tipo cualitativa de la posible composición de la borra ácida a partir de un análisis del destilado lubricante antes y después del tratamiento con ácido sulfúrico siguiendo el método n.d.M para composición de los crudos y de las fracciones del petróleo. Ambas tienen por finalidad la

determinación del tipo de familias de Hidrocarburos que conforman la borra ácida.

Siguiendo la Norma A.S.T.M D 4121-91 (separación de asfaltos en cuatro familias), se determinó la cantidad de Asfáltenos, Aromáticos Polares, Aromáticos Nafténicos y Saturados presentes en la borra ácida, se eligió este procedimiento de análisis debido a la semejanza en apariencia de la borra ácida con las bases asfálticas. Los resultados obtenidos siguiendo esta prueba se presentan en el Cuadro N° 1.

CUADRO N° 1

ANÁLISIS DE COMPOSICION DE BORRA ÁCIDA CON EL MÉTODO A.S.T.M D 4121-91 (SEPARACION DE ASFALTOS EN SUS CUATRO FAMILIAS)

Familia de Hidrocarburos	Resultados
Asfáltenos, % peso	71.2
Aromáticos Nafténicos, % peso	14.1
Aromáticos Polares, % peso	0.6
Saturados, % peso	0.8
Otros componentes, % peso	13.2

El método n.d.M, requiere tres características del producto a evaluar: la densidad (d), índice de refracción (n) y el peso molecular (M) o punto de anilina, también requiere del contenido de azufre expresado en % peso y permite calcular directamente, mediante formulas, los porcentajes de átomos de carbono de Cp, Cn y Ca presentes en los elementos parafinicos, nafténicos y aromáticos de las diversas moléculas complejas de un aceite. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro N° 2.

CUADRO N° 2
ANÁLISIS DE DESTILADOS LUBRICANTES CON EL MÉTODO n.d.M

Carbonos	Destilado Lubricante	
	Antes del Tratamiento	Después del Tratamiento
% Parafínicos	20.4	21.0
% Aromáticos	14.3	12.7
% Nafténicos	65.3	66.3

Del cuadro N° 2 podemos decir que durante el tratamiento del destilado lubricante con ácido sulfúrico, reaccionan la mayor cantidad de carbonos aromáticos lo que hace que el porcentaje de carbonos parafínicos y nafténicos aumente.

La reacción del destilado lubricante con el ácido sulfúrico da como resultado la borra ácida.

Determinamos la cantidad de Ácido Sulfúrico residual presente en la borra ácida siguiendo el método TCA-01 descrito en el Anexo C, para análisis de ácido en muestras sólidas. El objetivo principal del tratamiento de las borras ácidas es determinación de la cantidad de ácido sulfúrico remanente presente en la borra ácida producto del tratamiento de las bases lubricantes.

La evaluación del contenido de metales en la borra ácida se hizo con la finalidad de saber cuales son los metales contaminantes y la magnitud de estos para tener una idea de la peligrosidad de este residuo para el ambiente. Los metales que

se analizaron fueron Bario, Cromo, Plomo, Cadmio, Mercurio, Fierro.

Por el mismo motivo se evaluó la presencia y magnitud de los mercaptanos, sulfuros y fenoles presentes en la borra ácida, de estos compuestos, teniendo presente el supuesto que estos pudiesen ser dispuestos nuevamente al ambiente después del tratamiento en otra forma diferente a la que se encuentran.

A partir de los datos obtenidos vía los análisis anteriores, en el Cuadro N° 3 se muestra el análisis de caracterización de borra ácida.

CUADRO N° 3
CARACTERIZACION DE LA BORRA ÁCIDA

PRUEBAS FÍSICAS	METODO	RESULTADO
Apariencia	VISUAL	SOLIDA
Consistencia	VISUAL	GOMOSA
Densidad (gr./ml.)	ASTM D 70	1.1
Viscosidad, cst (100 °C)	ASTM D 2170	> 4000
Color		NEGRO
Olor		ÁCIDO
PRUEBAS QUÍMICAS	METODO	RESULTADO
Composición Química		
Insolubles en N-Heptano, % peso	ASTM D 3279	71.2
Saturados % peso	ASTM D4124-91	0.8
Aromáticos Nafténicos, % peso	ASTM D4124-91	14.1
Aromáticos Polares, % peso	ASTM D4124-91	0.6
Humedad, % peso		0.4
Acido Sulfúrico, % peso		12.8
Cenizas, % peso		0.1
Contenido de Metales		
Bario (p.p.m)	HACH	428
Cromo (p.p.m)	MN 3500 Cr-D	1.6
Plomo (p.p.m)	MN 3500 Pb-D	48.4
Cadmio (p.p.m)	MN 3500 Cd-D	0.1
Mercurio (p.p.m)	MN 3500 Hg-D	4.7
Fierro (p.p.m)	ASTM D1068-84	913.8
Otros Componentes		
Sulfuros (p.p.m)	MN 4500-S	1000
Mercaptanos (p.p.m)	ASTM D 3227	30877
Fenoles (p.p.m)	MN 5530 Hg-D	2000

Del Cuadro N° 3 podemos mencionar que la borra ácida contiene un 86.7 % en peso de hidrocarburos, y un 12.8% en peso de ácido sulfúrico esto hace interesante poder recuperar los hidrocarburos luego de remover el ácido sulfúrico, para ser nuevamente utilizado.

2.2 VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE DESTILADOS LUBRICANTES Y BORRAS ACIDAS.

Según los datos estadísticos de producción de destilados lubricantes y borras ácidas en la Planta de LUBRICANTES y AGITADORES Y FILTROS respectivamente, en los años 1995, 1996 y 1997 se determinó la cantidad de borra ácida generada en esos años, según se muestra en el Cuadro N° 4.

CUADRO N° 4
PRODUCCIÓN PROMEDIO ANUAL DE DESTILADOS LUBRICANTES
Y BORRAS ÁCIDAS DE PLANTA AGITADORES Y FILTROS

	N° de Tandas	Destilado Lubricante (Barriles.)	Borra Ácida (kg.)	% Respecto al total anual
DL-1200	49	24556	156560	55%
ELECTROLUBE	16	8395	62552	22%
DL-400	10	4954	35771	12%
DL-75	8	4289	31851	11%
TOTAL ANUAL	83	42194	286734	100%
PRODUCCIÓN MENSUAL	7	3516	23895	
PRODUCCIÓN POR TANDA		502	3414	

Detalles sobre los volumen de producción para los años 1995,1996 y 1997 ver Anexo A.

2.3 CONCLUSIONES

- Los hidrocarburos y el ácido sulfúrico presente en la borra ácida hacen que sea un producto altamente peligroso.
- Existe un alto contenido de Hidrocarburos presentes en la borra ácida.
- El ácido presente en la borra hace que este producto no pueda ser reinyectado en alguna línea de producción de la Refinería.
- Realizar el tratamiento de la borra ácida antes de ser dispuesto al ambiente con la finalidad de minimizar el impacto ambiental que esta pueda ocasionar.
- Remover el ácido sulfúrico presente en la borra ácida para reutilizar los hidrocarburos que contiene.

CAPITULO III

TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA - ENSAYOS A ESCALA LABORATORIO

A partir de la caracterización de la borra ácida, se pensó en primera instancia remover el ácido presente, se consultó literatura a fin de buscar soluciones al respecto.

Según literatura [J.F. DE MARCO, INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, RAFFINAGE DES HUILES MINERALES A L'ACIDE SULFURIQUE] existe un método de aprovechamiento de la borra ácida que consiste en la producción de ácido sulfúrico y de coke a partir de la borra, pero este método presupone cantidades grandes de borra ácida condición inexistente en Refinería Talara. Otros métodos mencionados por literatura son la incineración y el tratamiento biológico, en ambos casos se destruye completamente la parte orgánica.

Es así que se penso en remover el ácido sulfúrico presente en la borra aplicando principios de transferencia de masa, por tanto se hacia imprescindible conocer la mayor solubilidad del ácido sulfúrico [John H. Perry], resultando el agua y soluciones cáusticas los solventes más adecuados. En las soluciones cáusticas no solo se remueve el ácido sino también neutraliza.

Se sabe que el actual método de disposición implementado en Refinería Talara para desechos sólidos no representa gran inversión comparado con los métodos de destrucción ya descritos.

En tal sentido se optó por remover el ácido de la borra en vez de destruirla completamente, puesto en teoría los métodos de destrucción representan mayor inversión.

En el presente capítulo se muestran los datos de laboratorio obtenidos en el tratamiento de la borra ácida según el sistema mediante extracción del ácido y el tratamiento con soda.

En el tratamiento por extracción del ácido se evalúan tres tipos de solventes para la remoción del ácido sulfúrico presente en la borra ácida y son los siguientes:

- Agua Dulce.
- Agua de Mar.
- Soluciones Cáusticas de NaOH en las concentraciones 0.5 %, 1.0 %

Se muestran datos experimentales para la determinación de las condiciones operativas durante el tratamiento, el tiempo por etapa de extracción, la cantidad de solvente por tratamiento de borra ácida.

En el sistema de tratamiento por la extracción del ácido se trabaja a temperatura ambiental, dato establecido por la Refinería Talara.

El porcentaje de remoción de ácido sulfúrico buscado es de 98 % como punto de comparación entre los tres solventes evaluados, este objetivo fue determinado por Refinería Talara.

Se hace el análisis de las corrientes ácidas generadas para cada tipo de solvente, con la finalidad de saber la peligrosidad ambiental de cada una ellas.

En el tratamiento con soda se buscó la neutralización de la borra ácida.

Se realizan mezclas de borra ácida con soda gastada o con soda nueva a diferentes relaciones en peso.

Se analiza los compuestos presentes en la mezcla que exige la tecnología del sistema de tratamiento de sodas gastadas que se implementará en Refinería Talara para cada tipo de soda utilizada.

3.1 SISTEMA DE TRATAMIENTO POR EXTRACCIÓN DEL ACIDO.

3.1.1 Objetivo.

Remover el contenido de ácido sulfúrico residual presente en la borra ácida por extracción del ácido.

3.1.2 Descripción General.

Un peso conocido de borra ácida previamente secado, molido y tamizado para obtener un tamaño de partícula uniforme, es sometida a extracción con un volumen conocido de solvente. Para efectuar la extracción las dos fases son sometidas a agitación en condiciones conocidas durante un tiempo conocido. Completada la extracción, se separan las fases y se determina la cantidad de ácido extraída mediante la determinación del aumento de la acidez en el solvente. El procedimiento puede repetirse, en cuyo caso se calcula la

cantidad de ácido extraída total sumando las cantidades extraídas de cada etapa.

3.1.3 Preparación de la borra ácida para el tratamiento.

La borra ácida se seca y muele en forma manual hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm (tamaño de operación en laboratorio malla 16); para lograr este tamaño utilizamos un "ROTAP" junto a un conjunto de tamices. Para tamaños menores a 1 mm, se hacía dificultosa la operación.

3.1.4 Determinación del tiempo de agitación en cada etapa.

A nivel laboratorio se realizan pruebas experimentales para determinar el tiempo de agitación. Las pruebas consisten en medir el contenido de ácido sulfúrico removido para diferentes tiempos de agitación, manteniendo la temperatura y la velocidad de agitación constantes. Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 5.

En el Cuadro N° 5 podemos ver que el tiempo de agitación para cada etapa de extracción es de 20.2 min., con fines prácticos se tomará como **tiempo de agitación 20.0 min.**

CUADRO N° 5
DETERMINACIÓN PRACTICA DEL TIEMPO DE AGITACIÓN

	R	<i>Punto Optimo</i>		<i>*Factor de seguridad 65%</i>
		Peso total de Ácido removido (gr.)	Tiempo (min.)	Tiempo (min.)
Corrida 1	20	8.24	11.32	17.41
Corrida 2	20	6.23	13.27	20.42
Corrida 3	20	6.03	12.84	19.75
Corrida 4	20	4.68	15.13	23.28

**Tiempo de
agitación**

20.2

Detalles sobre la determinación del tiempo de agitación referirse al Anexo B.

El factor de seguridad (65%) asociado a las experiencias para la determinación del tiempo de cada etapa de extracción resultó del cálculo realizado considerando el valor promedio de ácido residual contenido en la borra ácida (entre el valor máximo de ácido presente en esta determinado en las experiencias de laboratorio multiplicado por 100).

3.1.5 Determinación de la Temperatura en la extracción.

Se realizó una prueba experimental, la que consistió en medir el contenido de ácido removido a diferentes temperaturas, manteniendo el tiempo de agitación (20 min.) y la velocidad de agitación constantes.

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro N° 6 de donde observamos que al incrementar la temperatura se

obtiene una mejor remoción del ácido residual, dado que la presente investigación utiliza recursos disponibles en la Refinería, se selecciona la temperatura ambiente (25.6°C) como la temperatura de trabajo.

Prueba experimental

Peso de borra ácida (gr.)	7.5
% Acido sulfúrico en la borra ácida	22.0%
Solvente	Agua Dulce.
Volumen de Solvente (ml.)	150
Relación	20
Tiempo de agitación (min.)	20

CUADRO N° 6

DETERMINACIÓN PRACTICA DE LA TEMPERATURA DE EXTRACCION

	Temperatura (°C)	Peso inicial (gr.)	Peso transferido (gr.)	%Remoción
CORRIDA 1	25.6	7,52	0.945	12,6%
CORRIDA 2	40	7,541	0.958	12,7%
CORRIDA 3	50	7,521	0.970	12,9%
CORRIDA 4	70	7,584	0.985	13,0%

Además de lo anteriormente expuesto, se observa que el porcentaje de remoción de ácido con respecto a la temperatura no es considerablemente apreciable y por consiguiente es aceptable trabajar a temperatura ambiente.

3.1.6 Procedimiento de la extracción.

- Tomar una cantidad de borra ácida equivalente a la relación **R** que se este trabajando.

- Agregar 500 ml del solvente. Y agitarlo a una velocidad de 110 r.p.m. por un intervalo de 20 min. (Ver Anexo B).
- Filtrar la borra ácida usando papel filtro de grado 230 (De los que se utiliza en la Planta de Agitadores y Filtros), recibir el solvente de extracción en un vaso Erlemeyer.
- Repetir el procedimiento usando la borra que queda en el papel de filtro.

3.1.7 Determinación de la Cantidad de Ácido inicial en la Borra Ácida.

Para la determinación del contenido de ácido inicial en la borra ácida se sigue el método TCA-01 descrito en el Anexo C.

3.1.8 Determinación de la Cantidad de Ácido Removido.

El solvente filtrado de cada etapa de extracción es colocado en un vaso Erlemeyer del cual se toma un volumen de muestra (Entre 5 y 50 ml.) para ser titulado con hidróxido de sodio (NaOH) 0.2 N y determinar la cantidad de ácido removido de la borra ácida. Para detalles de cálculo referirse al Anexo C.

3.1.9 Solventes de Extracción.

Para efectuar el tratamiento se seleccionaron los siguientes solventes:

- Agua de Mar.

- Agua Dulce.
- Soluciones Cáusticas de Hidróxido de Sodio (NaOH) a las siguiente concentraciones en peso: 0.5 y 1.0.

3.1.10 Resultados obtenidos según el tipo de solventes.

3.1.10.1 Agua de Mar.

La característica principal de este solvente de extracción es que tiene un $\text{pH}_{23^\circ\text{C}} = 7.72$, sus características se muestran en el Cuadro N° 7.

CUADRO N° 7
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DE MAR

Análisis	Método	Resultados
.Ph	MN 2550B	7.72
Conductividad (mS)	MN 2510B	54
S.T.D (p.p.m.)	MN 2540B	48450
Aceites y Grasas (p.p.m.)	MN 5520C	0.8
Fenoles (mg/m^3)	MN 6630D	0.0
Sulfuros	MN 4500S	0.0
Metales		
Plomo (p.p.m.)	MN -3500-PB	0.0005
Fierro (p.p.m.)	ASTM D-1068-84	0.01
Cromo (p.p.m.)	MN 3500-CR	0.01
Bario (p.p.m.)	MN HACH	1.82
Cadmio (p.p.m.)	MN 9500-CD	0.005

Para una relación R de 20, 10 y 5. se logra una eficiencia del 97.9%, 97.9% y 97.7% de remoción de ácido en las etapas N° 7, 8 y 11 respectivamente (Ver Cuadro N° 8).

CUADRO N° 8
EFICIENCIA PROMEDIO DE REMOCIÓN DE ÁCIDO
SULFÚRICO EN EL TRATAMIENTO CON AGUA DE MAR

Etapa	% de Remoción de Ácido Sulfúrico		
	R=20	R=10	R=5
1	72.2%	65.9%	61.9%
2	89.3%	88.1%	83.0%
3	94.2%	93.6%	90.3%
4	96.3%	96.0%	93.5%
5	97.1%	96.9%	95.2%
6	97.6%	97.4%	96.2%
7	97.9%	97.7%	96.8%
8		97.9%	97.2%
9			97.5%
10			97.6%
11			97.7%

Se caracterizó la corriente ácida generada por este tratamiento (Ver Cuadro N° 9), Así mismo se realiza una comparación entre los volúmenes tratados de borra ácida, el volumen de agua de mar utilizado y el volumen de la corriente ácida generada (Ver Cuadro N° 10).

CUADRO N° 9
CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE ACIDA GENERADA
 (AGUA DE MAR)

Análisis	Método	R=20	R=10	R=5
.Ph	MN-2550B	2.57	2.23	1.88
Conductividad (mS)	MN-2510B	53500	53600	68400
S.T.D (p.p.m.)	MN-2540B	31000	34200	44100
Aceites y Grasas (p.p.m.)	MN-5520C	80.9	56.0	46.8
Fenoles (mg / m ³)	MN-6630D	0.0	0.0	0.0
Metales				
Plomo (p.p.m.)	MN -3500-PB	0.028	0.016	0.035
Hierro (p.p.m.)	ASTM D1068-84	0.78	2.83	9.73
Cromo (p.p.m.)	MN 3500-CR	0.11	0.48	1.22
Bario (p.p.m.)	MN HACH	0.014	0.013	0.017
Cadmio (p.p.m.)	MN 9500-CD	0.0	0.0	0.0

CUADRO N° 10
COMPARACION DE VOLÚMENES DE LA CORRIENTE ÁCIDA
GENERADA PARA DIFERENTES RELACIONES
 (AGUA DE MAR)

	R=20	R=10	R=5
Borra ácida (Kg.) al Tratamiento (*)	3414	3414	3414
Volumen de agua de mar / extracción(M ³)	68.28	34.14	17.07
Número de Extracciones Sucesivas.	7	8	11
Volumen de Efluente Generado (M ³)	478	273	188

(*) Por tanda de producción, según los datos estadísticos de producción de aceites lubricantes de Refinería Talara.

3.1.10.2 Agua Dulce.

Se llama agua dulce al agua potable del eje Paita-Talara cuyas características se presentan en el Cuadro N° 11.

**CUADRO N° 11
CARACTERÍSTICAS DEL AGUA DULCE**

Análisis	Método	Resultados
.Ph	MN-2550B	7.8
Conductividad (μ S)	MN-2510B	988
S.T.D (p.p.m.)	MN-2540B	507
Aceites y Grasas (p.p.m.)	MN-5520C	0.0
Fenoles (mg/m^3)	MN-6630D	0.0
Metales		
Plomo (p.p.m.)	MN -3500-PB	0.03
Hierro (p.p.m)	ASTM D-1068-84	0.11
Cromo (p.p.m.)	MN 3500-CR	0.0022
Bario (p.p.m.)	MN HACH	0.06
Cadmio (p.p.m.)	MN 9500-CD	0.00084

Para una relación de R igual a 20, 10 y 5. se logra una eficiencia del 98.1%, 98.0% y 98.0% de remoción de ácido en la etapa N° 6, 7 y 11 respectivamente (Ver Cuadro N° 12)

CUADRO N° 12
EFICIENCIA PROMEDIO DE REMOCIÓN DE ÁCIDO
SULFÚRICO EN EL TRATAMIENTO CON AGUA DULCE

Etapa	% de Remoción de Ácido Sulfúrico		
	R=20	R=10	R=5
1	75.1%	74.7%	63.4%
2	91.2%	90.7%	83.4%
3	95.5%	94.8%	91.2%
4	97.1%	96.5%	93.8%
5	97.7%	97.3%	95.3%
6	98.1%	97.7%	96.2%
7		98.0%	96.7%
8			97.1%
9			97.4%
10			97.7%
11			98.0%

Se caracterizó el efluente ácido generado mediante este (Ver Cuadro N° 13), Así mismo se realizó una comparación entre los volúmenes tratados de borra ácida, el volumen de agua de dulce utilizado y el volumen de la corriente ácida generada (Ver Cuadro N° 14).

