

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL DESALADOR D-253 DE
LA TOPPING U-250 UBICADO EN LA GERENCIA REFINACIÓN DE
BARRANCABERMEJA (ECOPETROL S.A.)**

INFORME DE PRÁCTICA INDUSTRIAL ESTUDIANTIL

ELKIN CLEMENTE CASTAÑO ALMEYDA

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito para optar el título de:

INGENIERO QUÍMICO

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE FISICO-QUÍMICAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

BUCARAMANGA

2008

**ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL DESALADOR D-253 DE
LA TOPPING U-250 UBICADO EN LA GERENCIA REFINACIÓN DE
BARRANCABERMEJA (ECOPETROL S.A.)**

INFORME DE PRÁCTICA INDUSTRIAL ESTUDIANTIL

ELKIN CLEMENTE CASTAÑO ALMEYDA

TRABAJO DE GRADO

Presentado como requisito para optar el título de:

INGENIERO QUIMICO

Presentado a:

Prof. ÁLVARO RAMÍREZ GARCÍA

LECTOR

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

FACULTAD DE FISICO-QUÍMICAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

BUCARAMANGA

2008

Doy Gracias a DIOS, por permitirme realizar esta práctica en ECOPETROL.

A mis Padres y Hermanos por su apoyo incondicional.

*A los Ingenieros y Operadores del Departamento de Refinación de Crudos de la
GRB- ECOPETROL S.A.*

A la Escuela de Ingeniería Química y todos sus profesores.

A todos mis amigos.

A Toda mi familia.

ELKIN

RESUMEN

TITULO: ANÁLISIS Y MEJORAMIENTO OPERACIONAL DEL DESALADOR D-253 DE LA TOPPING U-250 UBICADO EN LA GERENCIA REFINACION DE BARRANCABERMEJA (ECOPETROL S.A.) *

AUTOR: ELKIN CLEMENTE CASTAÑO ALMEYDA **

PALABRAS CLAVE: Desalado del crudo, desalador, SAL y BS&W en crudo.

La U-250 (Unidad Refinadora de Crudos TOPPING-250) del Complejo de ECOPETROL Barrancabermeja es cargada con diversas mezclas de crudo, estos crudos contienen una gran cantidad de contaminantes como: agua, oxígeno, metales, sedimentos sólidos, sales inorgánicas ($MgCl_2$, $CaCl_2$ y $NaCl$), etc; estos contaminantes son causas potenciales que disminuyen la confiabilidad operacional de los equipos, debido a la corrosión y ensuciamiento que se produce por ellas. Con el objetivo de minimizar estos problemas es necesario desalar el crudo.

Para la optimización y mejoramiento de la eficiencia del Desalador (D-253) se lleva a cabo una prueba de eficiencia, donde se analizó el contenido de sal (ASTM 3230) y BS&W (porcentaje de agua y sedimentos en el crudo -ASTM 4007) del crudo a la entrada y salida del desalador.

Los resultados de la prueba de eficiencia evidencian que la manipulación de variables operativas en el D-253 como la caída de presión de la válvula mezcladora, voltaje secundario de los transformadores, el porcentaje de nivel de interfase y la realización de un procedimiento de remoción de lodos efectivo en el D-253, mejoran la eficiencia del D-253. De este modo fue posible optimizar el desalado del crudo en la U-250 a partir de especificaciones de diseño y recomendaciones del diseñador.

* Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química.
Prof. Álvaro Ramírez García.

ABSTRACT

TITLE: ANALYSIS AND IMPROVENT OPERATIONAL OF DESALTER D-253 AT THE TOPPING U-250 IN THE BARRANCABERMEJA REFINERY (ECOPETROL S.A.) *

AUTHOR: ELKIN CLEMENTE CASTAÑO ALMEYDA **

KEYWORDS: Desalination of crude, desalter, SALT and BS&W in crude.

The U-250 (UNITY TOPPING 250) at Barrancabermeja Refinery ECOPETROL is charged with diverse mixtures of crude oil, these contain a large amount of pollutants as: water, oxygen, metals, sediments solids, inorganic salts ($MgCl_2$, $CaCl_2$ and $NaCl$), etc.; these pollutants are potential causes which reduced the reliability operational of equipment, owing to corrosion and fouling produced by them. With the aim to minimise these problems is necessary to desalt crude oil.

For the optimization and improvement of the efficiency of Desalador (D-253) is carried out a test of efficiency, to be analyzed the content of salt (ASTM 3230) and BS&W (percentage of water and sediments in the crude-ASTM 4007) of crude oil to the in and out from desalter.

The results of the test of efficiency show that the handling of variables operatives in the D-253 as the delta of pressure from the mixing valve, voltage secondary of transformers, the percentage of level of interface and the realization of a effective procedure for removal of sludge at the D-253, make better the efficiency of D-253. In this way was possible to optimise the desalination of crude oil in the U-250 from design specifications and recommendations of the designer.

* Final studies work report.