CUADRO N° 13
CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE ÁCIDA GENERADA
 (AGUA DULCE)

Análisis	Método	R=20	R=10	R=5
pH	MN-2550B	1.80	1.63	1.52
Conductividad (mS)	MN-2510B	5.62	10.28	23.5
S.T.D (p.p.m.)	MN-2540B	4070	6000	19000
Aceites y Grasas (p.p.m.)	MN-5520C	80.1	55.2	46.0
Fenoles (mg / m ³)	MN-6630D	28	26	31
Metales				
Plomo (p.p.m.)	MN -3500-PB	0.035	0.035	0.040
Fierro (p.p.m.)	ASTM D-1068-84	8.37	9.37	16.10
Cromo (p.p.m.)	MN 3500-CR	0.37	0.27	0.37
Bario (p.p.m.)	MN HACH	0.045	0.045	0.050
Cadmio (p.p.m.)	MN 9500-CD	0.0	0.0	0.0

CUADRO N° 14
VOLUMEN DE LA CORRIENTE ÁCIDA GENERADA PARA DIFERENTES
RELACIONES
 (AGUA DULCE)

	R=20	R=10	R=5
Borra ácida (Kg.) al Tratamiento (*)	3414	3414	3414
Volumen de agua de Mar / Extracción (M ³)	68.28	34.14	17.07
Número de Extracciones Sucesivas	6	7	11
Volumen de Efluente Generado (M ³)	410	239	188

(*) Por tanda de producción, según los datos estadísticos de producción de aceites lubricantes de Refinería Talara.

3.1.10.3 Soluciones de Hidróxido de Sodio.

La característica principal de este solvente es su capacidad de neutralización del ácido sulfúrico residual presente en la borra ácida, mientras que su desventaja es la de solubilizar a los compuestos mercaptánicos y fenólicos presentes. Las características de las soluciones cáusticas se muestran en el Cuadro N° 16.

En este caso se realiza un número determinado de extracciones con soda, como se aprecia en el Cuadro N° 15. Esto debido a que si se continua extrayendo con soda la borra ácida se solubilizará y por consiguiente la separación sólido-líquido no será satisfactoria, teniendo que continuar las extracciones con agua dulce.

CUADRO N° 15
NUMERO DE EXTRACCIONES CON SODA CAUSTICA

NaOH. (%Peso) R	Número de extracciones con soda	
	0.5	1.0
>20	N.R.	N.R.
20	1	N.R.
10	1	1
5	2	1
<5	N.H.	N.H.

N.R. .- No recomendable, la borra ácida solubiliza.

N.H. .- No se hizo, dificultad en la agitación.

CUADRO N° 16
CARACTERÍSTICAS DE LAS SOLUCIONES CÁUSTICAS

Análisis	Método	NaOH. (%Peso)	
		0.5	1.0
.pH	MN-2550B	12.2	12.5
Conductividad (mS)	MN-2510B	29700	58200
S.T.D (p.p.m.)	MN-2540B	16700	34600
Aceites y Grasas (p.p.m.)	MN-5520C	0.0	0.0
Fenoles (mg/m ³)	MN-6630D	0.0	0.0

Este tratamiento se realizó para R igual a 20, 10 y 5, dependiendo del tipo de solución de soda utilizada. Por ejemplo para R = 20 y soda al 0.5% en peso se alcanzó una eficiencia del 98% de remoción de ácido sulfúrico residual en la etapa 5 de extracción (Ver Cuadro N° 17).

CUADRO N° 17
EFICIENCIA PROMEDIO DE REMOCIÓN DE ACIDO SULFURICO EN EL TRATAMIENTO CON SOLUCIONES CAUSTICAS

Etapa	% de Remoción de Acido Sulfúrico				
	NaOH. (0.5 % Peso)			NaOH. (1.0 % Peso)	
	R=20	R=10	R=5	R=10	R=5
1	90.8%	86.7%	74.4%	88.5%	82.9%
2	95.3%	95.0%	88.2%	96.4%	92.5%
3	97.5%	97.2%	94.1%	97.6%	95.8%
4	97.7%	97.6%	96.5%	98.3%	97.6%
5	98.0%	97.9%	96.9%		98.1%
6		98.1%	97.3%		
7			97.6%		
8			97.9%		
9			98.1%		

Se caracterizó la corriente ácida generada por este tratamiento (Ver Cuadro N° 18), Así mismo se realizó una comparación entre los volúmenes tratados de borra ácida, agua dulce, solución cáustica y el volumen de la corriente ácida generada (Ver Cuadro N° 19)

CUADRO N° 18
CARACTERÍSTICAS DE LA CORRIENTE Ácida GENERADA
(SOLUCIONES CÁUSTICAS)

Análisis	Método	NaOH. (0.5 % Peso)			NaOH. (1.0 % Peso)	
		R=20	R=10	R=5	R=10	R=5
.pH	MN-2550B	1.88	1.55	1.40	1.63	1.19
Conductividad (mS)	MN-2510B	5.62	10.28	23.5	12.93	27.2
S.T.D (p.p.m.)	MN-2540B	4070	6000	19000	9660	18600
Aceites y Grasas (p.p.m.)	MN-5520C	50.9	53.2	64.2	34.8	43.2
Fenoles (mg / m ³)	MN-6630D	31200	108000	55800	76100	85500

CUADRO N° 19
VOLÚMEN DE LA CORRIENTE Ácida GENERADA A TRATAR PARA
DIFERENTES RELACIONES Y CONCENTRACIONES DE SODA

	NaOH. (0.5 % Peso)			NaOH. (1.0 % Peso)	
	R=20	R=10	R=5	R=10	R=5
Borra ácida (Kg.) al Tratamiento (*)	3414	3414	3414	3414	3414
Volumen de agua de Mar / Extracción (M ³)	68.28	34.14	17.07	68.28	34.14
Número de Extracciones Sucesivas	5	6	9	4	5
Volumen de Efluente Generado (M ³)	341.4	204.84	153.6	273.12	170.7

(*) Por tanda de producción, según los datos estadísticos de producción de aceites lubricantes de Refinería Talara.

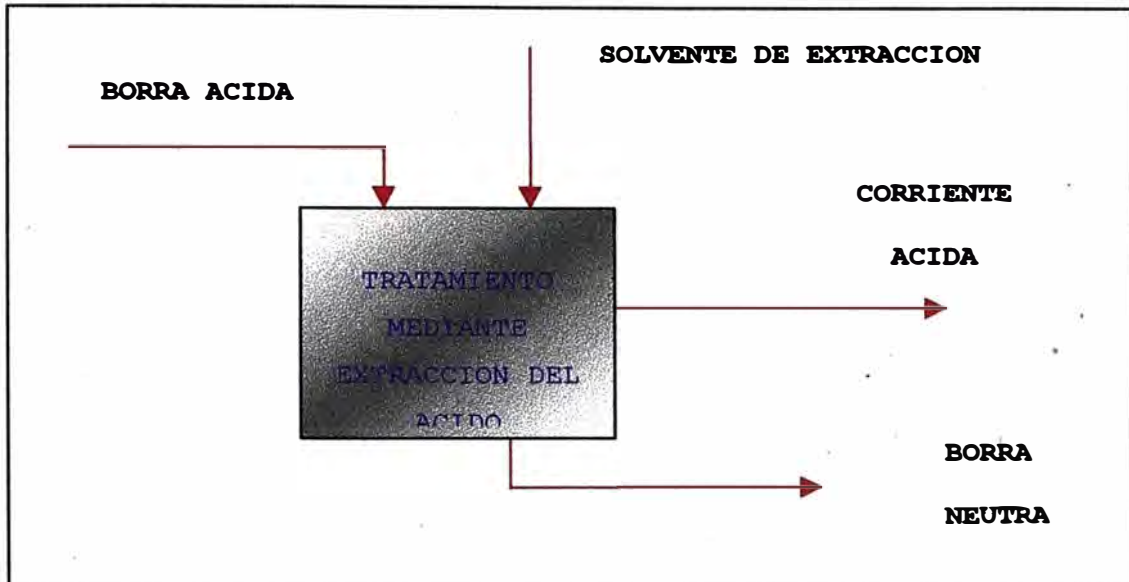
3.1.11 Diagrama de bloques del Tratamiento.

Figura N°1 Diagrama de bloque para el sistema de tratamiento por extracción del ácido.

3.2 TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA CON SODA.

3.2.1 Objetivo Del Tratamiento.

Determinar la posibilidad de utilizar el sistema de tratamiento con soda gastada para el tratamiento de la borra ácida.

3.2.2 Descripción general.

La borra ácida es mezclada con soda de diferentes concentraciones en peso a diferentes relaciones.

La mezcla es calentada hasta lograr solubilizar toda la borra ácida.

Este procedimiento se realiza utilizando soda nueva (no utilizadas en la Planta de Tratamientos) y soda gastada de la Planta de Tratamientos.

En la planta de tratamientos se realiza la separación de los compuestos mercaptánicos de los combustibles producidos por
REFINERÍA TALARA

Luego de determinar que tanto la soda nueva como la soda gastada solubilizan a la borra ácida, se realizaron los análisis de ROQ, sulfuros, fenoles, mercaptanos y aceites y grasas. Esto es debido a que la tecnología de tratamiento de soda gastada "**ZIMPRO**", coloca límites para estos

contaminantes, dichos limites se muestran en el Cuadro N° 20.

CUADRO N° 20
RANGO TIPICO DE CONTAMINANTES EN SODA GASTADA

Contaminante	Rango (p.p.m.)
ROQ (p.p.m.)	20000 a 50000
Sulfuros (p.p.m.)	0 a 40000
Fenoles Totales (p.p.m.)	0 a 80000
Mercaptanos (p.p.m.)	0 a 30000
Tiosulfatos (p.p.m.)	0 a 20000

3.2.3 Determinación de la solubilidad de la borra ácida.

Para determinar la solubilidad se realizaron pruebas experimentales en el laboratorio de REFINERIA TALARA, determinándose que para una temperatura de 92 °C y relación R mayor o igual a 20 y una soda nueva de 4% en peso toda la borra ácida solubiliza.

En el Cuadro N° 21 se muestra la solubilidad de la borra ácida frente a diferentes relaciones R y diferentes concentraciones en peso de soda nueva, mientras que en el Cuadro N° 22 se hace lo mismo con soda gastada.

CUADRO N° 21
SOLUBILIDAD DE LA BORRA ÁCIDA EN SODA NUEVA

NaOH % en peso	Solubilidad				
	R=100	R=20	R=12.5	R=10	R=6.6
1	90%	25%			
2	100%	86%			
4	100%	100%	98%	98%	41%

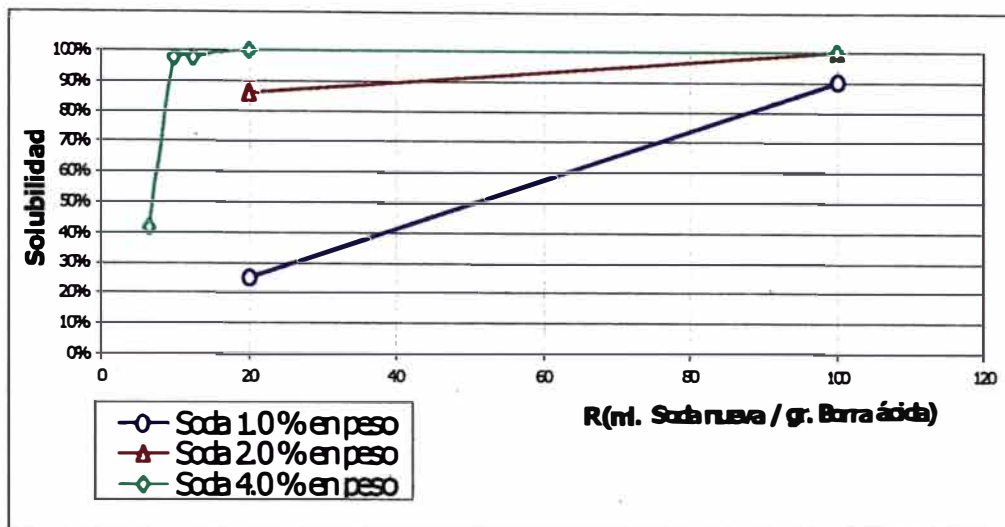


Figura N°2 Solubilidad de la borra ácida en soda nueva.

CUADRO N° 22

SOLUBILIDAD DE LA BORRA ÁCIDA EN SODA GASTADA

NaOH % en peso	Solubilidad		
	R=100	R=20	R=12.5
1	94.5%	13.7%	
2	100%	100%	99.4%
4	100%	99.9%	

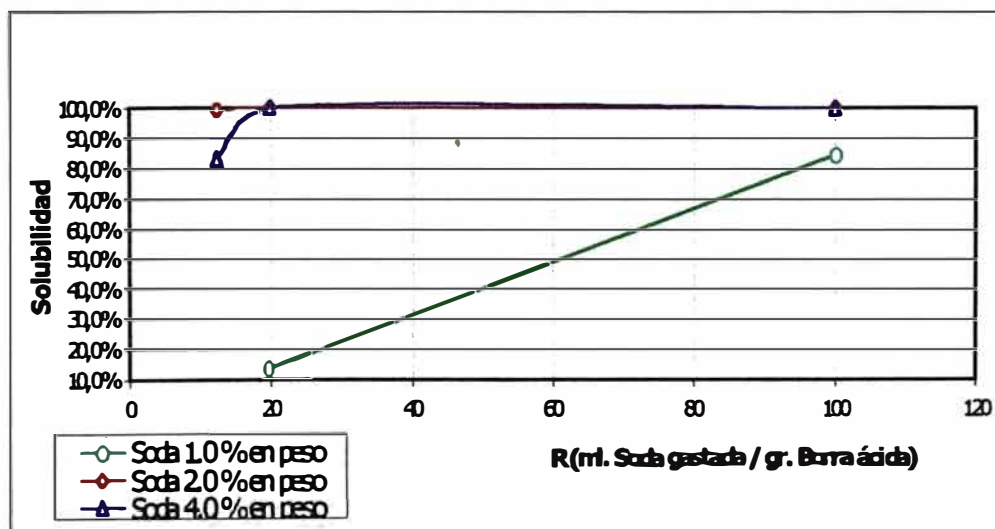


Figura N°3 Solubilidad de la borra ácida en soda gastada.

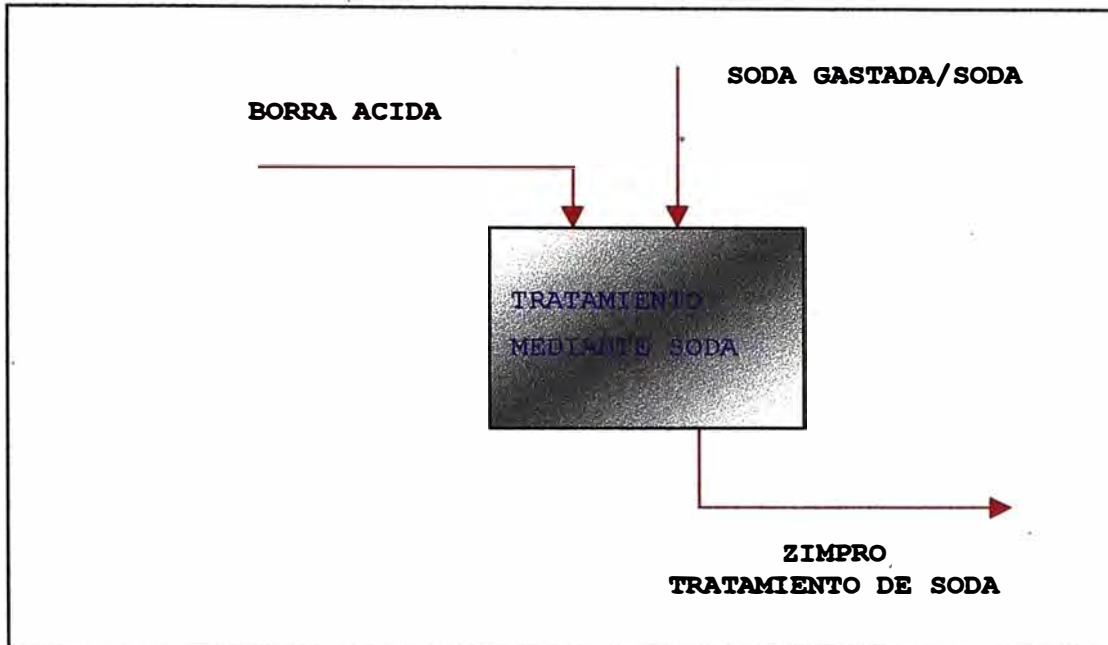
3.2.4 Diagrama de Bloques del Tratamiento.

Figura N°4 Diagrama de bloques para el sistema de tratamiento con soda.

3.3 CONCLUSIONES

TRATAMIENTO MEDIANTE EXTRACCIÓN DEL ACIDO

- Es posible remover el ácido sulfúrico presente en la borra ácida mediante el tratamiento con extracción del ácido.
- Producto del tratamiento mediante extracción del ácido se genera dos corrientes, el solvente ácido (corriente ácida) y la borra neutra.
- El solvente óptimo para realizar el tratamiento mediante extracción del ácido es el agua de mar.
- El incremento en la temperatura del solvente de extracción no incrementa significativamente la remoción del ácido presente en la borra.
- El cambio de solvente después de un tiempo de extracción de 20 minutos favorece la remoción de ácido presente en la borra.
- El gradiente del porcentaje de remoción de ácido sulfúrico disminuye al aumentar las etapas de extracción.
- Es posible remover el ácido presente en la borra hasta un 98 por ciento utilizando agua de mar, siete etapas y $R=20$.
- A mayor R , la remoción del ácido se hace más rápida.

- Existe mayor transferencia de fenoles al solvente de extracción cuando se utiliza soluciones cáusticas para el tratamiento de las borras ácidas.
- Se debe realizar el tratamiento de la corriente ácida por contener compuestos potencialmente peligrosos al ambiente.

TRATAMIENTO CON SODA GASTADA

- Es posible el tratamiento de la borra ácida con soda gastada y sodas nuevas.
- Producto del tratamiento de la borra ácida con soda se obtiene una corriente que necesita otro tipo de tratamiento por el alto contenido de compuestos contaminantes que contiene.
- La borra ácida se disuelve totalmente en la soda gastada.
- Se favorece la solubilidad de la borra en la soda con el incremento de la temperatura de mezclado.
- A mayor R, se favorece la solubilización de la borra en la soda.

CAPITULO IV

DESTINO DE LAS CORRIENTES GENERADAS EN LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA

El presente capítulo comprende pruebas de laboratorio para las corrientes generadas en los sistemas de tratamiento para la borra ácida (extracción de la ácido y tratamiento mediante soda).

Para el sistema de tratamiento de extracción del ácido se caracterizan las dos corrientes de salida que son: " borra neutra" y la corriente ácida producto de la extracción.

Se denomina borra neutra a la borra ácida después del tratamiento mediante extracción del ácido.

La semejanza de la borra neutra a un asfalto y la poca presencia de ácido en esta, hace su posible reutilización.

De la caracterización de la borra neutra se realizó mezclas con productos petroleros como: Petróleo Industrial N°5, Petróleo Industrial N°6, Residual Asfáltico, Petróleo 500, Base Asfáltica 80-100 y Base Asfáltica 60-70 con la finalidad de utilizar la parte hidrocarburo presente en ella.

Se observó que las mezclas borra neutra base asfáltica son las óptimas, por esta razón se realizaron pruebas de mezclado borra neutra - base asfáltica con diferentes relaciones en peso a fin de hallar la relación óptima de mezclado que permita la reutilización de la borra.

Acerca de la Corriente Acida se realiza la caracterización, con la finalidad de hacer un tratamiento posterior, debido a las características que tiene no puede ser dispuesta en el medio por contener elementos peligrosos (fenoles y sulfuros).

4.1 CORRIENTES DE SALIDA DEL TRATAMIENTO POR EXTRACCIÓN DEL ACIDO

4.1.1 BORRA NEUTRA

4.1.1.1 Características de la borra neutra generada en el tratamiento por extracción del ácido.

Las características que se evaluaron en la borra neutra fueron del tipo físico, la parte química se analizó en forma similar al solvente y la borra ácida.

A partir de resultados obtenidos del análisis de la corriente ácida generada en el tratamiento mediante extracción del ácido se pudo notar la presencia de metales producto de la transferencia, lo que hace que la cantidad de metales disminuya en la borra original.

La transferencia del ácido al solvente (agua) es del orden de 98 % en peso del ácido presente originalmente dato obtenido a partir del tratamiento de la borra ácida mediante extracciones con agua de mar.

En teoría los parafínicos, aromáticos polares, aromáticos nafténicos, asfáltenos son insolubles en el agua de extracción, pero del análisis de agua de mar determinamos también la transferencia de aceites. Para la caracterización de la borra neutra se consideran estos como parte de los hidrocarburos.

Se determinó la cantidad de humedad presente en la borra neutra, que es producto del agua de extracción remanente después de las extracción del ácido.

En el Cuadro N° 23 presentamos la caracterización de la borra neutra producto del tratamiento mediante extracción del ácido.