** Physical-Chemistry Engineering Faculty. Chemical Engineering School.
Prof. Álvaro Ramírez García.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	9
2.	CONCEPTOS TEÓRICOS.....	11
2.1.	VARIABLES DE OPERACIÓN.....	11
2.1.1.	<i>CARGA DE CRUDO</i>	11
2.1.2.	<i>TEMPERATURA DEL CRUDO</i>	11
2.1.3.	<i>PRESIÓN EN EL DESALADOR</i>	12
2.1.4.	<i>CAÍDA DE PRESIÓN EN LA VÁLVULA MEZCLADORA</i>	12
2.1.5.	<i>AGUA DE PROCESO</i>	13
2.1.6.	<i>NIVEL DE CONTROL DE AGUA</i>	14
2.1.7.	<i>CAPA DE EMULSIÓN</i>	14
2.1.8.	<i>DESMULSIFICANTE QUÍMICO</i>	15
2.1.9.	<i>VOLTAJE DEL TRANSFORMADOR</i>	15
2.1.10.	<i>SEDIMENTOS DE FONDO</i>	16
3.	DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	17
3.2.	METODOLOGÍA DE LA TOMA DE MUESTRAS.....	18
3.2.1.	ANÁLISIS DE SAL.....	21
3.2.1.1.	TERMINOLOGÍA.....	21
3.2.2.	ANÁLISIS DE AGUA Y SEDIMENTOS (BS&W).....	22
4.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	22
4.1.	DATOS DE CORRIDA DE EVALUACIÓN Y EFICIENCIA D-253.....	22
4.2.	BS&W Y SAL DEL CRUDO A LA SALIDA D-253.....	25
4.3.	% AGUA Y % SEDIMENTOS EN BS&W (SALIDA DE CRUDO D-253).....	26

4.4.	% EFICIENCIA D-253.....	27
4.5.	% EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE SAL POR DISEÑO DEL EQUIPO	28
4.6.	CALIDAD AGUA EN EL PROCESO DE DESALADO	29
4.7.	VOLTAJES Y AMPERAJES EN LOS CAMBIOS DE TAG DE LOS TRANFORMADORES.....	29
4.8.	PORCENTAJE DE AGUA EN CRUDO.....	30
4.9.	NIVEL DE DISEÑO DEL SESALADOR D-253.....	31
5.	CONCLUSIONES.....	32
6.	RECOMENDACIONES	33
7.	BIBLIOGRAFIA	35

LISTADO DE TABLAS

Tabla No.1 <i>Variables operacionales del Desalador D-253 (Base de Datos en tiempo real de ECOPETROL)</i>	15
Tabla No.2 <i>Variables operacionales del Desalador D-253 (Base de Datos en tiempo real de ECOPETROL)</i>	16
Tabla No.3 <i>Variables operacionales del Desalador D-253 (Base de Datos en tiempo real de ECOPETROL)</i>	17
Tabla No.4 <i>Datos de corrida de eficiencia D-253</i>	19
Tabla No.5. <i>Análisis de agua (entrada y salida)</i>	25

LISTADO DE FIGURAS

Figura No. 1 Relación de Temperatura vs. Viscosidad del crudo.....	8
Figura No. 2 Caída de presión de la válvula mezcladora vs. Sal y BS&W en crudo desalado.....	9
Figura No.4 Zona de delta P óptimo.....	20
Figura No.5 Tiempo (días) vs. Sal y BS&W del crudo antes y después del mantenimiento del Desalador D-253.....	21
Figura No. 6 % Agua y % sedimentos en el BS&W (salida crudo D-253).....	22
Figura No. 7 % Eficiencia D-253 antes y después del mantenimiento del Desalador D-253.....	23
Figura No. 8 % Eficiencia de remoción de sal por diseño antes y después del mantenimiento del Desalador D-253.....	24
Figura No.9 Comportamiento de voltajes y amperajes al modificar los tag de los transformadores.....	26
Figura No.10 Nivel Óptimo del desalador D-253 (44 in).....	27

1.INTRODUCCION

Normalmente los crudos provenientes de los tanques de carga a las unidades de refinación contienen oxígeno (como aire disuelto), agua, sales disueltas en agua principalmente de sodio, calcio y magnesio; productos corrosivos tales como azufre libre, H₂S y mercaptanos; sólidos en suspensión como lodos, óxidos de hierro, arena, carbón, sales en cristales etc.

Todas estas impurezas se dividen en solubles e insolubles en aceite y causan dentro del proceso los siguientes problemas:

- ✓ Corrosión en los sistemas de cima de la torre de destilación.
- ✓ Taponamiento en líneas, intercambiadores y tubos de hornos.
- ✓ Contaminación de productos residuales.
- ✓ Ineficiente operación en hornos y torres por efectos del agua.
- ✓ Envenenamiento de catalizadores en unidades de ruptura catalítica.

Con el propósito de disminuir todos estos problemas, el crudo antes de ser cargado al horno, se somete a un proceso de desalado, para reducirle el contenido de sal y agua hasta un nivel factible económicamente.

Para tal fin, el crudo es precalentado a una temperatura determinada según su gravedad API (200°F-280°F) mediante calor cedido en los intercambiadores situados antes del desalador, luego se le agrega agua en cantidad suficiente para lograr disolverla con las impurezas insolubles en aceite (4 a 8% de volumen).

Dentro del desalador, el crudo se somete a un campo eléctrico, logrando que las gotas de agua presentes en éste formen dipolos. Al atraerse estas pequeñas gotas por el efecto de cargas opuestas, se forman gotas de mayor tamaño, las cuales por diferencia de densidades respecto al crudo caen al fondo del equipo de donde se retiran en forma continua. El hidrocarburo con valores bajos de sal y BSW sale hacia el horno por la parte superior del desalador.

La U-250 (Unidad Refinadora de Crudos) del Complejo de ECOPETROL Barrancabermeja se cargan diversas mezclas de crudo de característica pesada, con un rango de gravedad API de 20-24, los cuales contienen una gran cantidad de sales inorgánicas ($MgCl_2$, $CaCl_2$ y $NaCl$), estas sales son causas potenciales que disminuyen la confiabilidad operacional de los equipos, debido a la corrosión y ensuciamiento que se produce por ellas.

En la cima de la torre fraccionadora de crudo se forma ácido clorhídrico debido a la hidrólisis de las sales inorgánicas de cloruros contenidas en el crudo, que no son removidas en la etapa de desalado.