CUADRO N° 23
CARACTERIZACION DE LA BORRA NEUTRA

PRUEBAS FÍSICAS	METODO	RESULTADO
Apariencia	VISUAL	SOLIDA
Consistencia	VISUAL	GRANULAR
Densidad (gr./ml.)	ASTM D 70	1.1
Color		VERDE-NEGRO
Olor		HIDROCARBURO
PRUEBAS QUÍMICAS	METODO	RESULTADO
Composición Química		
Insolubles en N-Heptano, % peso	ASTM D 3279	80.9
Saturados % peso	ASTM D4124-91	0.9
Aromáticos Nafténicos, % peso	ASTM D4124-91	16.1
Aromáticos Polares, % peso	ASTM D4124-91	0.7
Humedad, % peso		0.55
Acido Sulfúrico, % peso		0.71
Cenizas, % peso		0.12
Contenido de Metales		
Bario(p.p.m)	HACH	428
Cromo(p.p.m)	MN 3500 Cr-D	0.2
Plomo(p.p.m)	MN 3500 Pb-D	45.18
Cadmio(p.p.m)	MN 3500 Cd-D	0.08
Fierro (p.p.m)	ASTM D 1068-84	806
Otros Componentes		
Sulfuros (p.p.m)	MN 4500-S	*
Mercaptanos (p.p.m)	ASTM D 3227	*
Fenoles (p.p.m)	MN 5530 Hg-D	*

* No se analizó

4.1.1.2 Reutilización de la borra neutra

Después del tratamiento de la borra ácida mediante extracción del ácido usando como solvente agua de mar a R=20 y obteniendo una remoción de ácido sulfúrico presente en la borra ácida del 98.0% en promedio, se optó por hacer mezclas de la borra neutra.

Las prueba más importante para la reutilización de la borra neutra es su solubilidad con los productos de mezclado. En primera instancia se procedió a medir la solubilidad en forma visual, para luego ir afinando dependiendo del tipo de producto de mezcla.

Los productos pesados evaluados fueron: Petróleo Industrial N° 5, Petróleo Industrial N° 6, Residual Asfáltico, Petróleo 500, Base Asfáltica 80-100, Base Asfáltica 60-70.

Para la evaluación de solubilidad se realizaron mezclas borra neutra / base asfáltica, las cuales se expresan como relación en peso, que representa la borra neutra de la base asfáltica por ejemplo 1/100, significa 1 gramo de borra neutra y 100 gramos de base asfáltica.

Para todos los casos la prueba se hizo en caliente, a 85 °C la temperatura de la borra neutra, la

temperatura del producto de mezcla y los resultados obtenidos se indican en el Cuadro N° 24.

CUADRO N° 24
MEZCLAS DE BORRA NEUTRA CON PRODUCTOS PESADOS DE REFINERIA
TALARA

PRODUCTO	Temperatura de Mezcla (°C)	OBSERVACION
Petróleo Industrial N° 5	112	No soluble.
Petróleo Industrial N° 6	112	No es soluble.
Residual Asfáltico	112	Ligeramente soluble, presenta grumos.
Petróleo 500	112	No es soluble.
Base Asfáltica 80-100	112	Buena solubilidad
Base Asfáltica 60-70	112	Buena solubilidad

Del Cuadro N° 24 se observa que hay buena solubilidad en mezclas de borra neutra con bases asfálticas, por esta razón se realizaron pruebas mezclando borra neutra / base asfáltica con diferentes relaciones en peso a fin de hallar la relación óptima de mezclado que permita la reutilización de la borra.

4.1.1.3 Bases asfálticas.

En general la base asfáltica es un Asfalto refinado para satisfacer especificaciones establecidas para los materiales empleados en pavimentación. Las penetraciones normales de las bases asfálticas están comprendidas entre 40 y 300. En Refinería Talara se procesan dos tipos de bases asfálticas (80-100, 60-70).

Como todo producto de refinería las bases asfálticas pasan por un control de calidad.

A continuación se describen algunas de las pruebas de laboratorio necesarias para determinar la calidad las bases asfálticas.

Penetración. El ensayo de penetración determina la consistencia relativa de la base asfáltica, midiendo la distancia a que una aguja de normalizada penetra verticalmente en una muestra de asfalto en condiciones especificadas de temperatura, carga y tiempo. Cuando no se mencionan específicamente otras condiciones, se entiende que la medida de penetración se hace a 25 °C, que la aguja esta cargada con 100 g y que la carga se aplica durante 5 segundos. La penetración determinada en estas condiciones se llama penetración normal. La Unidad penetración es la décima de milímetro. Este ensayo se realiza con la Norma ASTM D - 5.

Viscosidad. La finalidad del ensayo es determinar el estado de fluidez de los asfaltos a las temperaturas que se emplean durante su aplicación. La viscosidad o consistencia de la base asfáltica se mide en el ensayo de viscosidad cinemática. Norma D - 2170.

Punto de Inflamación. El punto de inflamación de la base asfáltica indica la temperatura a la cual puede calentarse la base asfáltica sin peligro de inflamación en presencia de llama libre. El punto de inflamación de la base asfáltica se mide por el ensayo de vaso abierto Cleveland según las condiciones normalizadas en ASTM D 92.

Ductilidad. La ductilidad es una característica de las bases asfálticas importante en muchas aplicaciones. Las bases asfálticas dúctiles tienen normalmente mejores propiedades aglomerantes que aquellos a los que le falta esta característica. Norma ASTM D - 113.

Solubilidad. El ensayo de solubilidad determina el contenido de base en una base asfáltica. La porción de base asfáltica soluble en Tetracloruroetileno está constituida por elementos aglomerantes. Norma ASTM D - 2042.

Ensayo de Susceptibilidad Térmica. Este ensayo se emplea para preveer el endurecimiento que puede

esperarse se produzca en una base asfáltica durante las operaciones de mezclado en la instalación mezcladora.

Esta tendencia al endurecimiento se mide por ensayos de penetración realizados antes y después del tratamiento en una estufa. Norma ASTM D - 1764.

Acerca de la caracterización de las bases asfálticas producidas en Refinería Talara se presentan en el Cuadro N° 25 en el cual se hace una comparación con bases asfálticas producidas a partir de diferentes tipos de crudos.

CUADRO N° 25
COMPOSICION DE BASES ASFALTICAS PRODUCIDAS A PARTIR DE
DIFERENTES TIPOS DE CRUDO (Norma ASTM D 4121 - 91)
(% EN PESO)

Hidrocarburos	CRUDO O.N.O (TALARA)	CRUDO SELVA	C.O.E	MESA (VENEZUELA)
Asfalténos	5.8	19.4	22.6	9.5
Aromáticos	4.4	10.3	14.1	12
Polares				
Aromáticos	48.6	32.7	33.1	43.2
Nafténicos				
Saturados	41.2	37.6	30.2	35.2

A partir de experiencias realizadas para asfaltos en el laboratorio de Refinería Talara se conocen algunas características de los hidrocarburos que conforman la base asfáltica con respecto a sus propiedades en general.

Por ejemplo, Los saturados y los aromáticos nafténicos actúan como ablandadores o plastificantes.

Los asfáltenos son sólidos coloidalmente dispersados en una mezcla de los otros tres componentes. Si sólo se tuviera hidrocarburos saturados y polar aromático, el asfalto tendría muy pobre Susceptibilidad Térmica.

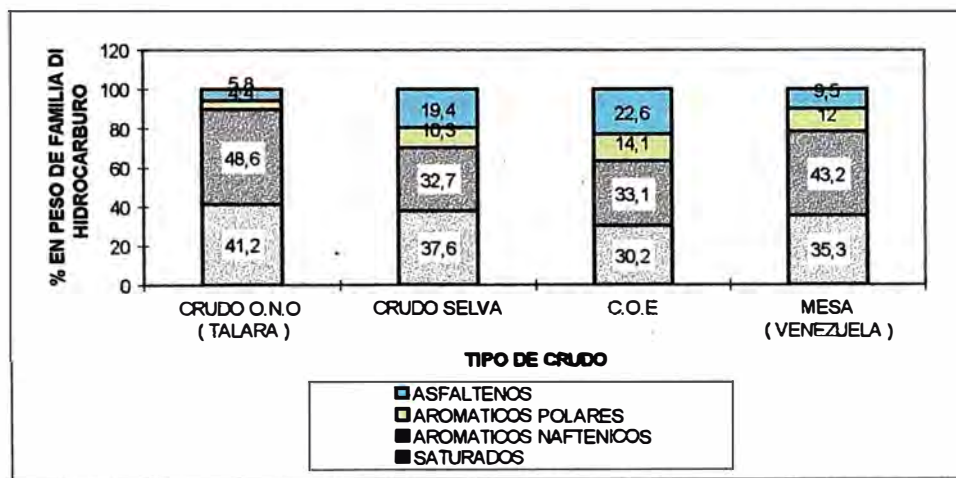


Figura N°5 Composición Química de Bases Asfálticas.

La acción del aire origina que los aromáticos nafténicos se conviertan a aromáticos polares éstos a asfáltenos mientras que los saturados permanecen constantes.

4.1.1.4 Mezclas de borra neutra con bases asfálticas.

A partir de las experiencias realizadas con la borra neutra y los productos pesados de refinería se eligieron a las bases asfálticas como productos óptimos para reutilizar la borra neutra.

La solubilidad de la borra neutra en la base asfáltica puede atribuirse a su composición química puesto que tienen los mismos componentes de hidrocarburos.

En el Cuadro N° 26 se muestra la composición química de la borra ácida y la base asfáltica obtenida a partir de un crudo O.N.O.

CUADRO N° 26
COMPOSICION QUIMICA DE BASE ASFALTICA A PARTIR DE CRUDO
O.N.O Y DE BORRA ACIDA
(% EN PESO)

Hidrocarburo	CRUDO O.N.O (TALARA)	BORRA ACIDA
Asfáltenos	5,8	82,1
Aromáticos	4,4	0,6
Polares		
Aromáticos	48,6	16,3
Nafténicos		
Saturados	41,2	1,0

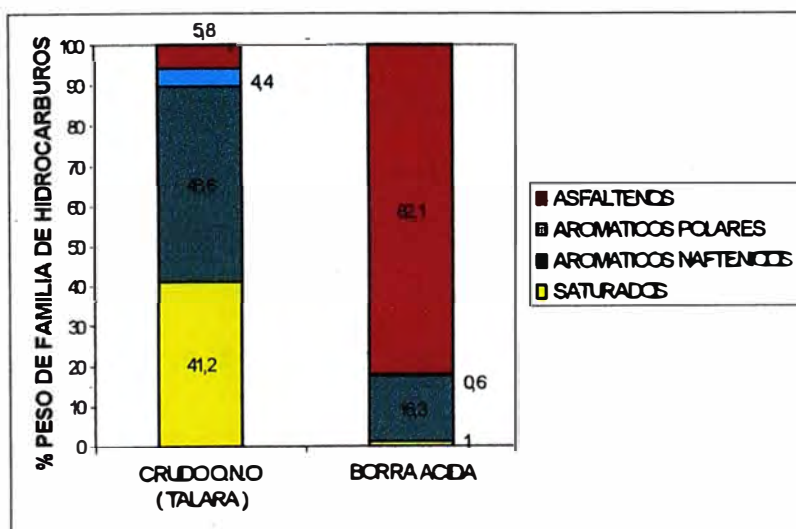


Figura N°6. Composición Química de Base Asfáltica y Borra Neutra.

En la figura N° 6 se muestra la composición de la base asfáltica y de la borra ácida.

Se mezclaron las bases asfálticas con borra neutra a diferentes relaciones en peso dependiendo del tipo de base a mezclar, y se evaluaron según las propiedades que se analizan a una base asfáltica propiamente dicha (penetración, Ductilidad, Punto de Inflamación, Viscosidad a 100 °C, etc.).

La penetración en la mezcla borra neutra base asfáltica original disminuye a medida que se aumenta la relación borra neutra / base asfáltica, para cualquier tipo de base asfáltica.

Para el caso de la base asfáltica 80-100 se hicieron mezclas con borra neutra obtenida a partir de 1, 4 y 7 extracciones sucesivas utilizando agua de mar y $R=20$, a fin de hallar el número de extracciones óptimas.

4.1.1.4.1 Mezclas borra neutra con base asfáltica

80/100

Las mezclas de base asfáltica 80/100 con borra neutra, se hicieron utilizando borra

neutra producto de 1, 4, 7 extracciones sucesivas con agua de mar y $R=20$.

Se encontró que la mezcla base asfáltica 80/100 con borra neutra de 7 extracciones sucesivas es la más apropiada para hacer las mezclas debido a que las propiedades físico - químicas quedan dentro del marco de la especificación hasta una relación máxima de mezcla de 3/100 de borra neutra.

En el Cuadro N° 27 se muestra los resultados obtenidos después de hacer las mezclas base 80/100 con borra neutra, la borra neutra se obtuvo mediante 7 extracciones sucesivas con agua de mar y $R=20$.

CUADRO N° 27
MEZCLAS DE BASE ASFALTICA 80/100 CON BORRA NEUTRA

BASE ASFALTICA PROPIEDADES	MÉTODO ASTM	Especificaciones	Base Original	Mezcla 1/100	Mezcla 3/100	Mezcla 5/100
Gravedad API a 15,6 °C	D - 70	N.E	10,3	10,3	9,9	9,8
Gravedad Especifica a 15,6 °C	D - 70	N.E	0,9981	0,9989	1,0004	1,0014
Punto de Inflamación, °C	D - 92	>232	304	299	298	293
Viscosidad Cinemática, cst. A 100 °C	D - 2170	N.E	2198	2430	2536	2814
Penetración a 25 °C, 100gr. 5 seg, 0,1 mm.	D - 5	>80, <100	85	82	81	77
Punto de Ablandamiento, °C	D - 36	N.E	44	44	45	48
Adherencia, %	D - 1664	N.E	>95	>95	>95	>95
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D - 113	>100	150	150	150	150
Insolub. En Tricloroetileno, % masa	D - 2042	>99	99,98	99,8	99,0	99,0
Contenido de Agua, % vol.	D - 95	N.E	0,0	0,0	0,0	0,0
SUCEPTIBILIDAD TERMICA						
Prueba de Calentamiento sobre lámina fina	D - 1764					
Pérdida por Calentamiento, % masa		<1	0,32	0,57	0,47	0,46
Penetración retenida, % del original		>47	66	60	58	58
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/mm, cm		>75	150	135	113	90
Punto de Ablandamiento, °C		N.E	48	50	53	53

E = NO ESPECIFICADO

Por comparación de valores del Cuadro N° 27 se deduce que la relación máxima de mezcla es de 3/100 en peso de borra neutra, debido a que para una relación de 5/100 en peso la mezcla sale fuera de especificación en cuanto a penetración que es la característica más importante de la base asfáltica.

Como a relaciones en peso mayores de 3/100 disminuye la penetración en la mezcla

entonces se evaluó la posibilidad de agregar borra neutra a la base asfáltica con la finalidad de llegar a una penetración semejante de una base asfáltica del tipo 60/70, siempre teniendo en cuenta de cumplir con todas las especificaciones señaladas para ese tipo de base asfáltica.

El resultado de estas pruebas fue que la propiedad que salía fuera de especificación era la Ductilidad por lo que no se continuó haciendo el análisis de susceptibilidad térmica.

En el Cuadro N° 28 se muestra el resumen de los resultados obtenidos.

CUADRO N° 28
MEZCLAS BASE ASFALTICA 80-100 CON BORRA NEUTRA
(PARA BASES 60 - 70)

BASE ASFALTICA PROPIEDADES	METODO Especifica ASTM ciones	Base Original	Mezcla 8/100	Mezcla 10/100	
Gravedad API a 15,6 °C	D - 70	N.E	10,4	9,3	9,7
Gravedad Especifica a 15,6 °C	D - 70	N.E	0,9975	1,0046	1,0016
Punto de Inflamación ,°C	D - 92	>232	313	298	293
Viscosidad Cinemática, cst. a 100 °C	D - 2170	N.E	2175	3802	> 4000
Penetración a 25 °C, 100gr. 5 seg, 0,1 mm.	D - 5	>60,<70	94,4	73	66
Punto de Ablandamiento, °C	D - 36	N.E	46	47	51
Adherencia, %	D - 1664	N.E	>95	>95	>95
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D - 113	>100	150	40	30
Solub. En Tricloroetileno, % masa	D - 2042	>99	99,98	99,98	99,3
Contenido de Agua, % vol.	D - 95	N.E	0,0	0,0	0,0

**4.1.1.4.2 Mezclas borra neutra con base asfáltica
60/70**

La propiedad que se ve alterada es la ductilidad obteniéndose valores bajos para relaciones hasta de 1/100 de borra neutra, la penetración en este tipo de mezcla se ve ligeramente afectada encontrándose dentro de especificación.

Los resultados obtenidos en estas mezclas se presentan en el Cuadro N° 29.

**CUADRO N° 29
MEZCLAS BASE ASFALTICA 60-70 CON BORRA NEUTRA**

Gravedad API a 15,6 °C	D - 70	N.E	9,3	9,5	9,9
Gravedad Especifica a 15,6 °C	D - 70	N.E	1,00497	1,0035	1,0006
Punto de Inflamación , °C	D - 92	>232	298	307	321
Viscosidad Cinemática, cst. a 100 °C	D - 2170	N.E	2979	3170	3216
Penetración a 25 °C, 100gr. 5 seg, 0,1 mm.	D - 5	>60,<70	70	69	68
Punto de Ablandamiento, °C	D - 36	N.E	47	47	48
Adherencia, %	D - 1664	N.E	>95	>95	>95
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D - 113	>100	130	82	54
Solub. en Tricloroetileno % masa	D - 2042	>99	99,9	99,6	99,5
Contenido de Agua, % vol.	D - 95	N.E	0,00	0,00	0,00

4.1.2 CORRIENTE ÁCIDA.

4.1.2.1 Características de la corriente ácida

Las principales características de la corriente ácida generada en el tratamiento de la borra ácida mediante extracción del ácido usando como solvente agua de mar y R=20 se muestran en el Cuadro N° 30.

CUADRO N° 30
CARACTERISTICAS DE LA CORRIENTE ACIDA
(Agua de Mar y R=20)

Análisis	Resultado
pH.	2.57
Conductividad mS.	53500
S.T.D (p.p.m).	31000
Aceites y Grasas (p.p.m).	80.9
Fenoles (mg / m ³)	0.0
Contenido de Metales	
Plomo (p.p.m).	0.028
Fierro (p.p.m).	0
Cromo (p.p.m).	0.11
Bario (p.p.m).	0.014
Cadmio mg/l.	0.0

4.1.2.2 Tratamiento de la corriente ácida.

El tratamiento de la corriente ácida generada durante la extracción del ácido de la borra ácida usando como solvente agua de mar y $R=20$, consiste en el envío hacia el sistema de tratamiento de soda gastada que será implementado en refinería talara.

Es importante decir que se debe inyectar la corriente ácida como carga a tal sistema o en su defecto almacenarla junto a las sodas gastadas para su posterior envío.

En la figura N° 7 se muestra el diagrama de bloques correspondiente al tratamiento de la corriente ácida.

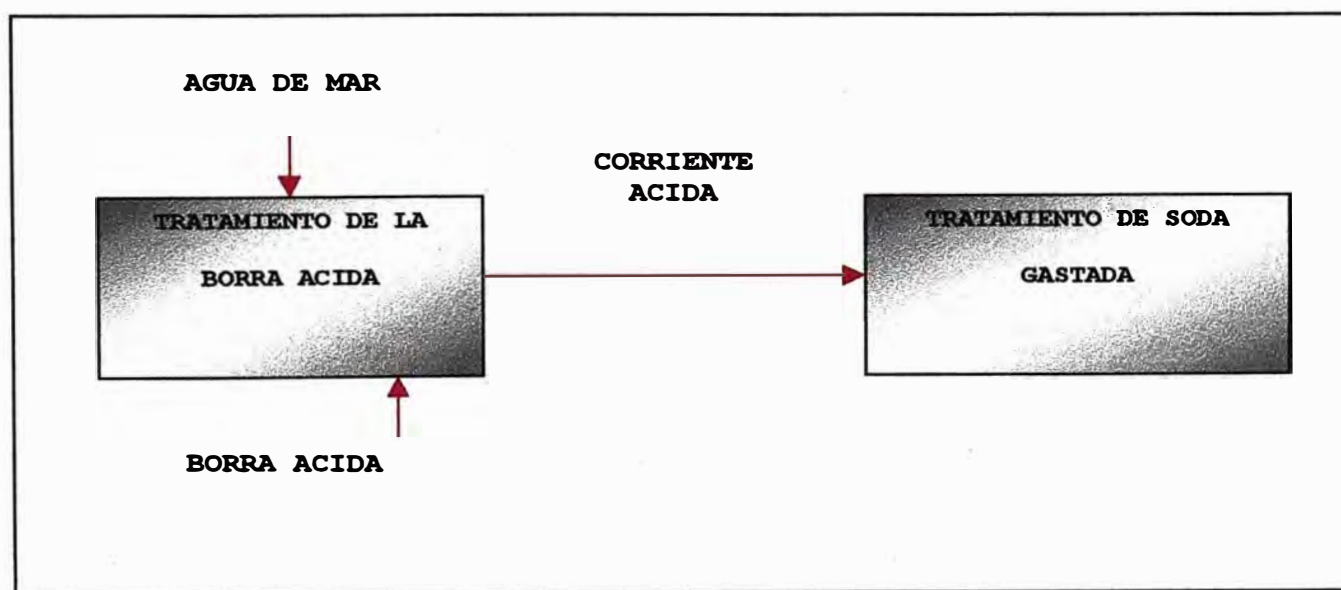


Figura N°7 Diagrama de bloques para el tratamiento de la corriente ácida generada en el tratamiento de la borra ácida mediante extracción del ácido.

4.2 CORRIENTES DE SALIDA DEL TRATAMIENTO MEDIANTE SODA

4.2.1 CARACTERISTICAS DE LAS MEZCLAS DE BORRA ÁCIDA CON SODA

En el tratamiento de la borra ácida mediante soda se genera una única corriente de salida que esta formada por la borra ácida solubilizada y soda.

Para los casos en los cuales la borra ácida es totalmente soluble tanto en soda nueva como en soda gastada, se realizaron los análisis de ROQ, sulfuros, fenoles, mercaptanos y aceites y grasa para ver si estos se encuentran entre los limites establecidos por la tecnología de tratamiento de soda gastada "ZIMPRO". Los resultados se muestran en los Cuadros N° 31 y N° 32.

CUADRO N° 31

CONTAMINANTES EN LA MEZCLA BORRA ÁCIDA SODA NUEVA

Contaminante	R=100	R=20
ROQ (p.p.m.)	19320	19960
Sulfuros (p.p.m.)	206	215
Fenoles Totales (p.p.m.)	231	244
Mercaptanos (p.p.m.)	26070	28960
Aceites y grasas (p.p.m.)	13080	19200

Nota.- Para las mezclas se utilizaron 100 ml. de soda.

CUADRO N° 32

CONTAMINANTES EN LA MEZCLA BORRA ÁCIDA SODA GASTADA

Contaminante	R=100	R=20
ROQ (p.p.m.)	22457	24320
Sulfuros (p.p.m.)	7231	7265
Fenoles Totales (p.p.m.)	723	755
Mercaptanos (p.p.m.)	27421	29837
Aceites y grasas (p.p.m.)	19245	25369

Nota.- Para las mezclas se utilizaron 100 ml. de soda.

Estos resultados muestran los componentes que tiene la corriente de salida del sistema de tratamiento mediante sodas.

Los contaminantes presentes en las mezclas no sobrepasan los límites permisibles, para destinar esta mezcla al sistema de tratamiento de sodas gastadas (ZIMPRO).

4.3 CONCLUSIONES

4.3.1 TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA POR EXTRACCIÓN DEL ACIDO.

4.3.1.1 BORRA NEUTRA

- La borra neutra es un producto con un alto contenido de hidrocarburos pesados.
- Existe afinidad química entre la borra neutra y la base asfáltica.
- Es posible mantener en especificación la base asfáltica 80/100 . después de mezclarla con borra neutra.
- El aumento de la cantidad de borra neutra en la mezcla disminuye la calidad de la base asfáltica.
- El aumento de temperatura de mezclado mejora la solubilidad de la borra neutra en la base asfáltica 80/100.
- Pequeños porcentajes de borra neutra afectan la ductilidad de la mezcla con base asfáltica 60/70 saliendo de especificación esta última.
- Se debe de realizar siete extracciones sucesivas en el tratamiento de la borra ácida utilizando como solvente agua de mar y $R=20$ para poder realizar las mezclas borra neutra - base asfáltica 80/100.

- La mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra se debe realizar a relaciones menores o iguales a 3/100 en peso de borra neutra.
- La mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra se debe realizar en caliente a una temperatura de 85 °C para la borra neutra.

4.3.1.2 CORRIENTE ACIDA

- Es posible el tratamiento de la corriente ácida con sistemas convencionales.
- La corriente ácida contiene compuestos peligrosos para el ambiente.
- La corriente ácida necesita un tratamiento previo antes de ser descargado al ambiente.
- Inyectar la corriente ácida como carga al sistema de tratamiento con soda gastada.

4.3.2 TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA MEDIANTE SODA

- Es posible el tratamiento de la corriente de salida del tratamiento de la borra ácida mediante soda.
- Se puede destinar la corriente de salida del tratamiento de la borra ácida mediante soda al sistema de tratamiento de soda gastada a implementarse en Refinería Talara.

CAPITULO V

ANALISIS PRELIMINAR DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS BORRAS

ACIDAS

De las pruebas realizadas en el laboratorio para los dos sistemas de tratamiento de las borras ácidas se puede analizar su aplicabilidad.

El primero de estos sistemas de tratamiento se basa en la extracción del ácido presente en la borra ácida utilizando como solvente agua de mar, obteniéndose luego del tratamiento un producto neutro denominado borra neutra; el cual es básicamente un asfalto que puede ser mezclado con bases asfálticas 80/100 sin modificar sus características. Y de esta manera, obtener un beneficio económico a partir de las borras ácidas.

Es importante resaltar que el sistema de tratamiento propuesto pretende utilizar equipos disponibles en Planta de Agitadores y Filtros, y reducir de esta manera el costo de inversión.

El segundo sistema de tratamiento de las borras ácidas utiliza la planta de tratamiento de soda gastada que será adquirido por Refinería Talara, el cual consiste en solubilizar la borra ácida utilizando soda gastada provenientes de Planta de Tratamientos Cáusticos, la concentración de soda gastada utilizada en la solubilización es 2% en peso, en caso de tener soda gastada de mayor concentración se utiliza agua dulce para diluir.

Los equipos utilizados en este tratamiento son los mismos que se tienen en Planta de Agitadores y Filtros. Este sistema en comparación con el anterior no brinda un beneficio económico.

El objetivo buscado con los sistemas de tratamiento es evaluar la posibilidad de tratamiento de las borras ácidas y de este modo, reducir los niveles de compuestos contaminantes presentes que lo hacen un residuo altamente peligroso, que finalmente llegan al ambiente.

Se realiza de este modo un análisis preliminar para los sistemas de tratamiento desde dos puntos de vista:

Ambiental

Económico

Punto de vista ambiental.

En ambos sistemas de tratamiento se elimina totalmente el problema de acidez presente en la borra ácida consiguiendo un producto de tratamiento neutro.

El impacto ambiental producido por los hidrocarburos provenientes de la borra ácida es minimizado significativamente con el uso del sistema de tratamiento por extracción del ácido, mientras que el tratamiento con soda gastada no soluciona este problema.

Es importante decir que actualmente la Refinería Talara dispone las borras ácidas en un relleno seguro para desechos industriales, de este modo reduce su efecto al ambiente. En tal sentido debemos mencionar que el sistema de tratamiento de la borra ácida vía soda, desde un punto de vista general, descarga finalmente la parte hidrocarburo al mar es así como este sistema no resulta factible, si lo comparamos con el sistema de disposición actualmente empleado en Refinería Talara.

Punto de vista económico

El análisis preliminar de los sistemas de tratamiento de la borra ácida desde el punto de vista económico considera los costos variables para cada sistema de tratamiento y el beneficio económico que se genera en el sistema de tratamiento de extracción del ácido debido al uso de la borra neutra en mezclas con bases asfálticas.

Se realiza el análisis preliminar considerando el tratamiento de una tanda de borra ácida equivalente a 3414 Kg asimismo se considera que para el tratamiento mediante extracción del ácido se recupera 2500 Kg de borra neutra utilizable en mezclas con bases asfálticas 80/100.

Se presenta además la utilidad asociada al tratamiento de la borra ácida mediante extracción del ácido debido a las mezclas de la borra neutra con bases asfálticas 80/100.

CUADRO N° 33
ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS ALTERNATIVAS DE
TRATAMIENTO DE LA BORRA ACIDA

	SISTEMA DE TRATAMIENTO			
	Extracción del ácido		Sodas	
Utilidad				
Borra Neutra (\$11.91/BBL)	14.3 BBL	\$ 167	0.0 BBL	\$ 0.0
Costo				
Agua Mar (\$0.08/1000 gal.)	126444 gal.	\$ 10	-	-
Agua Dulce (\$/.6.36/m ³)	-	-	38.6 m ³	\$ 79
Soda Gastada 4.6 % (S/. 0.0 /m ³)	-	-	29.7 m ³	\$ 0.0
Beneficio Económico		\$ 157		- \$ 79

A partir del Cuadro N° 33 se aprecia que el tratamiento de extracción del ácido ofrece mayores ventajas económicas que la alternativa con sodas.

De este modo podemos decir que el sistema de tratamiento vía extracción del ácido siempre implicará mayores ventajas económicas que el sistema mediante soda.

En tal sentido se desarrolla el diseño y especificación de los equipos necesarios para la implementación del sistema de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido.

CAPITULO VI

TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA - ENSAYOS A MAYOR ESCALA

En este capítulo se presenta la prueba de investigación realizada para fines de diseño en el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido a escala mayor a laboratorio.

Para esta prueba se utilizó como solvente de extracción agua dulce y $R=20$, se trataron 62 Kg. de borra ácida, la que fue triturada y alimentada al tanque de tratamiento en forma manual.

Para el tratamiento de la muestra de borra ácida se realizaron 4 etapas de extracción; y se determinó el % de remoción de ácido sulfúrico para cada una de ellas; también se realizó el tratamiento para la misma muestra a nivel laboratorio para luego comparar los resultados obtenidos.

6.1 Objetivo.

El objetivo de la prueba fue verificar los resultados obtenidos en el laboratorio.

6.2 Descripción general

A partir de los datos obtenidos en el laboratorio y del análisis preliminar de las alternativas de tratamiento de la borra ácida se seleccionó el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido utilizando como solvente agua dulce debido a la facilidad de contar con este tipo de solvente. Trabajando a un $R= 20$ ml de solvente /gr. de borra ácida.

6.2.1 Preparación de la borra ácida.

La borra ácida para el tratamiento para la prueba se obtuvo de la Planta de Agitadores y Filtros a partir del tratamiento de un destilado lubricante 1200 (Fecha de muestreo 01/04/98, tanda 9), se dejó al ambiente por un periodo de 1 día, después se trituró en tamaños de partícula menor a 1cm de diámetro.

6.2.2 Dimensiones del tanque de tratamiento.

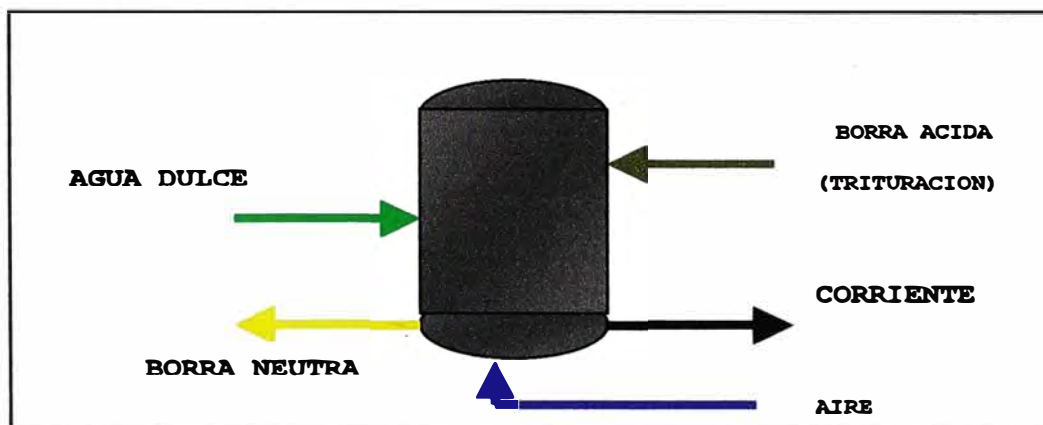


Figura N° 8 Tratamiento de borra ácida.

PARTE DEL TANQUE	DIMENSION
Diámetro.	1.32 m.
Altura de parte cilíndrica.	1.40 m.
Altura de base del tanque	0.29 m.
Altura de descarga de solvente agotado.	0.14 m.
Altura de entrada lateral de aire.	0.14 m.

Especificación de Tuberías.

TUBERIAS	DIAMETRO pulg.
Alimentación de aire inferior	2.5
Alimentación de aire lateral	1.0
Alimentación de solvente de carga	1.5
Descarga de solvente agotado	2.0
Descarga de final de tratamiento	2.5

6.2.3 Operación en la prueba de investigación.**Etapas de Operación**

La operación de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido en la prueba de investigación consta de varias etapas que se muestran en el Cuadro N° 34.

CUADRO N°34
ETAPAS DE OPERACIÓN EN LA PRUEBA DE INVESTIGACION

ETAPA DE OPERACIÓN	OBSERVACION
Carga de Solvente	Esta operación se realizaba utilizando la línea de agua dulce de la Planta de Tratamientos Cáusticos (Refinería Talara)
Carga de Borra Acida	La borra ácida triturada se alimenta desde la parte superior del tanque, esta operación se realizó en forma manual.
Agitación.	El medio de agitación es aire de la línea de aire de Planta de Tratamiento Cáusticos.
Sedimentación.	Por gravedad.
Descarga de Corriente Acida.	La descarga fue por gravedad.

Condiciones de Carga

El tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido a nivel prueba experimental se realizó según las siguientes condiciones de carga:

Borra Ácida	62 Kg.
Solvente (Agua Dulce)	1223 litros.
R	20
Número de Extracciones Sucesivas	4

Nivel de Llenado

El nivel de llenado del tanque durante la operación varió dependiendo del número de extracción, debido al remanente de agua durante la descarga de corriente ácida. La parte cilíndrica fue utilizada para el control de nivel.

En el tanque de tratamiento se adaptó un sistema de medición de nivel que permitía conocer el nivel de llenado del tanque. En el Cuadro N° 35 se muestra los niveles de llenado de cada extracción de la borra ácida en la prueba de investigación.

CUADRO N°35
NIVEL DE LLENADO PARA CADA EXTRACCIÓN

Extracción	Nivel (m)
1	0.7
2	1.0
3	1.0
4	1.0

6.2.4 Tiempos de operación.

Los tiempos de operación durante la prueba de investigación para cada etapa de extracción en el tratamiento de la borra ácida se muestran en la Cuadro N° 36.

CUADRO N°36
TIEMPOS DE OPERACIÓN DE CADA ETAPA DE EXTRACCION
(Prueba de investigación)

Etapa de Operación	Tiempo (minutos)			
	Extracción 1	Extracción 2	Extracción 3	Extracción 4
Carga de Solvente	19	23	19	17
Carga de Borra ácida	10	-	-	-
Agitación	120	120	120	120
Sedimentación	30	30	30	30
Descarga de Corriente Ácida	34	42	40	38
Tiempo Total (min)	213	215	209	205

Del Cuadro N° 36 el tiempo total de operación para el tratamiento de la borra ácida para cuatro extracciones es de aproximadamente 14 hr.

6.2.5 Análisis de muestras de la prueba de investigación.

Se toma una muestra representativa de la carga de borra ácida utilizada en la prueba de investigación y se analizó en el laboratorio para determinar el porcentaje de ácido residual presente en la borra con la finalidad de obtener posteriormente el porcentaje de remoción de ácido sulfúrico.

El resultado que se obtuvo del análisis de la borra ácida en el laboratorio fue de 10.1 por ciento en peso de ácido residual en la borra ácida. Para el cálculo del porcentaje de ácido residual presente en la borra ácida ver Anexo C.

6.2.4 Tiempos de operación.

Los tiempos de operación durante la prueba de investigación para cada etapa de extracción en el tratamiento de la borra ácida se muestran en la Cuadro N° 36.

CUADRO N°36
TIEMPOS DE OPERACIÓN DE CADA ETAPA DE EXTRACCION
(Prueba de investigación)

Etapa de Operación	Tiempo (minutos)			
	Extracción 1	Extracción 2	Extracción 3	Extracción 4
Carga de Solvente	19	23	19	17
Carga de Borra ácida	10	-	-	-
Agitación	120	120	120	120
Sedimentación	30	30	30	30
Descarga de Corriente Ácida	34	42	40	38
Tiempo Total (min)	213	215	209	205

Del Cuadro N° 36 el tiempo total de operación para el tratamiento de la borra ácida para cuatro extracciones es de aproximadamente 14 hr.

6.2.5 Análisis de muestras de la prueba de investigación.

Se toma una muestra representativa de la carga de borra ácida utilizada en la prueba de investigación y se analizó en el laboratorio para determinar el porcentaje de ácido residual presente en la borra con la finalidad de obtener posteriormente el porcentaje de remoción de ácido sulfúrico.

El resultado que se obtuvo del análisis de la borra ácida en el laboratorio fue de 10.1 por ciento en peso de ácido residual en la borra ácida. Para el cálculo del porcentaje de ácido residual presente en la borra ácida ver Anexo C.

En la prueba de investigación se realizaron 4 extracciones, a partir de los cuales se calcula el resultado de una etapa posterior, mediante el método para calcular el contenido de ácido en la borra ácida (ver Anexo C) con la finalidad de comparar los datos de laboratorio y de la prueba de investigación.

6.2.6 Resultados obtenidos en el Laboratorio y la Prueba de investigación.

Se pueden comparar los datos obtenidos en el laboratorio y en la prueba de investigación a fin de obtener el margen de error cuando se trabaja a escala mayor.

En el Cuadro N° 39 se presentan los datos de porcentaje en peso de remoción de ácido sulfúrico presente en la borra ácida obtenidos en el laboratorio y en la prueba de investigación; se indica también el porcentaje de error entre ambos.

CUADRO N° 39

PORCENTAJE DE REMOCION DE ACIDO SULFURICO A ESCALA LABORATORIO Y PRUEBA DE INVESTIGACIÓN

Extracción	% de Remoción de Ácido Sulfúrico (Acumulado)		%Error
	Laboratorio	Prueba de investigación	
1	79.4	44.9	56.5
2	93.4	59.1	36.7
3	96.6	67.6	30.0
4	97.8	73.1	25.3
5	98.0	77.0	21.4

En la figura N° 9 se visualiza gráficamente los datos mostrados en el Cuadro N° 39.

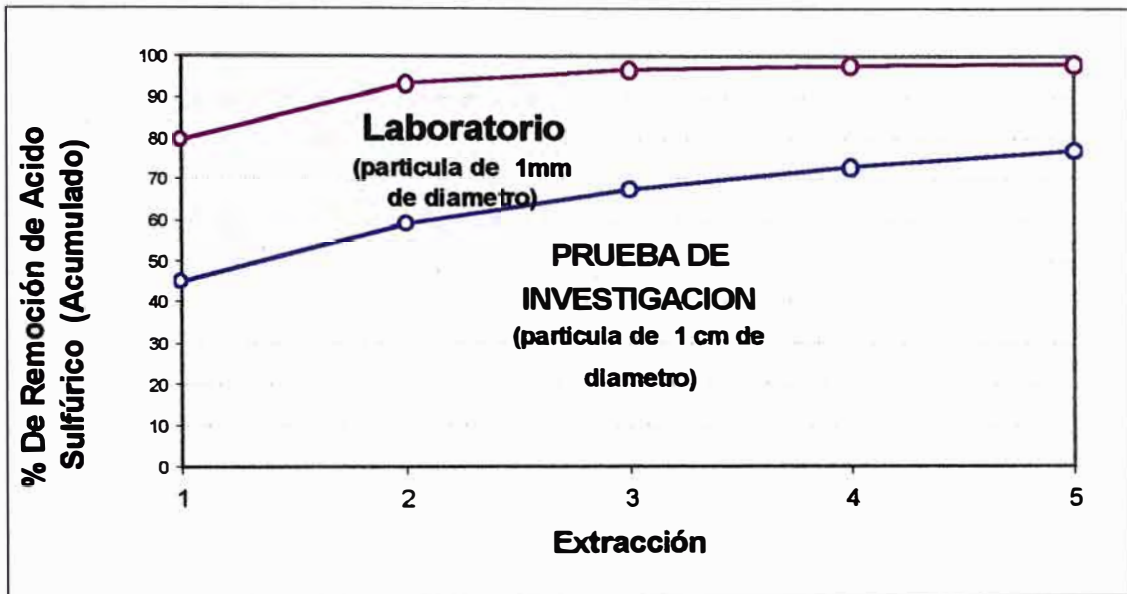


Figura N°9 Comparación de resultados obtenidos en Laboratorio y prueba de investigación

6.3 CONCLUSIONES

- El sistema por extracción del ácido puede ser utilizado a dimensiones superiores a la del laboratorio.
- Para realizar la prueba es importante adecuar la borra ácida a condiciones similares a escala Laboratorio.
- Existen dificultades operativas cuando se realiza la experiencia.
- Existe un elevado porcentaje de error entre las experiencias realizadas a escala Laboratorio y la presente prueba en cuanto al porcentaje de remoción de ácido sulfúrico presente en la borra ácida.
- El posible mejorar el porcentaje de remoción de ácido sulfúrico de la borra ácida de la presente prueba mejorando el sistema de agitación y uniformizando los tamaños de partículas de borra ácida.

CAPITULO VII

DISEÑO Y ESPECIFICACION DE EQUIPOS EN EL TRATAMIENTO DE LAS BORRAS ÁCIDAS POR EXTRACCIÓN DEL ACIDO.

El objetivo primario del sistema de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido es minimizar el impacto ambiental que produce este residuo.

En el presente capítulo se realiza el balance de materia y energía para el sistema de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido, lo cual permite realizar el diseño y especificación de los equipos de proceso que permiten lograr el objetivo del sistema de tratamiento.

Los datos tomados para el diseño y especificación de equipos en este sistema de tratamiento corresponden a las experiencias realizadas en el laboratorio.

Dentro de los equipos necesarios en el tratamiento de la borra ácida se encuentran recipientes y bombas de proceso.

Asimismo se especifica la disponibilidad de los recipientes y bombas de proceso que se utilizan en el sistema de tratamiento de la borra ácida dentro de Refinería Talara.