La optimización del proceso de desalado en la unidad de refinación U-250 de ECOPETROL, es una necesidad en la actualidad para reducir significativamente los costos causados por un mal desalado, todo esto en miras de una mayor confiabilidad en los equipos y por ende una mejor eficiencia en la generación de los productos procesados por ECOPETROL

Es de mencionar que las unidades de refinación de crudos son el corazón y alma de toda la refinería, pues ahí es donde empieza el proceso de refinación como tal, alimentando así a las demás plantas como las cracking, la visco-reductora, etc; mostrando lo importante y lo necesario de mejorar el proceso de desalado y deshidratado que ocurre en el DESALADOR, el cual se ubica como el primer equipo por donde pasa el crudo de entrada de la planta.

Todo esto, esta direccionado a uno de los compromisos más importantes trazados por ECOPETROL en el año 2008, "El mejoramiento y optimización del proceso de desalado en la Unidades TOPPING", donde se requiere la priorización y la ejecución de este, con miras al cumplimiento en su totalidad al final del año.

Por lo tanto para la organización es indispensable obtener los mejores resultados de las pruebas de eficiencia del Desalador de la U-250, denominado D-253, con el ánimo de minimizar los costos causados por un mal desalado y ser así una empresa de mayor competitividad y crecimiento.

2.CONCEPTOS TEORICOS

2.1. VARIABLES DE OPERACIÓN

2.1.1.CARGA DE CRUDO.

Esta unidad esta diseñada para una carga de crudo de 40-45 KBD, de gravedad API de 20-30.

2.1.2.TEMPERATURA DEL CRUDO.

La temperatura de carga del crudo es muy importante para la eficiencia del desalador. Esta no es necesariamente una variable de control rígida en el desalador; de manera que cambios abruptos deberían ser evitados. La razón de cambio no debería de excederse 5°F en un periodo de 15 minutos.

Temperaturas significativamente más bajas que las recomendadas o especificadas afectarían la eficiencia del desalador porque incrementaría la viscosidad del crudo y se requiere mayor tiempo de residencia entre el agua y el crudo para su separación.

Temperaturas más altas que las especificadas causarán una errática operación haciendo volatilizar líquidos ligeros en el crudo o aumentando la conductividad eléctrica del crudo. Prácticamente todos los crudos son mas conductivos al aumentar la temperatura. Valores bajos de voltaje de los electrodos resulta de la alta corriente, que a su vez es debida a que la carga de crudo es demasiado caliente lo cual impone una limitación sobre la buena operación de la planta.

Characteristic Temperature - Viscosity Relationship for Crude Oils

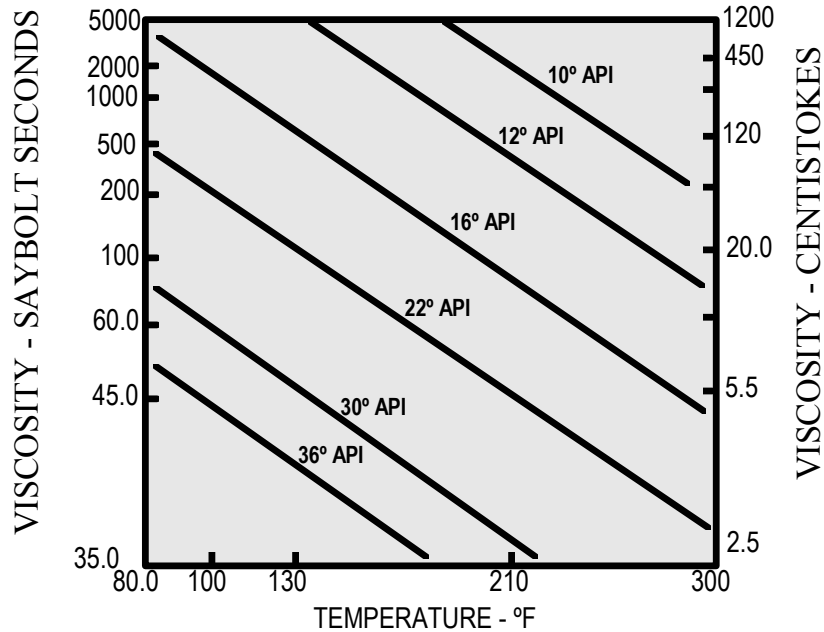


Figura No. 1 Relación de Temperatura vs. Viscosidad del crudo.

2.1.3. PRESIÓN EN EL DESALADOR.

La presión del desalador debería ser mantenida 10 psi por encima de la presión de vapor del crudo/agua, en la temperatura de operación, esto con el fin de que no haya vaporización.

2.1.4. CAÍDA DE PRESIÓN EN LA VÁLVULA MEZCLADORA.

El grado de caída de presión generado en el crudo, agua y químicos los cuales fluyen a través de la válvula mezcladora, están en función de la presión diferencial debida a esta válvula. Esto es deseable para así dispersar el agua de proceso en el crudo completamente sin la formación de emulsión, lo cual puede ser suficientemente fuerte como para no poderla romper. La óptima caída de presión

para cualquier planta puede ser determinada únicamente como se describe en la sección de Procedimiento de Arranque. Otras variable como el flujo de crudo, temperatura, flujo de agua, etc., deberían ser mantenidas constantes mientras la caída de presión es ajustada.