Se realiza una descripción del proceso de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido y se muestra la posible disposición de los equipos de proceso dentro de Refinería Talara.

Con respecto a los servicios auxiliares para el sistema de tratamiento por extracción del ácido se presenta las cantidades necesarias dentro del tratamiento. Se utiliza servicios auxiliares actualmente disponibles en refinería.

7.1 Bases de Cálculo

7.1.1 ESTABLECIMIENTO DE BASES DE DISEÑO DE EQUIPOS

Las pruebas realizadas en laboratorio y a escala mayor son comparables en cuanto a remoción de ácido sulfúrico de la borra ácida; es por esta razón que se usan los datos obtenidos en las pruebas de laboratorio para realizar el balance de masa y el diseño de los equipos. Cabe recordar que la prueba a escala mayor a laboratorio no alcanzo la eficiencia deseada debido a factores operativos como el tamaño de partícula y la agitación, los cuales fueron un impedimento.

Siendo el valor máximo de ácido residual obtenido en las experiencias de laboratorio de 26 por ciento en peso, representando este la condición más desfavorable en cuanto a la operación en el tratamiento se refiere. Se utilizará este valor para el balance de masa y energía y el diseño de equipos.

El diseño de los equipos considerando la condición extrema hace factible el tratamiento de la borra ácida para condiciones más favorables o menores cantidades de ácido

residual presente en la borra ácida para tales casos se obtendrían menor número de etapas de extracción.

La relación de R igual 20 es una condición de operación fija obtenida de las experiencias de laboratorio, se observa que para esta relación se efectúa una mejor agitación y extracción de ácido residual.

El diseño y especificación de los equipos para el sistema de tratamiento fueron diseñados considerando un total de siete etapas de extracción (porcentaje de remoción = 98 por ciento) utilizando como solvente de extracción agua de mar y R igual a 20.

Los servicios utilizados en el tratamiento son los que se encuentran actualmente disponibles en Refinería Talara estos son aire comprimido, vapor saturado, y electricidad.

El porcentaje de remoción alcanzado por el sistema de tratamiento es igual a 98% del ácido presente en la borra ácida, este porcentaje de remoción de ácido hace posible realizar las mezclas borra neutra - base asfáltica 80/100 hasta una relación en peso igual a 3/100.

La cantidad de borra neutra obtenida en el tratamiento de la borra ácida fue obtenida a partir del balance de materia realizado en la unidad principal de tratamiento.

La corriente ácida generada en el tratamiento de la borra ácida debe ser neutralizada antes de ser descargada y en tal

sentido se vió la posibilidad de integrarla al sistema de tratamiento de sodas gastadas inyectándola como carga al sistema en mención.

Según análisis de la mezcla corriente ácida - sodas gastadas se observa que cumple con los límites aceptados por el sistema de tratamiento con soda gastada que será implementado en refinería talara.

Es importante mencionar que se debe tener en cuenta dentro del dimensionamiento de tanques de almacenamiento en la implementación del sistema de tratamiento con soda gastada, el volumen de la corriente ácida generado en el tratamiento de las borras ácidas.

Por otro lado, para poder realizar una actual implementación del sistema de tratamiento de las borras ácidas sin contar aún con el sistema de tratamiento con soda gastada, se propone como alternativa inmediata de tratamiento, que la neutralización de la corriente ácida se realice en línea poniendo en contacto la corriente ácida con soda gastada que se alimentan desde un tanque de almacenamiento de soda gastada. La corriente neutra puede ser dispuesta en la línea de carga que ingresa a los separadores API, la mezcla resultante permanece dentro de los límites permisibles en lo que respecta a Aceites y Grasas dispuesto por la R.D. 030-96-EM/DGAA.

Para los otros contaminantes tales como sulfuros y fenoles la corriente de mezcla saliente de los separadores, contienen niveles muy próximos a los existentes antes de mezclar la corriente ácida con la línea que ingresa a los separadores API. La eliminación de sulfuros y fenoles será tratada en el cumplimiento del PAMA establecido por refinería Talara.

La utilización de la borra neutra obtenida en el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido y asociada a mezclas con bases asfálticas del tipo 80/100 en relaciones en peso de hasta 3/100, involucra tanques de almacenamiento y bombas de impulsión debido a que la característica de la borra neutra es semejante a las de bases asfálticas en lo que respecta a propiedades físicas.

7.1.2 Bases de Diseño

Para el sistema de tratamiento por extracción del ácido se debe tener en cuenta los siguientes datos de base:

- Los datos utilizados para el diseño y especificación de equipos de proceso en el sistema de tratamiento son los obtenidos en las pruebas experimentales de laboratorio.
- La cantidad de borra ácida por tratamiento es 3414 Kg. dato que correspondientes a una tanda de producción según los datos estadísticos de aceites lubricantes de Refinería Talara.

- El ácido sulfúrico representa el 26 por ciento en peso de la borra ácida a tratar.
- El solvente de extracción para el tratamiento es el agua de mar.
- La cantidad de solvente por etapa de extracción es 68280 L., y un total de 477960 L. correspondiente a un total de siete etapas de extracción.
- El porcentaje de remoción total de ácido sulfúrico al final del tratamiento es de 98 por ciento.
- La temperatura del solvente en el tratamiento por extracción del ácido es igual a 25.6 °C (Temperatura ambiente).
- La cantidad de borra neutra obtenida del tratamiento de la borra ácida es igual a 2500 Kg.
- La corriente ácida generada en el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido se neutraliza en su totalidad con soda gastada obtenida del tratamiento de las Naftas en Planta de Tratamientos Cáusticos de Refinería Talara.
- Las mezclas de bases asfálticas 80/100 con borra neutra se realizan a una relación de 3/100 en peso de borra neutra respecto a base asfáltica.
- El vapor utilizado en el tratamiento es de 125 psig saturado.

- El aire suministrado al tratamiento es del tipo aire húmedo de 100 lbs/pulg².
- El suministro de energía es de 440 V, 3 fases y 60Hz.

7.2 Unidad Principal

7.2.1 Descripción del Proceso

El tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido tiene como propósito permitir el contacto íntimo entre la borra ácida y el agua de mar; con la finalidad de favorecer la remoción del ácido presente en la borra.

El sistema de tratamiento está diseñado para tratar 3414 Kg. de borra ácida correspondientes a una tanda de producción según los datos estadísticos de aceites lubricantes de Refinería Talara.

El sistema de tratamiento comprende de un tanque agitador de 630 barriles de capacidad ubicada en Planta de Agitadores y Filtros, dicho tanque está equipado con una entrada de aire y una entrada de vapor. Se requiere de 68280 L. de agua de mar por etapa de extracción, necesitándose para el tratamiento un total de 477960 L.

La alimentación de borra ácida al tanque de tratamiento se realiza por medio de la bomba (L-121), la borra ácida pasa a través de difusores dispuestos en la parte superior del

tanque, que permitan obtener un tamaño de partícula de 1 mm. Mientras que el agua de mar es alimentada al tanque de tratamiento por medio de la línea de agua de mar dispuesta en Planta de Agitadores y Filtros.

Para tener una remoción efectiva de ácido se requiere cambiar el agua de mar después de 20 minutos de agitación constante.

Durante el tratamiento, la borra ácida permanece en el tanque agitador hasta alcanzar una remoción total del 98% de ácido.

7.2.2 Balance de Materia y Energía

Para realizar el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido la refinería cuenta con tanques agitadores en la Planta de Agitadores y Filtros que pueden ser utilizados para tal fin.

El tratamiento de la borra ácida se realiza con agua de mar, $R=20$ y un total de siete etapas de extracción.

Se está considerando 3414 Kg. de borra ácida como carga al tanque de tratamiento.

El balance de materia en el tanque de tratamiento se presenta en el Cuadro N° 40.

CUADRO N° 40
BALANCE DE MATERIA EN EL TANQUE DE TRATAMIENTO

COMPONENTE	BORRA ÁCIDA	AGUA DE MAR	AGUA ACIDA	BORRA NEUTRA
HIDROCARBUROS (Kg.)	2509.3	0.4	43.8	2465.9
ACIDO (Kg.)	887.6	0.0	869.9	17.7
AGUA (Kg.)	13.7	454802.4	454802.3	13.8
OTROS (Kg.)	3.4	23157.2	23157.6	3.0
TOTAL (Kg.)	3414	477960	478873.6	2500.4

Las características físicas y químicas de las corrientes se especifican en el Capítulo II de la tesis.

En el balance de energía se considera la energía necesaria para calentar la borra neutra en el tanque de tratamiento y poder enviarla así al tanque de almacenamiento en Planta de Asfaltos.

El cálculo de Energía necesaria para calentamiento de la borra neutra se detalla en el Anexo D.

El consumo de vapor necesario para calentar la borra neutra en el tanque de tratamiento es:

$$m_{\text{vapor}} = 143 \text{ Kg.}$$

7.2.3 Diseño y Especificación de Equipos

Los equipos necesarios para el sistema de tratamiento de borra ácida por extracción del ácido en la unidad principal

se muestran en el Cuadro N° 41, en el cual se especifica su disponibilidad y la ubicación en Refinería.

CUADRO N° 41
EQUIPOS DE PROCESO

IDENTIFICACION	EQUIPO DE PROCESO	CONDICION	UBICACION EN REFINERIA TALARA
L-121	Bomba de impulsión de borra ácida / neutra	No disponible	Planta Agitadores y Filtros
M-120	Tanque de tratamiento de borra ácida	Disponible	Planta Agitadores y Filtros
L-123	Bomba de impulsión de corriente ácida.	No disponible	Planta Agitadores y Filtros

Recipientes

Los recipientes que conforman el sistema de tratamiento de la borra por extracción del ácido en la unidad principal se encuentra disponible en refinería talara siendo necesario para su uso el recubrimiento interno con plomo.

La especificación del tanque de tratamiento de la borra ácida se muestra en el Cuadro N° 43.

Bombas

Las bombas que se requieren en la unidad principal cumplen las siguientes funciones:

- Bomba para impulsión de borra ácida/neutra.
- Bomba para impulsión de corriente ácida.

Los datos para el diseño de las bombas de proceso se muestran en el Cuadro N° 42.

La especificación de las bombas necesarias para la unidad principal ácida se muestra en el Cuadro N° 44.

CUADRO N° 42
DATOS PARA EL DISEÑO DE BOMBAS DE PROCESO

BOMBA DE PROCESO	Δ Energía de Presión	Δ Energía Cinética	Δ Energía Potencial	Fuerzas de Fricción
BORRA ÁCIDA / NEUTRA (L-121)	0.0	0.1	5.4	1121.4
CORRIENTE ÁCIDA (L-123)	0.0	0.6	6.7	20.9

**CUADRO N° 43
ESPECIFICACION DE RECIPIENTES DE PROCESO
DE LA UNIDAD PRINCIPAL**

NOMBRE DEL RECIPIENTE	TRATAMIENTO BORRA ACIDA
Identificación	M-120
Condición en la Refinería	Disponible
Ubicación	Planta de Agitadores y Filtros
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Capacidad de Diseño (m ³)	100
DIMENSIONES	
Parte Cilíndrica	
Altura (m)	5.4
Diámetro (m)	4.6
Altura / Diámetro	1.2
Area Interna (m ²)	78
Parte Cónica	
Altura (m)	2.5
Diámetro (m)	4.6
Area Interna (m ²)	45
OPERACIÓN	Intermitente
Material de construcción	Acero comercial
Recubrimiento	Plomo
Mecanismo de descarga	Bomba
Orientación	Vertical
Temperatura de operación(°C).	Ambiente
Medio Almacenado	Suspensión

Detalles sobre el diseño de los recipientes ver Anexo E.

CUADRO N° 44
ESPECIFICACION DE BOMBAS DE PROCESO

FUNCION DE LA BOMBA	BORRA ÁCIDA/ NEUTRA	CORRIENTE ÁCIDA A NEUTRALIZACION
Identificación	L-121	L-123
Condición en la Refinería	No disponible	No disponible
Ubicación	Planta de Agitadores y Filtros	Planta de Agitadores y Filtros
DATOS DE LA BOMBA		
Tipo de bomba	Reciprocante	Centrifuga
Material de construcción	Acero Inoxidable	Acero Inoxidable
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
Capacidad de Diseño (m ³ /h)	19	410
POTENCIA (HP)	120	11
HEAD (m)	1127	29
NPSHA	-	26
OPERACIÓN	Intermitente	Intermitente
DATOS DEL PRODUCTO		
Producto	Borra ácida	Corriente ácida
Gravedad Especifica	1.1	1.0
Temperatura de bombeo (°C).	85 C , min	Ambiente
Viscosidad de temperatura de bombeo	4400 cps	1 cps

Detalles sobre el diseño de las bombas ver Anexo F.

7.3 Tratamiento de las corrientes generadas en la Unidad Principal.

7.3.1 Tratamiento de La Corriente Ácida.

7.3.1.1 Descripción del Proceso.

La corriente ácida generada en cada etapa de extracción en el tratamiento por extracción del ácido (70m^3) se descarga del tanque de tratamiento de borra ácida por medio de la bomba centrífuga (L-123) y se envía como carga a la planta de tratamiento con soda gastada.

7.3.2 Tanque de Mezcla Base Asfáltica 80/100 - Borra Neutra.

7.3.2.1 Balance de Materia y Energía.

Para el balance de materia en el tanque de mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra se considera 2500 Kg. de borra correspondiente al tratamiento de 3414 Kg. de borra ácida por extracción del ácido y $R = 20$.

Se considera una relación en peso 3/100 de borra neutra/ base asfáltica 80/100.

En el Cuadro N° 45 se presenta el balance de materia en el tanque de mezcla.

CUADRO N° 45

BALANCE DE MATERIA EN EL TANQUE DE MEZCLA BASE
ASFÁLTICA 80/100 - BORRA NEUTRA

COMPONENTE	BORRA NEUTRA	BASE	
		ASFÁLTICA 80/100	MEZCLA
HIDROCARBUROS (Kg.)	2465.9	83346.5	85812.4
ACIDO (Kg.)	17.7	0.0	17.7
AGUA (Kg.)	13.8	0.0	13.8
OTROS (Kg.)	3.0	0.0	3.0
TOTAL (Kg.)	2500.4	83346.5	85846.9

En lo que respecta a la base asfáltica se considera que es 100% hidrocarburos debido a que los otros compuestos se encuentran en porcentajes pequeños.

El balance de energía en el tanque de mezcla considera la energía necesaria para mantener la borra neutra a 112 °C, temperatura a la cual se realiza la mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra.

El cálculo de energía necesaria para el calentamiento se detalla en el Anexo D.

Se usa vapor de 125 psig. para realizar el calentamiento, siendo el consumo de vapor para este calentamiento:

$$m_{\text{vapor}} = 2354 \text{ Kg.}$$

7.3.2.2 Diseño y Especificación de Equipos

Los equipos necesarios para el realizar la mezcla base asfáltica borra neutra se muestran en el Cuadro N° 46, en el cual se especifica su disponibilidad y la ubicación en Refinería.

CUADRO N° 46
EQUIPOS DE PROCESO

IDENTIFICACION	EQUIPO DE PROCESO	CONDICION	UBICACION EN REFINERIA TALARA
F-310	Tanque de almacenamiento de borra neutra	No disponible	Planta de Asfaltos
L-311	Bomba de impulsión de borra neutra	No disponible	Planta de Asfaltos
F-320	Tanque de mezcla base asfáltica / borra neutra	Disponible	Planta de Asfaltos

Recipientes

Los recipientes necesarios para el realizar la mezcla base asfáltica borra neutra y que no se encuentran disponibles en refinería son los siguientes:

- Tanque de almacenamiento de la borra neutra.

Los datos para el diseño del recipiente se presentan en el Cuadro N° 47.

La especificación del recipiente de proceso necesario para las mezclas base asfáltica 80/100 borra neutra se muestran en el Cuadro N° 49.

Bombas

La bomba que se requiere en las mezclas base asfáltica 80/100 - borra neutra cumple la siguiente función:

- Bomba para impulsión de borra neutra.

Datos para el diseño de la bomba de proceso se muestran en el Cuadro N° 48

La especificación de la bomba necesaria para las mezclas base asfáltica 80/100 borra neutra se muestra en el Cuadro N° 50.

CUADRO N° 47

DATOS PARA EL DISEÑO DE RECIPIENTES DE PROCESO

RECIPIENTE	BASE DE CALCULO	Volumen Equivalente	FACTOR DE SEGURIDAD	ALTURA DIAMETRO	CAPACIDAD DE DISEÑO
ALMACEN DE BORRA NEUTRA	2 lotes de borra neutra	4.6 m ³	70 %	1.0	6.5 m ³
TANQUE DE MEZCLA BASE ASFÁLTICA - BORRA NEUTRA	Tanque N°393 Planta de Asfaltos	-	-	1.2	1300 BBL

CUADRO N° 48

DATOS PARA EL DISEÑO DE BOMBAS DE PROCESO

BOMBA DE PROCESO	Δ Energía de Presión	Δ Energía Cinética	Δ Energía Potencial	Fuerzas de Fricción
BORRA NEUTRA (L-311)	0.0	0.0	5.6	354.7

CUADRO N° 49

ESPECIFICACION DE RECIPIENTES DE PROCESO

NOMBRE DEL RECIPIENTE		ALMACEN DE BORRA NEUTRA
Identificación		F-310
Condición en la Refinería		No disponible
Ubicación		Planta de Asfaltos
CONDICIONES DE OPERACIÓN		
Capacidad de Diseño (m ³)		6.5
DIMENSIONES		
Parte Cilíndrica		
	Altura (m)	2.1
	Diámetro (m)	2.1
	Altura / Diámetro	1.0
	Area Interna (m ²)	16.0
Parte Cónica		
	Altura (m)	-
	Diámetro (m)	-
	Area Interna (m ²)	-
OPERACIÓN		
		Intermitente
Material de construcción		Acero comercial
Recubrimiento		Plomo
Mecanismo de descarga		Bomba
Orientación		Vertical
Temperatura de operación(°C).		85
Medio Almacenado		Líquido viscoso

Detalles sobre el diseño de los recipientes ver Anexo E.

CUADRO N° 50
ESPECIFICACION DE BOMBAS DE PROCESO

FUNCION DE LA BOMBA	BORRA NEUTRA A TANQUE DE MEZCLA
	Identificación
Condición en la Refinería	No disponible
Ubicación	Planta de Asfaltos
DATOS DE LA BOMBA	
Tipo de bomba	Reciprocante
Material de construcción	Acero Inoxidable
CONDICIONES DE OPERACIÓN	
Capacidad de Diseño (m ³ /h)	7
POTENCIA (HP)	14
HEAD (m)	360.4
NPSHA	-
OPERACIÓN	Intermitente
DATOS DEL PRODUCTO	
Producto	Borra neutra
Gravedad Especifica	1.1
Temperatura de bombeo(°C).	85°C, min
Viscosidad de temperatura de bombeo	4400 cps

Detalles sobre el diseño de las bombas ver Anexo F.

7.4 Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares necesarios para la operación del sistema de tratamiento por extracción del ácido de la borra ácida se presentan en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 51
SERVICIOS AUXILIARES EN EL TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA POR EXTRACCIÓN DEL ACIDO

SERVICIO	CARACTERÍSTICAS	PROCEDENCIA
Vapor	125 psig, Saturado	USIA*
Electricidad	440 V , 3 fases, 60 Hz	Refinería
Aire	100 lb/pulg ² , aire húmedo	USIA

* USIA = Unidad de Servicios Industriales Auxiliares.

Los usos dados a los servicios auxiliares se detallan a continuación:

Vapor

Este servicio industrial se usa en las siguientes operaciones:

- Calentamiento de la borra neutra en el tanque de tratamiento de la borra ácida.
- Calentamiento de la mezcla borra neutra - base asfáltica 80/100.

Electricidad

Su uso es exclusivo para motores de las bombas que operan en el sistema de tratamiento.

Aire

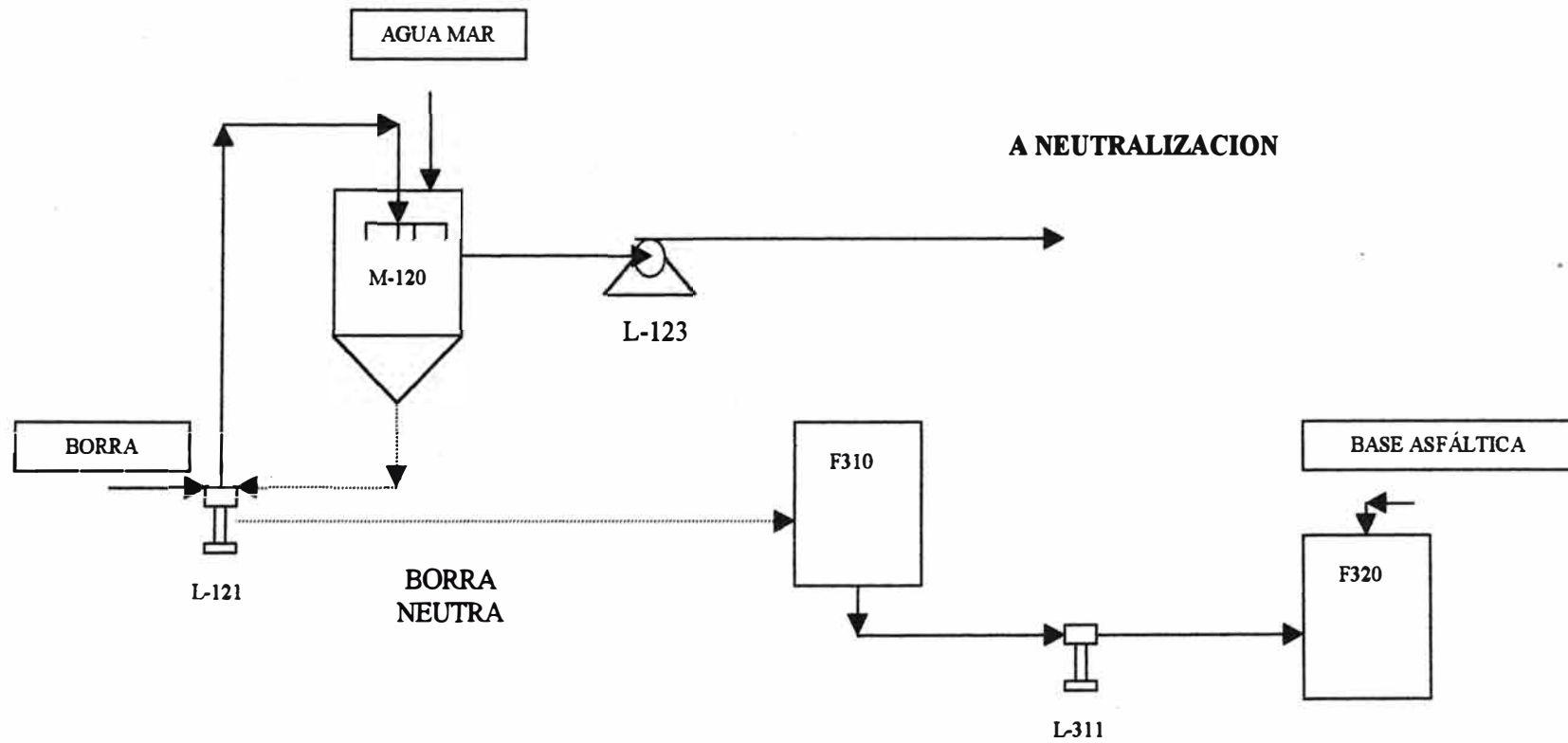
El aire que se recibe en el sistema de tratamiento es del tipo Aire de Planta o aire húmedo, empleado en el sistema de tratamiento como medio de agitación.

En el Cuadro N° 52 se presenta el consumo de los servicios utilizados en el sistema de tratamiento por extracción del ácido por tanda de tratamiento.

CUADRO N° 52
CONSUMO DE SERVICIO

SERVICIO	CONSUMO / TANDA
Vapor	
Calentamiento de la borra neutra	143 Kg.
Calentamiento de mezcla borra neutra/base asfáltica	2354 Kg.
Electricidad	20 Kw-h
Aire	7069 ft ³

7.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA MEDIANTE EXTRACCIÓN DEL ACIDO



7.6 CONCLUSIONES

- El tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido utiliza equipos convencionales de proceso (tanques de mezclado, tanque de almacenamiento, bombas de proceso, etc.).
- Las operaciones en el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido sigue los procedimientos de operación utilizados actualmente en Refinería, lo cual hace su fácil manejo y aprendizaje.
- Los servicios auxiliares necesarios en el tratamiento se encuentran disponibles en refinería.
- Dado que el sistema con sodas gastadas será adquirido en el año 2003 en cumplimiento con el P.A.M.A en Refinería Talara, se recomienda para su implementación inmediata del tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido el envío de la corriente ácida al separador A.P.I sur previamente neutralizada en línea, con sodas gastadas de la planta de tratamientos cáusticos en Refinería Talara.
- Tomar como base de cálculo los datos obtenidos en las experiencias realizadas en el laboratorio para hacer el diseño y especificación de los equipos de proceso para el sistema de tratamiento.
- Utilizar tanques de Planta de Agitadores y Filtros y adaptar tanques disponibles en refinería para su uso en el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido.
- Implementar tuberías necesarias en el tratamiento de la borra ácida.

- Comprar equipos necesarios para el tratamiento de la borra ácida que no se encuentran disponibles en refinería detallados en esta sección.
- Utilizar los servicios auxiliares disponibles en refinería necesarios para el tratamiento de la borra ácida.

CAPITULO VIII

TRATAMIENTO DE LA CORRIENTE ACIDA GENERADA EN EL SISTEMA DE EXTRACCION DEL ACIDO DE LA BORRA ACIDA

Introducción

En este capitulo se muestra el tratamiento de la corriente ácida generada vía extracción del ácido de la borra ácida considerando los equipos descritos en el capitulo anterior.

Se presentan los tipos de sodas gastadas que se manejan en la Refinería Talara y que pueden ser utilizadas en la neutralización de la corriente ácida.

La corriente ácida puede ser enviada a los separadores A.P.I sur después de ser neutralizada con soda gastada proveniente de un tanque de equalización de soda gastada.

Por otro lado el volumen de la corriente ácida generada en el sistema de tratamiento mediante extracción del ácido es de 68.28 m³ por etapa de extracción la cual contiene 91.4 mg/l de aceites y grasas en promedio.

La corriente neutra es alimentada junto con las demás corrientes de refinería asignadas a este separador. El efluente que se obtiene a la salida del separador contiene 29.4 mg/l de aceites y grasas el cual cumple con las normas establecidas según ley.

CUADRO N°53
SODAS GASTADAS DE REFINERÍA TALARA

Producto	GLP	Nafta Craqueada	Nafta Liviana	Solvente N 1	Solvente N 3	Kerosene HCT	Turbo A1	Diesel LCT
Característica								
Lugar de Muestreo	FCC-URG	FCC	PTA	PTA.	PTA.	PTA.	PTA.	PTA.
Punto de Muestreo	GV-12	MEV-2	TRATAMIENTOS D-402	TRATAMIENTOS D-402	TRATAMIENTOS D-403	TRATAMIENTOS D-401/406	TRATAMIENTOS D-401	TRATAMIENTOS D-406
Destino de descarga	Separador	Separador	Separador	Tk -409	Tk-409	Tk 558/17	Tk 558/17	Tk 451
Concentración de NaOH % peso	12.7	9.53	6.28	6.28	6.28	1.42	1.42	1.42
Ph	13.0	13.0	12.8	13.1	13.1	12.9	13.2	9.2
Aceites y Grasa mg/l	106	23993	910	469	6169	103781	40389	204769
Fenoles mg/l	1508	160348	236	88	511	618	386	30
Sulfuros mg/l	33400	19600	4400	5360	740	1600	6880	1120
Plomo mg/l	0.72	2.71	0.61	0.53	0.29	0.41	0.25	1.19
Cadmio mg/l	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21
Cromo mg/l	0.01	0.01	0.01	0.01	0.40	0.01	0.01	0.01
Mercurio mg/l	0.01	0.61	2.04	0.86	3.44	0.42	0.01	0.01

8.1 Neutralización de la corriente ácida.

La descarga del solvente en cada etapa de extracción se realiza a un caudal 6.8 m³/min. La acidez en cada etapa de extracción se muestran en el Cuadro N° 54, en tal sentido se calcula el caudal de soda necesario para su neutralización, considerando las características de la mezcla de sodas gastadas mostradas en el Cuadro N° 53. La mezcla de las sodas de Refinería Talara suman 8.2 m³ al día con una concentración de 4.6 por ciento en peso (1.2 N).

CUADRO N° 54

CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO Y CAUDAL DE SODA GASTADA NECESARIA PARA
NEURRALIZACION

ETAPA DE EXTRACCIÓN	NORMALIDAD DE ÁCIDO	CAUDAL DE SODA GASTADA (m ³ /min)
1	0,151	0.8
2	0,037	0.2
3	0,009	0.051
4	0,004	0.022
5	0,001	0.005
6	0,001	0.001
7	0,001	0.001

Conociendo que en cada etapa de extracción se genera 68.28 m³ de corriente ácida, podemos decir que se necesitan un total de 11.6 m³ de mezcla de sodas gastadas.

8.2 Corriente neutra a Separador A.P.I

Es importante decir que el separador API sur trabaja actualmente a un caudal de 1800 m³/hr y que el efluente contiene 20 mg/l de aceites y grasas.

Por otra parte, la corriente acida a neutralizar contiene 91.6 mg/l de aceites y grasas mientras que la mezcla de sodas contiene 41432 mg/l, así pues al reaccionar los 478 m³ de corriente ácida y los 11.6 m³ de mezcla de sodas gastadas se genera una corriente neutra de 1072 mg/l de aceites y grasas la cual puede se combinada con la corriente de alimentación al separador API sur a fin de no sobrepasar los limites permisibles para aceites y grasas.

8.3 Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Es posible realizar la neutralización utilizando la soda gastada proveniente de Planta de Tratamientos Cáusticos.
- El efluente de salida del separador A.P.I sur sigue cumpliendo las especificaciones de ley con respecto al contenido de Aceites y grasas.

Recomendaciones

- Utilizar los tanques y bombas disponibles en planta de tratamientos cáusticos para almacenamiento de la mezcla de soda gastada.
- Neutralizar la corriente ácida por cada etapa de extracción.

CAPITULO IX

EVALUACION ECONOMICA

En esta sección se realiza el estudio económico del tratamiento por extracción del ácido de las borras ácidas producto del tratamiento de las bases lubricantes en Refinería Talara.

Se hace esta evaluación con la finalidad de comparar el sistema de tratamiento por extracción del ácido y el actual sistema de disposición de las borras ácidas en el relleno industrial.

Las bases de cálculo de este estudio económico se presentan en el Capitulo 9.1

Para el estudio económico se consideran los costos relacionados a los equipos que son necesarios diseñar e instalar, costos de servicios auxiliares y costos fijos asociados al tratamiento por extracción del ácido.

El costo de equipos que se encuentran instalados actualmente en la Refinería y que pueden ser utilizados en el tratamiento propuesto tienen costo de inversión cero.

El estudio económico toma en cuenta equipos principales para el tratamiento y los servicios auxiliares tales como agua de mar, electricidad, vapor de 125 psig, aire.

Se considera la utilidad que se genera en este sistema de tratamiento debido a la venta de la borra neutra.

El uso de estos servicios auxiliares dentro del tratamiento por extracción del ácido fue especificado en el capítulo anterior.

9.1 Bases de Cálculo.

En este capítulo se exponen todas las bases para realizar el estudio económico, las cuales son:

El precio de la borra neutra generada en el tratamiento es de igual al de una base asfáltica 80/100 (\$ 12.0/BBL).

El costo de inversión de los equipos de proceso es igual al costo del equipo puesto en el terreno.

Se considera como un ingreso al sistema de tratamiento, los gastos incurridos en el actual sistema de disposición de la borra ácida en milla seis.

En el Cuadro de N° 56 se presentan los costos de inversión de los equipos necesarios para el sistema de tratamiento por extracción del ácido.

El Costo fijo correspondiente a mantenimiento y reparaciones representa el 5 por ciento de la inversión fija del sistema de tratamiento.

Costo de la borra ácida es cero.

Costo de la soda gastada utilizada en la neutralización de la corriente ácida es cero.

La mano de obra de operación y supervisión de sistema de tratamiento será asignada dentro de las responsabilidades del personal de turno de Refinería Talara.

Los costos variables son presentados en el Cuadro N° 55, los cuales son datos proporcionados por Refinería Talara.

CUADRO N° 55
COSTOS VARIABLES PARA EL SISTEMA DE
TRATAMIENTO DE EXTRACCION DEL ACIDO

SERVICIO AUXILIAR	COSTO
Agua de Mar	0.08 \$/1000 gal.
Aire Comprimido	0.84 \$/1000 ft3.
Electricidad	0.0455 \$/Kw-h.
Vapor 125 psig	4.45 \$/1000 lb.

Los gastos administrativos representan el 1% del ingreso generado por la borra neutra.

Para el cálculo de la depreciación se ha empleado el método lineal o de línea recta y se ha depreciado en 10 años toda la inversión en activo fijo.

9.2 INVERSION

9.2.1 INVERSION EN CAPITAL FIJO

Para el cálculo de la inversión del capital fijo se utilizará el método de Factores de Costo.

Para el sistema se va a considerar el costo de los equipos que se deben adquirir para hacer factible el sistema de tratamiento.

Los recursos disponibles para el tratamiento por extracción del ácido son el terreno y ciertos equipos de proceso tales como el tanque de tratamiento de la borra ácida, el tanque para realizar la mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra.

También se cuenta con instalaciones de servicios auxiliares en Planta de Agitadores y Filtros.

Los equipos que pertenecen a la inversión en capital fijo que se debe realizar para implementar el sistema de tratamiento por extracción del ácido se muestran en el Cuadro N° 56 con su correspondiente costo de equipo puesto en el terreno.

CUADRO N° 56
COSTO DE INVERSION
(MU\$ de 1998)

IDENTIFICACION	EQUIPO DE PROCESO	COSTO EQUIPO	UBICACION EN
		(MU\$)	REFINERIA TALARA
L-121	Bomba de impulsión de borra ácida/borra neutra	172	Planta Agitadores y Filtros
L-123	Bomba de impulsión de corriente ácida.	59	Planta Agitadores y Filtros

F-310	Tanque de almacenamiento de borra neutra	14	Planta de Asfaltos
L-311	Bomba de impulsión de borra neutra	68	Planta de Asfaltos
INVERSION TOTAL EN EQUIPOS		313	(MU\$)

A partir del dato de la inversión total en equipos puestos en el terreno podemos calcular la inversión en capital fijo para el sistema de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido utilizando el método de factores de costo.

En el cuadro N° 57 se presenta la inversión fija para el sistema de tratamiento.

CUADRO N° 57
INVERSION EN CAPITAL FIJO
(MU\$ de 1998)

Activo Fijo	
Costo del equipo	313
Tuberías y accesorios	63
Material y equipo eléctrico	19
Servicios y facilidades	32
Total Activo Fijo	427
INVERSION TOTAL (MU\$)	427

9.3 PRESUPUESTO DE INGRESOS Y COSTOS

9.3.1 Ingresos.

Para calcular los ingresos en el sistema de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido se toma en cuenta lo siguiente:

La borra neutra obtenida en el tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido puede ser utilizada para realizar mezclas con bases asfálticas 80/100.

De este modo la borra neutra adquiere un valor agregado, el valor es igual al precio de venta de una base asfáltica del tipo 80/100.

Así pues se sabe que del tratamiento de una tanda de borra ácida equivalente a 3414 Kg., se obtiene 2500 Kg. de borra neutra (14.3 BBL), asimismo sabemos que existe una producción promedio de 287 TM borra ácida por año, lo cual equivale a 210 TM de borra neutra utilizable en mezclas con bases asfálticas.

El precio de venta de las bases asfálticas 80/100 es igual a \$ 12 / BBL.

Teniendo presente esto último, el tratamiento de una tanda de borra ácida genera un ingreso de \$ 171. Expresado de otra forma, el ingreso anual generado por el sistema de tratamiento por extracción del ácido es \$ 14364.

9.3.2 Costos de producción.

Los costos de producción ligados al tratamiento por extracción del ácido se presentan en el Cuadro N° 58, en este cuadro se presenta el costo correspondiente al tratamiento de la producción anual de borra ácida correspondiente a 286734 Kg. de este residuo.

CUADRO N° 58
COSTO DE TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA
POR EXTRACCIÓN DEL ACIDO
(U\$ año 1998)

Materia Prima	
Borra ácida	0.0
Total de Materia Prima	0.0
Costos Fijos	
Mano de Obra	2286
Mantenimiento y reparaciones	21176
Total de Costos Fijos	23462
Costos Variables	
Vapor 125 psig	2056
Electricidad	76
Agua de Proceso	850
Aire comprimido	498
Soda Gastada	0.0
Total de Costo Variable	3480
Costo de producción	26943

9.4 ESTADOS FINANCIEROS PROYECTADOS

Los estados financieros proyectados han sido elaborados en dólares constantes de 1998.

9.4.1 Estado de Ganancias y Pérdidas Proyectado.

En el cuadro N° 59 se presenta el estado de ganancias y pérdidas para la evaluación económica. Los rubros de ingresos por ventas y costos de producción fueron determinados en la sección 9.3 del presente proyecto de inversión.

Los gastos administrativos se estiman en 1 por ciento del ingreso generado por el sistema de tratamiento correspondiente al rubro borra neutra.

Se considera 10 años de operación del sistema de tratamiento de borras ácidas.

Para el cálculo de la depreciación se ha empleado el método lineal o de línea recta y se ha depreciado en 10 años toda la inversión en activo fijo e intangibles. La tasa de impuesto a la renta considerada es la vigente (30 por ciento).

9.4.2 Flujo de Caja Proyectado

En el Cuadro N° 60 se presenta el Flujo de Caja Proyectado para el sistema de tratamiento de borras ácidas. La información de la inversión se ha obtenido de la sección 9.2, y la utilidad neta del Estado de Ganancias y Pérdidas.

9.5 DISCUSION SOBRE LA CONVENIENCIA DEL PROYECTO

De acuerdo a lo expuesto en los capítulos anteriores podemos mencionar 3 puntos de discusión sobre la ejecución del proyecto:

- Uso de una tecnología de tratamiento
- Análisis de la factibilidad económica
- Imagen de la empresa a cargo del proyecto (PETROPERU S.A.)

Uso de una tecnología de tratamiento

Como sabemos los rellenos industriales siguen siendo el método más común de eliminación de desechos industriales incluyendo los de refinería de petróleo. Sin embargo, la preocupación por el deterioro de la calidad del ambiente que este método de disposición de residuos produce, puede llevar a la aplicación de tecnologías distintas.

Los rellenos industriales pueden ocasionar problemas ambientales durante su operación y posterior clausura. Se explicará para el caso específico de las borras ácidas que están compuestas principalmente de ácido sulfúrico e hidrocarburos.

Los elementos del ambiente que pueden ser afectados por el método de disposición de residuos son:

- Elementos Abioticos (Suelo, Aguas subterráneas)

La contaminación del suelo debido al ácido sulfúrico e hidrocarburo presente en borra ácida, depende del tipo de suelo, siendo la composición y textura (tamaño de las partículas que lo forman) las características del suelo que determinarán la adherencia y penetración de los contaminantes.

La presencia de ácido e hidrocarburos en el suelo hace que este no pueda ser utilizado en actividades que influyan directamente la salud del ser humano como ejemplo campos de cultivo, mas bien hace que sean destinadas a la construcción de edificios.

También se debe considerar la profundidad a la cual se encuentran las aguas subterráneas debajo del relleno industrial, debido a la posible filtración de líquidos originados desde el relleno y posterior contaminación marina. Tal vez este control sea el más importante a tomar en cuenta en todo relleno industrial.

- Elementos Bioticos (Flora y fauna)

Sobre la flora, los hidrocarburos se adhieren a las hojas y tallos de las plantas impidiendo el vital intercambio gaseoso y la captación de energía solar. En el suelo el hidrocarburo satura los espacios aéreos desplazando al oxígeno necesario para la vida de las raíces. Además los compuestos aromáticos son directamente tóxicos para las plantas al encontrarse en exceso.

Sobre el efecto de los rellenos industriales en la fauna podemos decir, que existe la posibilidad que los animales que se encuentran en la zona del relleno industrial pueden intoxicarse con el hidrocarburo, por ingestión de algún alimento contaminado en el lugar que forme parte de su cadena alimenticia.

- Elementos Socioeconómicos (actividades humanas, pesca, agricultura, lugares de esparcimiento de clubes de recreación, de turismo, etc.)

La utilización que el ser humano realiza de los diferentes lugares del paisaje para llevar a cabo sus diversas actividades determina los daños que los rellenos puedan ocasionar, en tal sentido es lógico esperar el rechazo de pobladores vecinos a este tipo de lugares de disposición de desechos.

Por otro lado, sabemos que Talara es una zona en la que no existe actividad agraria, debido a la calidad de tierras y al clima que posee.

Si se llegaran a implementar tecnologías agrarias con la que se pudiese hacer producir las tierras de Talara, y de esta forma abastecer a toda su población surgirían problemas entre las autoridades y pobladores referentes a las zonas en las cuales se disponen desechos industriales.

La población de Talara crece cada año, lo cual hace que se ocupen zonas antes despobladas. Esto puede acarrear una presión por utilizar terrenos no previstos para expansión urbana u otros usos.

Estas son algunas razones por las cuales, un relleno industrial debe ser el último recurso para una empresa en disponer sus residuos, puesto no soluciona el problema, sólo se posterga su tratamiento, por eso el énfasis en el uso de tecnologías de tratamiento.

En el proceso de tratamiento de la borra ácida mediante extracción los efluentes generados por el tratamiento son tratables con tecnologías existentes solucionando de raíz el problema de las borras ácidas y evitando la preocupación a futuro que esta ocasionaría a la Refinería Talara.

Análisis de la factibilidad económica

Es importante decir que el sistema de tratamiento de la borra ácida cubre con todos los costos variables y parte de los costos fijos.

El proyecto no es factible desde el punto de vista económico puesto que la utilidad bruta resulta negativa.

Imagen de la empresa a cargo del proyecto (PETROPERU S.A.)