DESALTER MIX ΔP vs. DESALTED CRUDE SALT AND BS&W CONTENT

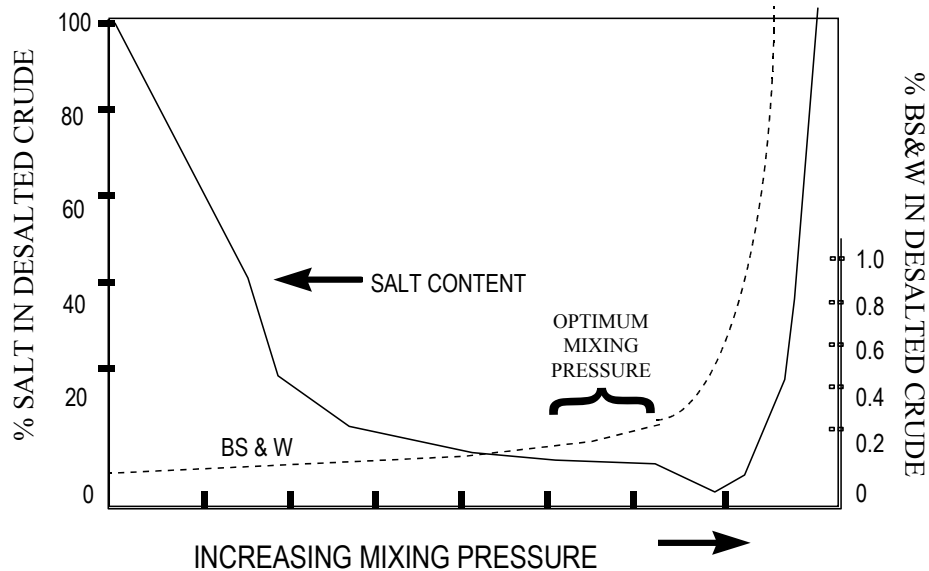


Figura No. 2 Caída de presión de la válvula mezcladora vs. Sal y BS&W en crudo desalado.

2.1.5. AGUA DE PROCESO.

El flujo de agua total del proceso debería ser mantenido en el rango establecido en la hoja de especificaciones. Insuficiente inyección de agua resulta en un pobre desalado a causa de que los residuos de partículas de salmuera no se contactan ni se disuelven en el agua de proceso, y la acción de mezclar la cual es importante en la remoción de sólidos suspendidos es reducida a causa de esto. Alto flujo de

agua resultaría en un exceso de corriente de flujo o un corto circuito entre los electrodos con consecuencias de alto BS&W en el crudo desalado.

2.1.6.NIVEL DE CONTROL DE AGUA.

Es importante que el nivel de agua en fondo del desalador sea controlado como se muestra en la hoja de especificaciones. Los testigos son dados para indicar localmente el nivel de la interface que existe en el desalador, y es recomendable que el nivel de interface sea chequeado al menos una vez cada turno, abriendo cada testigo y observando los diferentes niveles. Niveles altos de agua usualmente tienden a cargar los electrodos por cortocircuito, los cuales son indicados por bajos o por voltajes erráticos leídos en los voltímetros y débil luz de piloto todo esto se debe al aumento de la conductividad de los materiales. Altos niveles de agua reducen el tiempo de residencia del crudo en el desalador. Bajo nivel de agua, permitiría trazas de crudo a ser descargadas en el agua efluente. Si el examen visual de las muestras de los testigos es confuso, es recomendable que se tomen unas muestras y sean centrifugadas para así determinar la naturaleza exacta de las condiciones en cada nivel del desalador.

2.1.7.CAPA DE EMULSIÓN.

Cuando el crudo y el agua residen entre largos periodos en contacto, una capa de emulsión debería formarse entre los dos líquidos. Esta capa de emulsión en el desalador varia su espesor desde varias pulgadas a como mucho dos pies. El grosor y la composición de la capa interfacial depende sobre varios factores como: (1) naturales emulsificantes en el crudo, (2) ceras contenidas en el crudo,(3) sólidos suspendidos en el crudo o el agua de proceso , y (4) grado de emulsificación del agua en el crudo.

Al incrementarse el grosor de la capa, causa una excesiva carga eléctrica, voltajes erráticos y efluentes de agua contaminados por crudo. La inyección de

desmulsificante químico debería incrementarse al menos al máximo flujo establecido mostrado en las especificaciones durante varios periodos. Si la capa de emulsión persiste y continúa una ineficiente operación, es sugerido que el agua y los sedimentos sean descargados a la alcantarilla y un nuevo nivel de agua sea establecido.

2.1.8.DESMULSIFICANTE QUÍMICO.

Desmulsificante químico debería ser requerido para obtener un desalado eficiente., este desmulsificante es agregado para romper el crudo de la capa del agua efluente en el fondo del desalador, para así asegurar que no hallan trazas de crudo en los efluentes.

Una buena dispersión del químico en el crudo es requerido para una mejor operación, el químico debería normalmente ser inyectado en la succión de la bomba de carga.

La inyección química es realizada a través de una pequeña bomba dosificadora. Un pequeño tanque de mantenimiento debería ser proveído para así garantizar el flujo del químico. El tanque debería ser calibrado en cuartos de galón de químico por pulgada de desplazamiento del tanque, permitiendo una simple conversión del flujo bombeado a cuartos de galones de químico por mil barriles de crudo cargado.

2.1.9.VOLTAJE DEL TRANSFORMADOR.

Esta unidad ha sido provista con un nivel variable de corriente en el transformador. El voltaje secundario, o el voltaje sobre los electrodos, pueden ser cambiados rotando la manija sobre el externo del cambiador de voltaje. Hay tres diferentes voltajes de corriente disponible (12-16-20 KV). El transformador debería ser conectado para el voltaje requerido a producir un producto satisfactorio. Cuando se esta procesando crudos altamente conductivos y/o refinando sedimentos y

fondos de tanques, y el transformador esta cerca de sobrecarga; una baja posición del voltaje secundario del tomacorriente debería ser seleccionado a minimizar la corriente de atracción.

2.1.10.SEDIMENTOS DE FONDO.