La imagen que debe mostrar PETROPERU S.A. no solo es referente al sector industrial si no también hacia la comunidad, que de alguna forma se ve involucrada y afectada.

Por esto, al tratar los desechos en vez de disponer de ellos, PETROPERU S.A. mostraría una imagen de empresa que se preocupa por eliminar sus residuos, investigando e innovando procedimientos de tratamiento de residuos, buscando en lo posible reducir el impacto ambiental en todas sus unidades de producción.

Asimismo como empresa estatal sería ejemplo hacia la industria en general para que inicien estudios de investigación en aspectos referentes al tema ambiental.

9.6 CONCLUSIONES

- El proyecto no es rentable desde el punto de vista económico.
- El proyecto genera ingresos suficientes para cubrir los costos variables, y parte de los costos fijos.
- La inversión propia resulta elevada debido a los materiales de los equipos utilizados en el sistema de tratamiento vía extracción del ácido, el cual origina que la depreciación sea alta.
- De acuerdo a lo discutido en el inciso 9.5 sobre la factibilidad del proyecto respecto a los asuntos ambientales concernientes al método de confinamiento de la borra ácida en milla seis sugerimos que REFINERÍA TALARA considere dicha discusión para la posible implementación de la tecnología de tratamiento de la borra ácida por extracción del ácido en el futuro, cuando el entorno a este tema así lo exija.

Anexo A

VOLÚMENES DE PRODUCCIÓN DE BORRA ÁCIDA

En los siguientes cuadros se muestra la producción de borra ácida respecto al corte de destilado lubricante a tratar para los años 1995, 1996, 1997 los cuales se tomaron como base para el calculo del volumen de producción mensual y por batch (Tanda) de borra ácida.

CUADRO N° A1

ESTADISTICA DE PRODUCCIÓN DE BORRA ÁCIDA A PARTIR DE
DESTILADO LUBRICANTE 1200

	1995			1996			1997		
	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)
Enero	2	1020	6505	4	2050	13073	2	2112	13385
Febrero	3	1520	9693	4	2040	13009	5	2638	16731
Marzo	7	3651	23282	4	2025	12913	5	1990	13385
Abril	2	1020	6505	4	2045	13041	3	2124	13385
Mayo	6	2986	19042	2	1030	6568	4	2664	16731
Junio	4	2040	13009	5	2560	16325	3	1052	6692
Julio	6	3061	19520	1	520	3316	2	1578	10038
Agosto	4	2013	12837	7	3570	22766	5	2104	13385
Septiembre	6	3024	19284	5	2513	16025	4	1578	10038
Octubre	3	1473	9393	5	2517	16051	4	2630	16731
Noviembre	1	705	4496	4	2050	13073	5	2630	16731
Diciembre	4	2050	13073	4	2032	12958	4	1052	6692
Total	46	24563	156638	47	24952	159119	46	24152	153923

CUADRO N° A2

ESTADISTICA DE PRODUCCIÓN DE BORRA ÁCIDA A PARTIR DE
ELECTROLUBE

	1995			1996			1997		
	N° de Tandas	Destilado Lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado Lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)
Enero	2	1011	7502				2	1070	7655
Febrero	1	530	3933	1	513	3806	1	540	3827
Marzo	1	532	3947	2	1060	7865	2	1060	10206
Abril	1	526	3903				1	540	3827
Mayo	1	258	1914	1	510	3784	5	2725	20412
Junio	1	527	3910				1	550	3827
Julio	1	524	3888	2	1028	7628	2	1100	8930
Agosto	1	528	3918	2	1020	7568	2	1100	7655
Septiembre	3	1589	11790				2	1100	7655
Octubre	1	540	4007	1	465	3450	1	530	3827
Noviembre	1	518	3844	2	1037	7695	2	1100	7655
Diciembre				2	1055	7828			
Total	14	7083	52556	13	6688	49625	21	11415	85476

CUADRO N° A3

ESTADISTICA DE PRODUCCIÓN DE BORRA ÁCIDA A PARTIR DE
DESTILADO LUBRICANTE 400

	1995			1996			1997		
	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)
Enero	1	510	3683						
Febrero									
Marzo									
Abril									
Mayo									
Junio									
Julio				3	1592	11496			
Agosto	4	2030	14659						
Septiembre	1	500	3611	5	2527	18247	3	1590	11482
Octubre	8	3552	25649	1	510	3683			
Noviembre				2	1030	7438			
Diciembre				2	1020	7365			
Total	14	6592	47601	13	6679	48229	3	1590	11482

CUADRO N° A4

ESTADISTICA DE PRODUCCIÓN DE BORRA ÁCIDA A PARTIR DE
DESTILADO LUBRICANTE 75

	1995			1996			1997		
	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)
Enero							1	530	3827
Febrero	2	1082	7997				2	1080	10206
Marzo	3	1604	11855	1	515	3806			
Abril	1	534	3947				2	1070	7655
Mayo							1	530	3827
Junio				1	531	3925			
Julio	1	530	3917	1	520	3843			
Agosto	2	1049	7753				2	1100	7655
Septiembre							1	560	3827
Octubre				1	522	3858	2	1110	7655
Noviembre									
Diciembre									
Total	9	4799	35469	4	2088	15432	11	5980	44652

CUADRO N° A5
PRODUCCIÓN ANUAL DE BORRA ÁCIDA POR TIPO DE DESTILADO LUBRICANTE

	1995			1996			1997		
	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	N° de Tandas	Destilado lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)
DL-1200	48	24563	156638	53	24952	159119	46	24152	153923
ELECTROLUBE	14	7083	52556	13	6688	49625	21	11415	85476
DL-400	14	6592	47601	13	6679	48229	3	1590	11482
DL-75	9	4799	35469	4	2088	15432	11	5980	44652
TOTAL ANUAL	85	43037	292264	83	40407	272405	81	43137	295533
PROMEDIO MENSUAL	7	3586	24355	7	3367	22700	7	3595	24628
PROMEDIO TANDA		512	3479		481	3243		514	3518

CUADRO N° A6
PRODUCCIÓN PROMEDIO DE BORRA ÁCIDA

	N° de Tandas	Destilado Lubricante (Barriles)	Borra Ácida (kg.)	% Respecto al total anual
DL-1200	49	24556	156560	55%
ELECTROLUBE	16	8395	62552	22%
DL-400	10	4954	35771	12%
DL-75	8	4289	31851	11%
TOTAL ANUAL	83	42194	286734	100%
PRODUCCIÓN MENSUAL	7	3516	23895	
PRODUCCIÓN POR TANDA		502	3414	

Anexo B

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE AGITACION EN CADA ETAPA.

Se realizaron cuatro corridas experimentales en el laboratorio, cuyo objetivo fue medir el contenido de ácido removido para diferentes tiempos de agitación manteniendo la temperatura y la velocidad de agitación constantes. Los resultados se muestran en las figuras 1, 2, 3 y 4.

El siguiente cuadro muestra el resumen de las cuatro corridas.

CUADRO N° B1
DETERMINACIÓN PRÁCTICA DEL TIEMPO DE AGITACIÓN

	R	Punto Optimo		Factor de seguridad 65%
		Peso total de Ácido removido (gr.)	Tiempo (min.)	Tiempo (min.)
Corrida 1	20	8.243	11.32	17.41
Corrida 2	20	6.23	13.27	20.42
Corrida 3	20	6.03	12.84	19.75
Corrida 4	20	4.68	15.13	23.28
Tiempo de Agitación				20.215

Del cuadro anterior se concluye que el tiempo de agitación por cada etapa es de 20.215 min., el cual es redondeado a 20 min. con fines prácticos de trabajo en el laboratorio.

CORRIDA N° 1

Peso de borra ácida (gr.)	60
% ácido sulfúrico en la borra ácida	22.0%
Solvente	Agua de Mar.
Volumen de Solvente (ml.)	1200
R	20
Temperatura (°C)	25

Tiempo (min.)	Peso total de Ácido removido (gr.)	Gradiente
5	4.41	
10	7.98	3.569
15	9.03	1.050
20	9.45	0.420
30	9.66	0.210
40	9.76	0.105
60	9.87	0.105
90	9.97	0.105
120	10.05	0.084

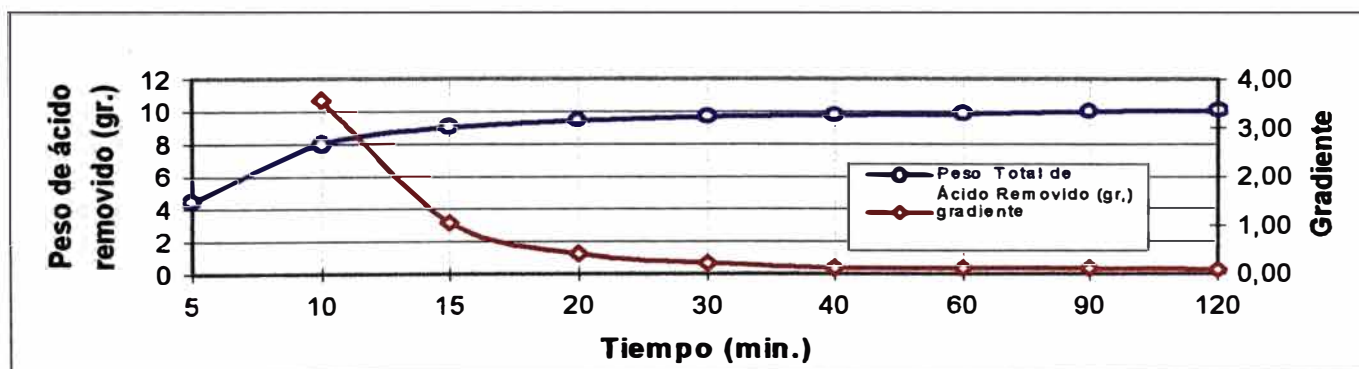


Figura N°B1 gr. de ácido removidos vs tiempo de agitación.

Se aprecia que el punto óptimo se encuentra en las coordenadas:

Peso de ácido removido (gr.) = 8.243

Tiempo (min.) = 11.32

Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 65% tendremos un tiempo de agitación igual a 17.41 min.

CORRIDA N° 2

Peso de borra ácida (gr.)	50
% ácido sulfúrico en la borra ácida	21.1%
Solvente	Agua de Mar.
Volumen de Solvente (ml.)	1000
R	20
Temperatura (°C)	25

Tiempo (min.)	Peso total de ácido removido (gr.)	Gradiente
6	5.13	
11	5.75	0.62171
15	6.22	0.46628
20	6.61	0.38857
40	6.92	0.31086
60	7.15	0.23314
80	7.23	0.07771

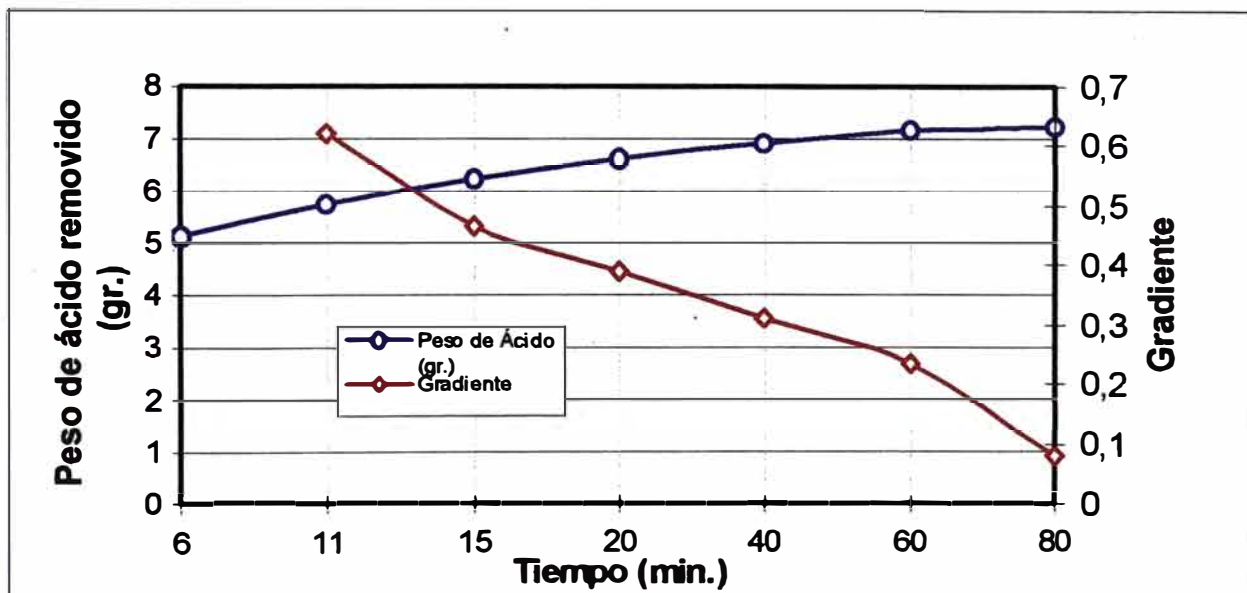


Figura N°B2 gr. de ácido removidos vs tiempo de agitación.

Se aprecia que el punto óptimo se encuentra en las coordenadas:

Peso de ácido removido (gr.) = 6.23

Tiempo (min.) = 13.27

Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 65% tendremos un tiempo de agitación igual a 20.42 min.

CORRIDA N° 3

Peso de borra ácida (gr.)	50
% ácido sulfúrico en la borra ácida	21.1%
Solvente	Agua de Mar.
Volumen de Solvente (ml.)	1200
R	20
Temperatura (°C)	25

Tiempo (min.)	Peso total de ácido removido (gr.)	Gradiente
5	4.82	
10	5.60	0.777
15	6.22	0.622
20	6.68	0.466
40	7.07	0.389
60	7.31	0.233
80	7.38	0.078
120	7.46	0.078

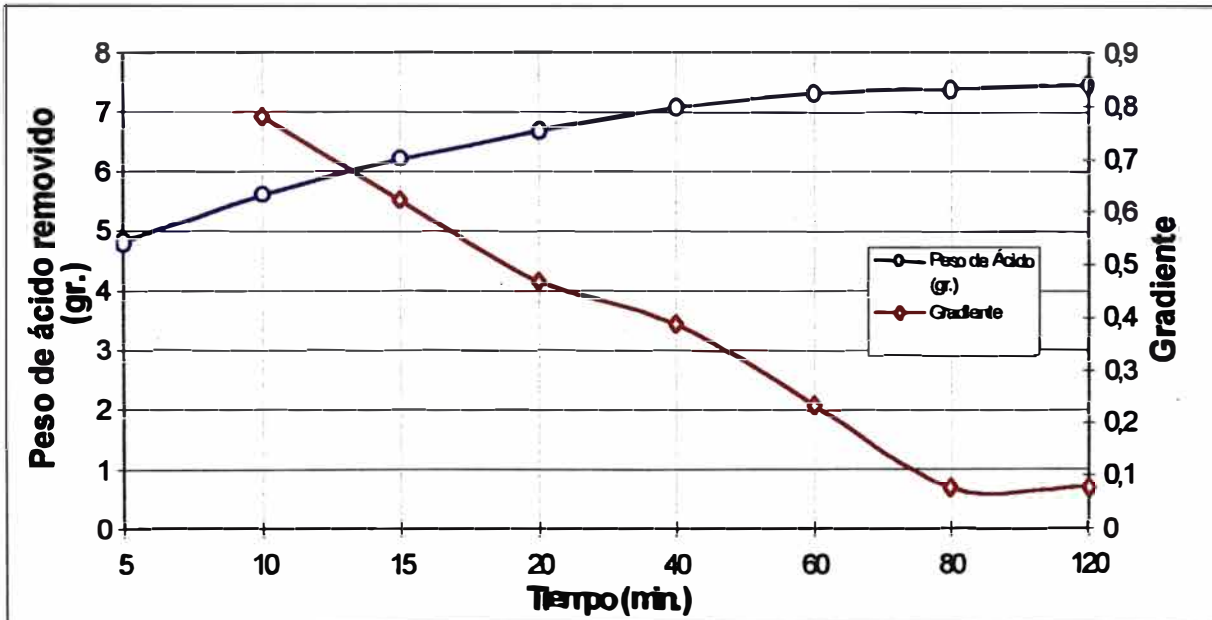


Figura N°B3 gr. de ácido removidos vs tiempo de agitación.

Se aprecia que el punto óptimo se encuentra en las coordenadas:

Peso de ácido removido (gr.) = 6.03

Tiempo (min.) = 12.84

Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 65% tendremos un tiempo de agitación igual a 19.75 min.

CORRIDA N° 4

Peso de borra ácida (gr.)	50
% ácido sulfúrico en la borra ácida	21.1%
Solvente	Agua de Mar.
Volumen de Solvente (ml.)	1200
R	20
Temperatura (°C)	25

Tiempo (min.)	Peso total de ácido removido (gr.)	Gradiente
5	3.60	
10	4.19	0.590
15	4.66	0.472
20	5.02	0.354
40	5.31	0.295
60	5.49	0.177
80	5.67	0.177
120	5.73	0.059

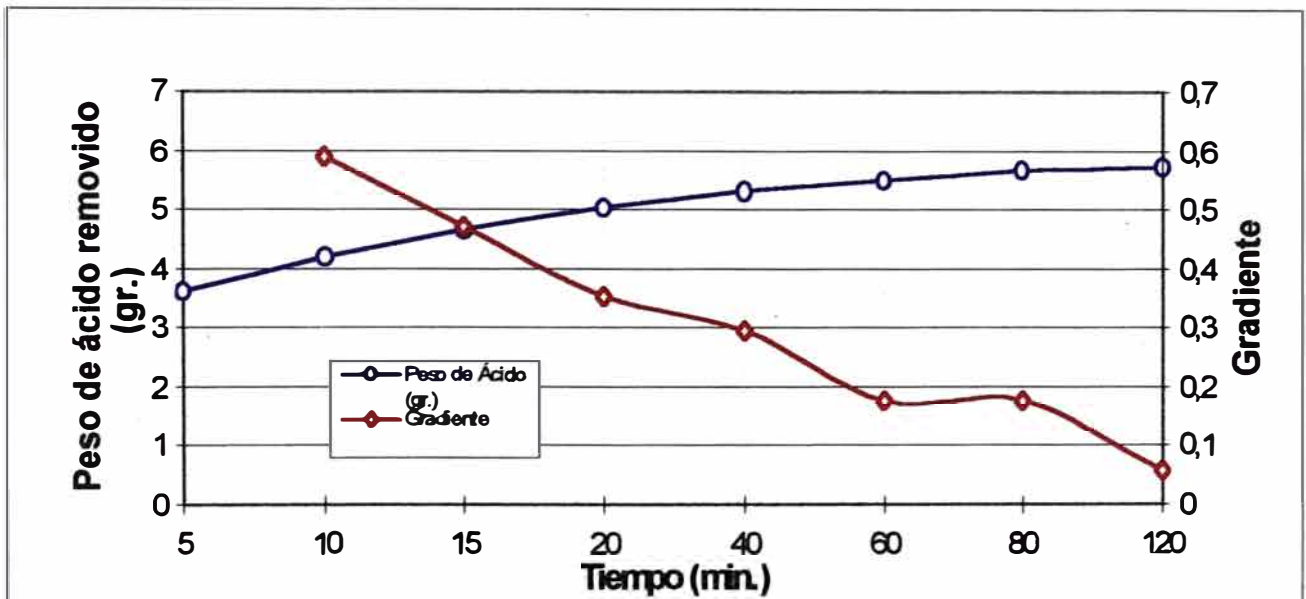


Figura N°B4 gr. de ácido removidos vs tiempo de agitación.

Se aprecia que el punto óptimo se encuentra en las coordenadas:

Peso de ácido removido (gr.) = 4.68

Tiempo (min.) = 15.13

Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 65% tendremos un tiempo de agitación igual a 23.28 min.

Anexo C

MÉTODO TCA-01

MÉTODO PARA CALCULAR EL CONTENIDO DE ÁCIDO EN LA BORRA ÁCIDA.

1. Alcance

El método cubre la determinación de ácido sulfúrico presente en la borra ácida. Y la determinación del porcentaje de remoción de ácido residual por etapa.

2. Resumen del Método

Este método emplea la titulación del ácido disuelto en agua de mar con una solución estándar de hidróxido de sodio. El cambio de color del indicador combinado (naranja - azul) determina el punto final de la titulación.

3. Aparatos

Bureta.- De 10 ml., calibrada con divisiones de 0.05 ml.

Vasos.- 2000 ml., 250 ml. pirex.

Agitador de paletas.-

Soporte universal.-

4. Reactivos y materiales

4.1 Hidróxido de Sodio, Solución estándar (0.2N).- Preparar y estandarizar la solución de hidróxido de sodio 0.2N (NaOH) de acuerdo a la norma ASTM E200.

4.2 Indicador Combinado.- Combinar en relación 50/50 el anaranjado de metilo y el azul de bromocresol.

5. Procedimiento

5.1 Pesar 25 gr. de borra ácida.

5.2 En un vaso de 2 L. Agregar 500 ml de agua de mar, y añadir la borra ácida previamente pesada en el paso anterior.

5.3 Agitar por 20 min. para mezclar la borra ácida con el agua de mar. El ácido presente se transferirá al agua de mar.

5.4 Filtrar la mezcla borra ácida agua dulce en un papel filtro grado 230.

5.5 Recolectar 200 ml. De la fase acuosa en un vaso de 250 ml. desechar el resto.

5.6 Titular 10 ml. de la solución acuosa con NaOH 0.2 N. Anotar el volumen gastado en la titulación.

5.7 Repetir desde el paso N° 2 al 6 utilizando la borra ácida que queda en el papel de filtro hasta que la transferencia acumulada de ácido sea de 98%.