Algunos crudos contienen sólidos pesados los cuales se sedimentan en el fondo del desalador. Estos sólidos crecen hacia arriba y estos son llevados a fuera por el normal barrido (procedimiento de remoción de lodos) por el cabezal efluente. Esta unidad esta equipada con un cabezal de lavado de sedimentos, los cuales inyectan agua a alta velocidad dentro de los sedimentos que han crecido, forzando a estos a formar suspensión con la fase de agua. El agua emulsionada y sedimentos son desplazados entonces hacia el efluente de salida. Este proceso tiene como objetivo por la gran cantidad de agua de lavado causar una gran caída de presión a través del efluente de salida y por lo tanto mas acción de barrido de los sedimentos.

Únicamente a través de la experiencia de operación puede ser determinada con que frecuencia el agua de lavado que debería ser usada. Dejar el cabezal de lavado demasiado tiempo puede crear turbulencia dentro del desalador y el aumento en el nivel de la interface, y esto por lo tanto no es recomendado.

Inicialmente, el agua de lavado debería ser inyectada por tres minutos, una vez por día. Observe el efluente de agua de salida del desalador durante y después de la inyección del agua de lavado. Si los sólidos presentes no son visibles, la frecuencia (no la duración) del agua de inyección debería ser reducida.

3.DESARROLLO EXPERIMENTAL.

3.1.DESEMPEÑO DESALADOR D-253.

La unidad 250 carga aproximadamente entre 40-42 KBPD de crudo mezcla pesada y tiene gravedad API promedio de 22; en esta unidad se encuentra el desalador D-253 con unas dimensiones de 29 ft de largo y 11 ft de diámetro interno, este desalador fue mejorado con la tecnología EDGE (Enhanced Deep Grid Electrode) de Howe Baker en el año de 2003.

El desalador D-253 debido a problemas eléctricos con uno de los transformadores del desalador, el cual evidenciaba problemas de contaminación del aceite dieléctrico del transformador con el crudo, a causa de que los empaques del transformador se encontraban deteriorados, el desalador entró en mantenimiento desde el 12 al 23 de enero del 2008; en este periodo de fuera de servicio el desalador se procedió a abrirlo y revisar los internos del mismo, con el objetivo de observar otros posibles problemas en el mismo, evidenciando así una gran cantidad de lodos en el fondo del desalador, ocupando el 40% del volumen del mismo, resultando una causa importante en la baja eficiencia del desalador D-253; los trabajos de mantenimiento realizados al D-253, con el objetivo de mejorar su desempeño fueron los siguientes:

- Se cambiaron los empaques de los tres transformadores.
- Se cambio el aceite dieléctrico del transformador contaminado por crudo.
- Se realizó una limpieza total de las rejillas internas del desalador y se procedió a limpiarlo de los lodos remanentes existentes.
- Se revisó las boquillas de la entrada de agua de remoción de lodos.
- Se revisó sistema eléctrico del desalador, realizando pruebas de campo sin crudo.
- Se revisó sistema de medición del nivel, llamado AGAR.

3.2.METODOLOGÍA DE LA TOMA DE MUESTRAS.

Con el fin de evaluar y mejorar el desempeño del desalador D-253 después de estar fuera de servicio, con el objetivo de mejorar al máximo su eficiencia con la manipulación de variables operacionales de campo se realizó la siguiente metodología:

El desalador D-253 tiene un volumen total de 615 barriles con la razón de flujo de 40000 BPD dá como resultado un tiempo de residencia del crudo en el desalador de 25 minutos aproximadamente; el procedimiento de la toma de muestras se realiza de la siguiente forma:

- Se dejó drenar durante 5 minutos crudo por el toma muestra de entrada de crudo para purgar la línea.
- Se tomó una muestra en una botella de volumen aproximado de 500 ml, las botella son previamente lavadas con agua des-ionizada y secadas.
- Se deja transcurrir el tiempo de residencia del crudo en el desalador que es igual a 25 minutos para así proceder a tomar la muestra de salida.

El muestreo se realizó diario con una duración de 30 días, dentro de los cuales se evaluó las únicas variables que se pueden manipular en el desalador D-253, en las que se encuentra:

- Voltaje secundario de los transformadores 12-16-20 Kilo-volti-amperios.
- Nivel de interface crudo-agua (%).
- Caída de presión de la válvula mezcladora (psi).

Variables dependientes del proceso como temperatura, características del crudo de carga, % de agua de lavado, presión,..Etc; se resumen en el siguiente cuadro:

FECHAS	CARGA TOTAL H253 (BPD)	PRESION DESALADOR D-253 (psi)	TEMPERATURA DE ENTRADA DEL CRUDO (°F)	TEMPERATURA DE SALIDA CRUDO D253 (°F)	NIVEL AGUA D253 (%)
24/01/2008	38818,55	211,03	280,76	281,3	70,27
26/01/2008	40283,22	211,16	295,24	295,94	63,83
29/01/2008	40009,51	218,09	279,31	279,62	68,45
30/01/2008	40467,34	180,97	289,28	291,21	55,85
31/01/2008	40167,15	213,42	295,84	293,61	63,62
6/02/2008	40380,72	219,99	285,04	286,47	76,90
7/02/2008	40542,82	226,32	284,45	285,46	62,01
8/02/2008	40167,63	226,10	285,30	286,11	62,27
9/02/2008	40097,36	219,64	286,88	288,45	60,03
10/02/2008	40141,23	220,10	289,24	290,75	58,93
11/02/2008	41520,48	207,99	284,00	286,52	46,67
22/02/2008	39667,76	216,06	261,89	262,30	65,81
25/02/2008	39787,37	212,28	290,74	291,97	54,21
26/02/2008	39933,80	211,22	288,48	289,07	59,00
27/02/2008	40120,04	216,22	284,47	285,72	64,02
28/02/2008	40169,88	210,25	281,66	282,48	64,94
PROMEDIO	40142,18	213,80	285,16	286,06	58,55

Tabla No.1 Variables operacionales del Desalador D-253 (Base de Datos en tiempo real de ECOPETROL)

FECHAS	AGUA AL DESALADOR (BPD)	TEMPERATURA DE AGUA AL DESALADOR (°F)	DP VALVULA MEZCLADORA (psi)	CORRIENTE EN D-253 C (Amp)	% VOL. RELACION DE AGUA/CRUDO
24/01/2008	2133,72	247,57	8,5	36,78	5,49
26/01/2008	1944,46	255,93	8,52	88,43	4,82
29/01/2008	1904,81	253,56	7,95	22,37	4,65
30/01/2008	1766,98	246,66	7,95	111,35	4,49
31/01/2008	1908,55	239,75	8,11	118,84	4,74
06/02/2008	2003,88	249,76	6,91	147,03	4,95
07/02/2008	1987,45	244,8	7,03	144,78	4,9

08/02/2008	1957,01	250,37	8,06	148,35	4,87
09/02/2008	1978,76	249,45	9,02	156,27	4,91
10/02/2008	2017,24	248,02	8,86	159,32	5,03
11/02/2008	1994,89	244,07	9,04	152,14	4,85
22/02/2008	1937,3	220,5	7,56	52,95	4,87
25/02/2008	2078,98	238,97	7,41	163,74	5,17
26/02/2008	2085,37	237,47	7,5	160,61	5,22
27/02/2008	2135,11	235,49	7,95	145,51	5,32
28/02/2008	2112,98	237,35	7,95	151,91	5,26
PROMEDIO	1996,72	243,73	8,02	122,52	4,97

Tabla No.2 Variables operacionales del Desalador D-253 (Base de Datos en tiempo real de ECOPETROL)

FECHAS	VOLTAJE EN D-253 A (Volt.)	VOLTAJE EN D-253 B (Volt.)	VOLTAJE EN D-253 C (Volt.)	CORRIENTE EN D-253 A (Amp)	CORRIENTE EN D-253 B (Amp)
24/01/2008	398,55	465,45	506,88	33,41	22,18
26/01/2008	281,74	422,74	494,4	65,68	52,35
29/01/2008	433,23	474,87	502,6	21,74	13,48
30/01/2008	241,34	396,58	466,37	74,33	65,91
31/01/2008	229,37	383,88	451,82	78,54	70,89
06/02/2008	197,02	327,37	369,72	84,87	92,81
07/02/2008	198,81	332,57	378,99	84,21	90,66
08/02/2008	195,17	322,07	364,08	86,43	94,3
09/02/2008	187,10	297,17	327,67	88,52	103,03
10/02/2008	189,58	300,18	330,51	88,93	104,51
11/02/2008	194,77	317,06	353,52	86,51	97,8
22/02/2008	359,24	452,55	507,72	44,81	31,85
25/02/2008	168,52	245,55	257,28	92,07	116,17
26/02/2008	177,01	268	287,11	90,57	110,75
27/02/2008	197,58	326,89	370,77	84	91,84
28/02/2008	191,24	307,61	342,4	86,42	99,13
PROMEDIO	240,02	352,53	394,49	74,44	78,60

Tabla No.3 Variables operacionales del Desalador D-253 (Base de Datos en tiempo real de ECOPETROL)

Todas las variables operacionales se encuentran conforme al diseño.

3.2.1.ANÁLISIS DE SAL

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA SAL EN CRUDOS (METODO ELECTROMÉTRICO - ASTM D 3230)

Este método cubre la determinación de la concentración aproximada de sales de cloruros en crudos. Cubre el rango de concentración entre 0 y 500 mg/kg ó 0 y 150 Lbs. /1000 barriles expresada como concentración de cloruros/volumen de crudo.

Este método mide la conductividad en el crudo, debida a la presencia de sales como cloruro de sodio, calcio y magnesio. Otros compuestos conductivos pueden estar presentes en el crudo.

Se admiten valores expresados en el SI (sistema internacional de unidades). Sin embargo es preferible expresar la concentración de sal en g/m³ o PTB (Lbs/1000 bbl).

3.2.1.1.TERMINOLOGÍA

Definición de términos específicos para esta norma:

PTB: Lbs/1000 bbl - Libras de sal por cada 1000 barriles de crudo.

3.2.2.ANÁLISIS DE AGUA Y SEDIMENTOS (BS&W)

MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA AGUA Y SEDIMENTO EN CRUDOS MEDIANTE EL METODO DE CENTRIFUGACIÓN (PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO) (ASTM D 4007)

Este método describe la determinación en el laboratorio de agua y sedimento en crudo por medio de la centrifuga. La cantidad de agua detectada es siempre mucho más baja que el contenido real de agua. Cuando se requieren altos valores de precisión, se debe realizar el método de agua por destilación, método ASTM D 4006.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS.