6. Cálculos

6.1 Cálculo del peso de ácido transferido por etapa.-

$$\text{Peso de ácido transferido por etapa} = 24.5 * \frac{N_1 \cdot V_1}{V_2}$$

Donde:

N_1 = Normalidad de la solución de NaOH.

V_1 = ml. de NaOH, gastados en la titulación.

V_2 = ml. de muestra, utilizada para la titulación.

6.2 Cálculo del ácido transferido total.-

Con los datos obtenidos en cada etapa de extracción, proceder a calcular el ácido transferido acumulado por etapa.

Con los datos de peso acumulado por etapa y el N° de etapas se puede calcular el contenido de ácido inicial presente en la borra, haciendo uso del artículo "Correlating the hyperbolic function", publicado en la revista Chemical Engineering, 7 de abril de 1980. Y presentado al final del anexo. El cual nos permite calcular los coeficientes de la función hiperbólica.

$$Y = \frac{(a + bX)}{(1 + cX)}$$

Donde:

a, b , c : Coeficientes de la función.

Y : Peso de ácido transferido.

X : N° de Etapa.

De esta manera calcular el valor máximo de la función, que representa el peso total de ácido transferido y que es igual al contenido de ácido en la muestra de borra ácida tratada.

$$\text{Peso Total de ácido transferido} = \frac{b}{c}$$

6.3 Cálculo del % en peso del contenido de ácido en la borra.-

Se calcula según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ en peso de ácido} = \frac{\text{Peso total de ácido transferido}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

6.4 Cálculo del % de remoción de ácido en la borra ácida por etapa.

Con el peso de ácido transferido en cada y etapa y el peso de ácido total transferido, calculado anteriormente en el paso 6.2 calcular el porcentaje de ácido removido en cada etapa de la siguiente manera:

$$\% \text{ de ácido removido} = \frac{\text{Peso de ácido transferido por etapa}}{\text{Peso de ácido total transferido}} * 100$$

6.5 Cálculo del N° de etapas de extracción

El N° de etapas de extracción a recomendar es el N° de etapa a la cual el % de ácido removido es de 98 %.

7. Ejemplo

Peso de borra ácida (gr.) 25
 Volumen de agua de mar (ml.) 500

CUADRO N° C1

RESULTADOS

Etapa	V _{muestra}	Volumen Gastado de NaOH.	Normalidad NaOH.	Peso de ácido transferido (gr.)	Peso acumulado de ácido transferido (gr.)	% de Remoción de ácido
1	5	4.6	0.162	3.65	3.65	74.5
2	5	0.9	0.162	0.71	4.36	89.0
3	5	0.4	0.162	0.32	4.68	95.5
4	10	0.3	0.162	0.10	4.77	97.3
5	20	0.2	0.162	0.04	4.81	98.2
6	40	0.1	0.162	0.01	4.82	98.4

Donde las constantes a, b, c de la función hiperbólica son:

$$a = 5.5395$$

$$b = -6.428$$

$$c = -1.3080$$

$$r = 1.00$$

Por lo tanto:

$$\text{Peso total de ácido transferido} = b/c = -6.428/-1.3080 = 4.9 \text{ gr.}$$

$$\% \text{ en peso de ácido} = 4.9/25 * 100 = 19.7 \%$$

Para este ejemplo podemos ver que el N° de etapas recomendadas es de cinco. Puesto que en esta etapa se alcanza un 98.2 % de remoción de ácido sulfúrico inicial.

ANEXO D

CONSUMO DE VAPOR EN EL TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA VIA EXTRACCION DEL ACIDO

CONSUMO DE VAPOR EN EL TANQUE DE TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA

El vapor utilizado en el tanque de tratamiento de borra ácida sirve para el calentamiento de la borra neutra

El calor a transmitir para hacer fluida la borra neutra y poder enviarla al tanque de almacenamiento será:

$$Q = m C_p (T_{f_{bn}} - T_{i_{bn}}) \dots \dots \dots (D1)$$

El vapor utilizado para el calentamiento es de 125 psig. lo cual implica que el calor cedido por este es:

$$Q = m_{\text{vapor}} \Delta H_v \dots \dots \dots (D2)$$

Despejando de las ecuaciones D1 y D2 la variable m_{vapor} y obtenemos:

$$m_{\text{vapor}} = m C_p (T_{f_{bn}} - T_{i_{bn}}) / \Delta H_v \dots \dots \dots (D3)$$

Valor que representa la masa de vapor consumido en el calentamiento de la borra neutra.

Datos para el cálculo.

$$m = 2500 \text{ Kg.}$$

$$C_p = 0.46 \text{ Kcal / Kg } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{f_{bn}} = 85 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{i_{bn}} = 25.6 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$\Delta H_v = 481 \text{ Kcal / Kg.}$$

Reemplazando en la ecuación D3 obtenemos:

$$m_{\text{vapor}} = 143 \text{ Kg. De vapor de 125 psig.}$$

**CONSUMO DE VAPOR EN EL TANQUE DE MEZCLA DE BASE ASFÁLTICA 80/100
BORRA NEUTRA**

Para realizar la mezcla base asfáltica - borra neutra se debe calentar ambos componentes hasta 112 °C, en tal sentido se calcula el consumo de vapor necesario para el calentamiento de la borra neutra y base asfáltica.

Calentamiento de la borra neutra

La borra neutra retirada del tanque de almacenamiento tiene la temperatura de 82 °C y se debe de calentar hasta 112 °C, por lo tanto el calor que se debe transmitir para incrementar su temperatura es:

$$Q_1 = m C_p (T_{f_{bn}} - T_{i_{bn}}) \dots\dots\dots (D4)$$

Datos para el cálculo.

$$m = 2500.4 \text{ Kg.}$$

$$C_p = 0.46 \text{ Kcal / Kg } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{f_{bn}} = 112 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{i_{bn}} = 82 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación D4 obtenemos:

$$Q_1 = 34505 \text{ Kcal.}$$

Calentamiento de la base asfáltica.

La base asfáltica 80/100 se encuentra almacenada en las instalaciones de la refinería a la temperatura de 60 °C., por lo tanto el calor necesario para realizar el calentamiento de la base asfáltica será:

$$Q_2 = m_{ba} C_p (T_{f_{ba}} - T_{i_{ba}}) \dots\dots\dots (D5)$$

Datos para el cálculo.

$$m_{ba} = 83346.5 \text{ Kg.}$$

$$C_p = 0.46 \text{ Kcal / Kg } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{f_{ba}} = 112 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$T_{i_{ba}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Reemplazando los datos conocidos en la ecuación D5 obtenemos:

$$Q_2 = 1993648.3 \text{ Kcal}$$

De los cálculos realizados anteriormente el calor total para realizar la mezcla es:

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

A partir de este dato se puede calcular el consumo de vapor necesario para realizar la mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra.

El vapor utilizado para el calentamiento es de 125 psig. Lo cual implica que el calor cedido por este es:

$$Q_T = m_{\text{vapor}} \Delta H_v \dots\dots\dots (D6)$$

Despejando de la ecuación D6 la variable m_{vapor} y obtenemos:

$$m_{\text{vapor}} = Q_T / \Delta H_v$$

Valor que representa la masa de vapor consumido en el calentamiento de la borra neutra - base asfáltica 80/100.

Datos para el cálculo.

$$Q_T = 2028153.3 \text{ Kcal.}$$

$$\Delta H_v = 481 \text{ Kcal. / Kg.}$$

Reemplazando los datos conocidos resulta:

$$m_{\text{vapor}} = 4216 \text{ Kg.}$$

NOMENCLATURA.

m	=	Masa de borra neutra.
C_p	=	Calor específico.
m_{ba}	=	Masa de base asfáltica 80/100.
$T_{f_{ba}}$	=	Temperatura final de base asfáltica 80/100.
$T_{i_{ba}}$	=	Temperatura inicial de base asfáltica 80/100.
Q_T	=	Calor necesario para realizar la mezcla base asfáltica 80/100 - borra neutra.
ΔH_v	=	Entalpía de vaporización de agua (vapor a 125 psig.)
Q_1	=	Calor de calentamiento de borra neutra a 112 C.
Q_2	=	Calor de calentamiento de base asfáltica 80/100 a 112 C.
$T_{f_{bn}}$	=	Temperatura final de calentamiento de borra neutra.
$T_{i_{bn}}$	=	Temperatura inicial de la borra neutra.
m_{vapor}	=	Masa de vapor de 125 psig.
Q	=	Calor para calentamiento de borra neutra en el tanque de tratamiento de borra ácida.

ANEXO E

DISEÑO DE RECIPIENTES DE PROCESO.

En el sistema de tratamiento de la borra ácida mediante extracción del ácido, es necesaria la instalación de recipientes de proceso, los cuales cumplen funciones de operación y de almacenamiento de productos.

Se realiza el diseño y la especificación del recipiente dependiendo del tipo de producto que ingresa a este.

Para el sistema vía extracción del ácido, los productos que se manejan son; borra ácida, borra neutra, corriente ácida, soda gastada, corriente neutra.

El recipiente correspondiente a la unidad principal se encuentra disponible en refinería pero necesita ser acondicionado, mediante el recubrimiento con plomo en su parte interior.

Dentro de la especificación y diseño del recipiente de almacén de borra neutra, lo primero que se hizo fue calcular la capacidad del recipiente tomando las bases de cálculo mostradas en el capítulo 7.1.

El tanque de almacenamiento de borra neutra esta constituido por un fondo plano, cuerpo cilíndrico y un techo fijo.

La relación altura diámetro del recipiente de proceso se eligió basándose en el tipo de recipiente y las condiciones de operación, utilizando para esto literatura especializada en el tema.

El material de construcción de cada recipiente de proceso se eligió basándose en el producto almacenado, para lo cual se utilizó como fuente bibliográfica el manual del Ingeniero Químico, Sección 21, Materiales de Construcción.

ANEXO F

F.1 DISEÑO DE BOMBAS DE PROCESO

Para el diseño y especificación de las bombas de proceso, el primer paso es el cálculo de la pérdida de carga en los conductos por donde se transporta el fluido.

En el Cuadro N° F1 se presentan los datos correspondientes a las pérdidas por fricción en el tratamiento de la borra ácida vía extracción del ácido.

En el Cuadro N° F2 se presentan los datos correspondientes a la energía cinética, potencial, de presión para el diseño de cada bomba de proceso empleada en el tratamiento de la borra ácida vía extracción del ácido.

F.2 PERDIDA DE CARGA EN CONDUCTOS RECTILÍNEOS

La variación de la presión entre dos puntos de un conducto por el que circula un fluido puede ser debido a:

- Diferencia de alturas entre ambos puntos (variación de la energía potencial)
- Diferencia de velocidades (variación de la energía cinética).
- Perdidas por fricción.
- Aportación o cesión al exterior de energía (bombas).

La ecuación que relaciona todos estos factores deriva de la ecuación de Bernoulli, y resulta de aplicar el principio de la conservación de la energía:

Ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{Z g}{g_c} + \frac{v^2}{2g_c} = \text{cte.}$$

$\frac{P}{\rho}$ = término que representa la presión aplicada.

$\frac{Z g}{g_c}$ = contribución de la altura (energía potencial del fluido).

$\frac{v^2}{2g_c}$ = contribución cinética (energía cinética del fluido).

Ecuación general:

$$\frac{P}{\rho} + \frac{Z g}{g_c} + \frac{v^2}{2g_c} + \eta w - h_f = \text{cte.}$$

Esta ecuación es la ecuación de Bernoulli completada en dos términos:

ηw = trabajo aportado por una bomba de rendimiento η .

h_f = pérdidas por fricción.

Entre dos puntos se expresaría:

$$\frac{P_2 - P_1}{\rho} + \frac{(Z_2 - Z_1)g}{g_c} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g_c} + \eta w - h_f = \text{cte.}$$

CUADRO N° F1
PERDIDAS POR FRICCION EN EL TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA VIA EXTRACCION DEL ACIDO

Identificación de la Bomba	L-121	L-123	L-311
Producto	BORRA ÁCIDA/NEUTRA	CORRIENTE ÁCIDA	BORRA NEUTRA
Peso Kg.	3414	68280	2500
Densidad Kg./l	1.1	1.0	1.1
Volumen (m ³)	3.1	68.3	2.3
Viscosidad, cps	4400	1	4400
Aplicación			
Descarga a :	M-120/F-310	F-130	F-320
Tiempo estimado de descarga (min.)	10	15	20
Flujo de Bombeo (m ³ /seg.)	0.01	0.11	0.002
Tubería			
Material de Construcción	Acero Comercial	Acero Comercial	Acero Comercial
Diámetro (cm)	7.6	20.3	5.1
Longitud (m)	293	300	50
Sección Transversal (cm ²)	46	324	20
Accesorios			
	% de Tubería	50%	50%
	Longitud (m)	146.5	25
Longitud total equivalente (m)	439.5	450.0	75.0
Velocidad de Bombeo (m/seg)	1.1	3.5	0.9
Características para el Diseño			
Numero de Reynolds	21.6	713085	11.9
Tipo de Flujo	Laminar	Turbulento	Laminar
Factor de fricción			
	e/D	0.0006	0.00018
	f	2.96	0.015
			5.4
Perdida de Carga			
Perdida por fricción (Kgf - m / Kg)	1121.4	21	354.7

CUADRO N° F2

**ENERGÍA DE PRESION, ENERGÍA CINÉTICA Y ENERGÍA POTENCIAL EN EL
TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA VIA EXTRACCIÓN DEL ACIDO
(Kgf - m / Kg)**

Bomba de Proceso	Δ E. Presión	Δ E. Cinética	Δ E. Potencial
L-121	0.0	0.1	5.4
L-123	0.0	0.6	6.7
L-311	0.0	0.0	5.6
L-221	0.0	0.0	6.8

F.2.1 PERDIDA DE CARGA POR FRICCIÓN

La ecuación de Darcy, es la ecuación general para el cálculo de la pérdida de carga por rozamiento de un fluido.

$$h_f = \frac{f L v^2 \rho}{2gD}$$

h_f	=	pérdida por fricción.
f	=	factor de fricción de Darcy.
L	=	longitud del conducto.
v^2	=	velocidad del fluido.
ρ	=	densidad del fluido.
$2g$	=	factor de conversión.
D	=	diámetro del conducto.

F.2.2 COEFICIENTE DE FRICCIÓN (f)

El factor de fricción es un coeficiente adimensional determinado a partir de datos experimentales.

Para el cálculo del coeficiente de fricción se utiliza una gráfica que relaciona el factor de fricción con el número de Reynolds para distintas rugosidades de tubería. Este gráfico se conoce como el gráfico de Moody.

El coeficiente de fricción para los cálculos de diseño es:

$f_D =$ coeficiente de fricción de Darcy.

F.2.3 RUGOSIDAD RELATIVA (e/D)

Para el cálculo de la rugosidad relativa hacemos uso de la grafica en la cual se relaciona el diámetro en pulgadas y el material de la tubería.

F.2.4 CALCULO DEL DIAMETRO DE TUBERIA (D)

Los diámetros de las tuberías deben elegirse de manera que el costo total de adquisición y de explotación del sistema al manipular el fluido sea mínimo.

En el manual de Ingeniero Químico se presenta un nomograma para el cálculo del diámetro óptimo de tuberías, para la utilización del nomograma se requiere el Gasto (w), expresado en Miles de kilogramos masa por hora y la densidad del fluido (ρ), expresado en kilogramos masa por m^3 . Para hallar el diámetro óptimo se debe unir con una línea w y ρ .

F.2.5 PERDIDA DE CARGA EN ACCESORIOS

Todos los circuitos están constituidos de tramos rectos de conductos de un diámetro determinado y de diversos accidentes y accesorios:

- Válvulas.
- Codos y T.
- Estrechamientos y los ensanchamientos.

Para este caso en particular, se asumió que la pérdida de carga debido a los accesorios es igual al 50 % de la pérdida de carga generada por la tubería recta, debido a que no se conoce exactamente en detalle el lugar por donde se va a instalar el circuito de tuberías en el sistema de tratamiento de la borra ácida mediante extracción del ácido y mediante soda.

F.2.6 PERDIDA DE CARGA TOTAL

La pérdida de carga total es la suma de la pérdida de carga debida a la fricción mas la energía de presión, energía cinética y energía potencial realizado para cada bomba de proceso.

En el Cuadro N° F3 se presenta la pérdida de carga total para cada bomba de proceso. La pérdida de carga total se expresa en Kgf-m / Kg.

CUADRO N° F3

**PERDIDA DE CARGA TOTAL EN EL TRATAMIENTO DE LA BORRA ÁCIDA
VIA EXTRACCION DEL ACIDO
(Kgf - m / Kg)**

Bomba de Proceso	Δ E. Presión	Δ E. Cinética	Δ E. Potencial	fricción	Perdida de Carga Total
L-121	0.0	0.1	5.4	1121.4	1127
L-123	0.0	0.6	6.7	20.9	29
L-311	0.0	0.0	5.6	354.7	360.4
L-221	0.0	0.0	6.8	4.8	11.6

F.2.7 POTENCIA DE LA BOMBA DE PROCESO

A partir de los datos de pérdida de carga total, realizado para cada bomba de proceso se calcula la potencia necesaria, se considera un factor de rendimiento de 70 %.

La potencia de cada bomba se calcula de la siguiente manera:

$$P = \text{Pérdida de carga total} \times \text{gasto} \times F / \eta$$

Potencia de la bomba (P) = en HP.

Pérdida de carga total = en Kgf-m./Kg.

Gasto del fluido = en Kg./seg.

Factor de conversión (F) = 1.314E-2

Rendimiento de la bomba (η) = 70%.

En el Cuadro N° F4 se presenta la potencia de cada bomba de proceso.

CUADRO N° F4
POTENCIA DE LAS BOMBAS DE PROCESOS EN EL TRATAMIENTO DE LA
BORRA ÁCIDA VIA EXTRACCION DEL ACIDO

Bomba de Proceso	Potencia (HP)
L-121	120
L-123	11
L-311	14
L-221	1

BIBLIOGRAFIA

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE, J.F. DE MARCO, RAFFINAGE DES HUILES MINERALES A L'ACIDE SULFURIQUE

Boletín técnico ARPEL N° 6 - Marzo 1997, Elaboración de Lubricantes, 13 - 27

P.Wuithier, El petróleo refino y tratamiento químico, Ediciones CEPESA S.A. - España - 1971, tomo I, 3-5, 8-12, 34-40, 43-48, 59-60, 134-135, 609-621, 674-678, 872-874

B.A. Stagner, Sulfur dioxide and fresh sulfuric acid from refinery acid Sludge, Industrial and engineering chemistry Vol 23 - N° 2, 171-175

W.L. Nelson, CHEMICAL ENGINEERING SERIES, Mc Graw Hill Book Company - New York - Fourth Edition, Chapter 2.

W.L. Nelson, CHEMICAL ENGINEERING SERIES, Mc Graw Hill Book Company - New York - Fourth Edition, Chapter 10, 293-297

Alan S. Foust, Principios de operaciones unitarias, CIA Editorial Continental S.A - México - 1990, Capitulo 20

Robert Treybal, Operaciones de transferencia de masa, Mc Graw Hill - México - 1988, Capitulo 13

Gloria Ma Martinez Gonzalez, Eleazar Silva, Roberto Pérez, Perspectivas para el aprovechamiento de lodos de desecho Industrial Ingeniería química - Enero 1994, 137 - 140

Universidad agraria de la molina, Manual de problemas ambientales - Legislación ambiental

Chemical Engineering, Microcomputer Programas of Chemical Engineering, Mc Graw Hill - New York - 1984, 95 - 98

Eduardo Madueño, Modelo matemático para la optimización de un procesos de extracción sólido - líquido, Ingeniería Química - Marzo 1982, 123-127

Virgilio Gonzales P, Nuevos atractivos de los procesos discontinuos, Ingeniería Química - Noviembre 1986, 161 - 165

R.S. Ramalho, Tratamiento de aguas residuales, Reverte S.A. - España - 1993, 576 - 578

THE ASPHALT INSTITUTE, Manual del Asfalto, Ediciones URMO Espartadero Bilbao - 1973, 21 - 107.

Gael D. Ulrich, Diseño y economía de procesos de ingeniería química, McGraw Hill - Mexico - 1992

Calculo de velocidades terminales de sedimentación, Chemical Engineering - March 1982, 96

José María García Romero, Ricardo Victoria, Escalado en los procesos de agitación, Ingeniería Química - Noviembre 1986, 165 - 167

Pacific S.A (Consultores y Proyectos), Estudio de impacto ambiental - proyecto de relleno de desechos industriales de la Refinería Talara, Petróleos del Perú S.A.- Gerencia Operaciones Talara

MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS, Dirección general de asuntos ambientales, Guía para el manejo de desechos de refinería de petróleo. Editora gráfica industrial "GUCALO" E.I.R.L - Perú - 1996