4.1. DATOS DE CORRIDA DE EVALUACIÓN Y EFICIENCIA D-253

En la Tabla No. 4, se muestran los resultados de sal en el crudo a la entrada y salida del desalador después de entrar de mantenimiento, así también podemos observar las dietas del crudo y su gravedad API respectiva. En esta corrida de eficiencia podemos agregar que:

- ❖ Del 24-31 de enero se varió la caída de presión de la válvula mezcladora iniciando de 9 psi hasta llegar a 7 psi, en la figura No.4 podemos observar los cambios ocurridos en la sal y BS&W en la salida de crudo a causa de la variación del delta P de la válvula mezcladora, según la teoría de desalado (ver figura 2), se puede observar la similitud de las figuras, obteniéndose así la zona de caída de presión óptima en la cual se obtienen mejores resultados el cual fue 8 psi.
- ❖ Del 7-9 de Febrero se procedió a subir el tag de los transformadores de 12 KvA a 16 KVa y variar nuevamente la caída de presión de la válvula mezcladora, resultando una caída de presión de 8 psi en la válvula mezcladora.
- ❖ Del 15 al 20 de febrero se procedió a aumentar el nivel del desalador a su nivel óptimo, pero debido a que la antena AGAR no alcanza el rango

óptimo, se procede a subir el nivel lo más que se puede dando así una señal de nivel del 65% y visualmente en campo entre 2-3 testigo (nivel de agua).

- ❖ Del 22-28 de febrero se procedió a subir el tag de los transformadores de 16 KvA a 20 KvA, con una caída de presión entre 7.5 y 8 psi.

SEGUIMIENTO DATOS CALIDAD Solicitud Especial # 33									
CRUDO									
Delta Presión válvula mezcladora	Fecha	Sal Entrada (PTB)	Sal Salida (PTB)	BSW Entrada (%)	BSW Salida (%)	Eficiencia %	% Eficiencia de remoción de sal= (sal in-salout)/(salin-2)*100	API	DIETAS
10	24-Ene-08	20,1	4,5	0,05	0,05	77,61	86,19	21,7	80% pesado/20 %caño
9	26-Ene-08	9,1	5	0,4	0,6	45,05	57,75	21,9	100% Naftenico
8	28-Ene-08	24,1	5,1	0,4	0,3	78,84	85,97	22,5	70%PMP/30% Caño
8	29-Ene-08	27	4,5	0,5	0,3	83,33	90,00	21,7	80%PMP/20% Caño
7	30-Ene-08	17,53	3,51	0,4	0,3	80,00	90,28	21,9	80%PMP/20% Caño
7	31-Ene-08	10,00	5,70	0,10	0,2	43,00	53,75	21,1	80%PMP/20% Caño
cambio a 16 kV									
7	06/02/2008	5,38	4,83	No Dato	0,3	8,36	16,27	25	30%Caño/30%Lilv./40%Pesa.
7	07/02/2008	4,8	3,9	0,3	0,05	19	32,14	25,2	30%Caño/30%Lilv./40%Pesa.
8	08/02/2008	6,2	4,1	0,2	0,05	34	50,00	25,3	70%PMP/30% Caño
9	09/02/2008	5,62	3,51	0,2	0,7	37,5	58,29	24,6	70%PMP/30% Caño
9	10/02/2008	8,92	5,62	0,3	2,2	37	47,69	22,8	70%PMP/30% Caño
9	11/02/2008	10	4,37	0,4	1,2	56,3	70,38	22	70%PMP/30% Caño
Cambio de Nivel									
8	15/02/2008	6,77	2,91	No Dato	0,6	57,02	80,92	22,7	100% Naftenico
8	18/02/2008	5,31	4,43	No Dato	1	16,57	26,59	23,7	100% Naftenico
8	20/02/2008	5,7	2,3	No Dato	0,1	59,65	91,89	24	100% Naftenico
cambio a 20 kV									
7,5	22/02/2008	13,8	4	0,5	0,5	71,01	83,05	20,3	100% Naftenico
7,5	25/02/2008	16,3	7,4	No Dato	0,3	54,60	62,24	23,3	30%Caño/20%PML/50%PMP
7,5	26/02/2008	8,5	5,5	1,8	0,1	35,29	46,15	23,3	30%Caño/20%PML/50%PMP
8	27/02/2008	5,7	2,9	0,1	0,2	49,12	75,68	25,8	100% Naftenico
8	28/02/2008	5,6	3,5	0,05	0,2	37,50	58,33	21	100% Naftenico

Tabla No.4 Datos de corrida de eficiencia D-253

Zona de Delta P Óptimo de la Válvula Mezcladora

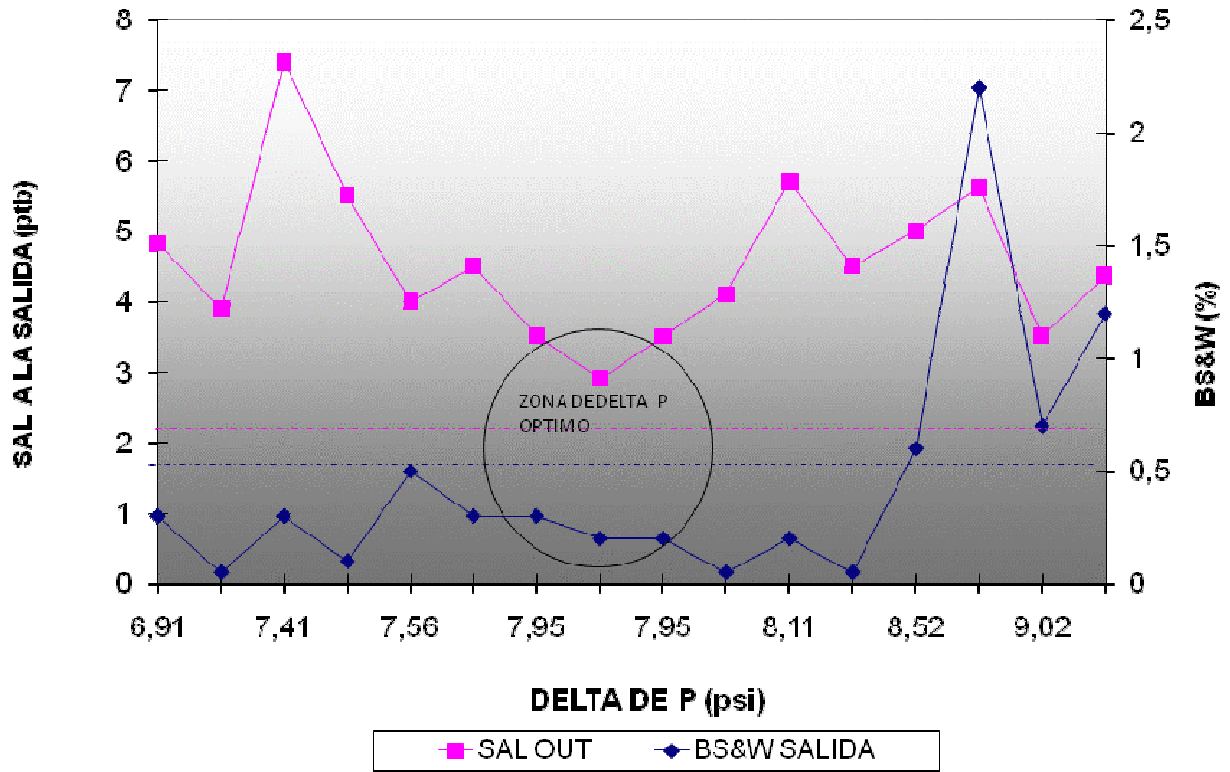


Figura No.4 Zona de delta P óptimo.

En promedio, los datos de contenido de sal en el crudo a la salida del desalador antes del mantenimiento fue de 6 PTB (ver figura No.2) y después del mantenimiento fue de 4 PTB.

4.2.BS&W Y SAL DEL CRUDO A LA SALIDA D-253.

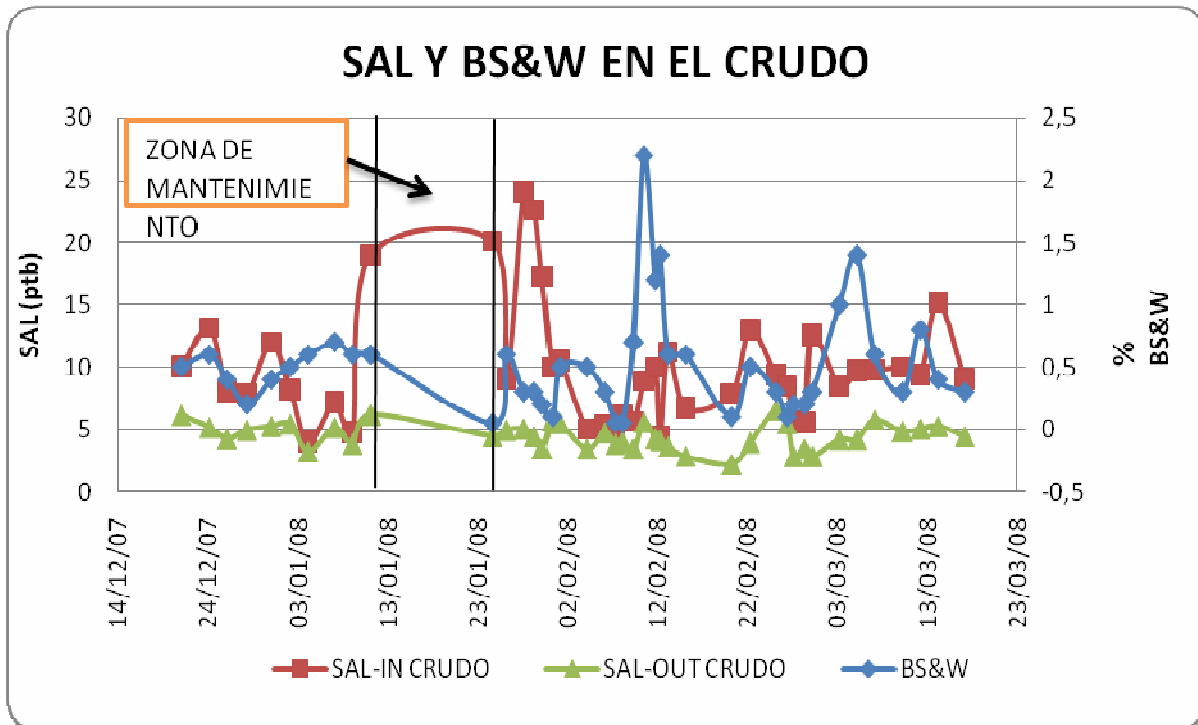


Figura No.5 Tiempo (días) vs. Sal y BS&W del crudo antes y después del mantenimiento del Desalador D-253.

De la figura 5 se puede observar que el BS&W antes del mantenimiento tenía un promedio a 0.6 % y después de este de 0.5 %, cabe notar que después de la entrada de mantenimiento se ha obtenido valores menores o iguales al de diseño (0.2%), dándonos a entender que los lodos existentes no permitían una buena operación del desalador al no permitir la coalescencia del agua contenida en el crudo, también se puede observar picos altos de BS&W (2.2%) los cuales están de acuerdo a la alta caída de presión generada en la válvula mezcladora (9 psi), la cual estaba siendo variada para encontrar su delta de presión óptimo.

Podemos observar que los valores de sal a la salida del crudo son mejores después de la evaluación de eficiencia y desempeño después del mantenimiento, obteniéndose valores hasta de 2.9 ptb de sal, concluyendo que es importante

realizar evaluaciones de eficiencia y desempeño para observar la correcta operación del Desalador D-253 y si se encuentra con lodos en su interior.

4.3.% AGUA Y % SEDIMENTOS EN BS&W (SALIDA DE CRUDO D-253).

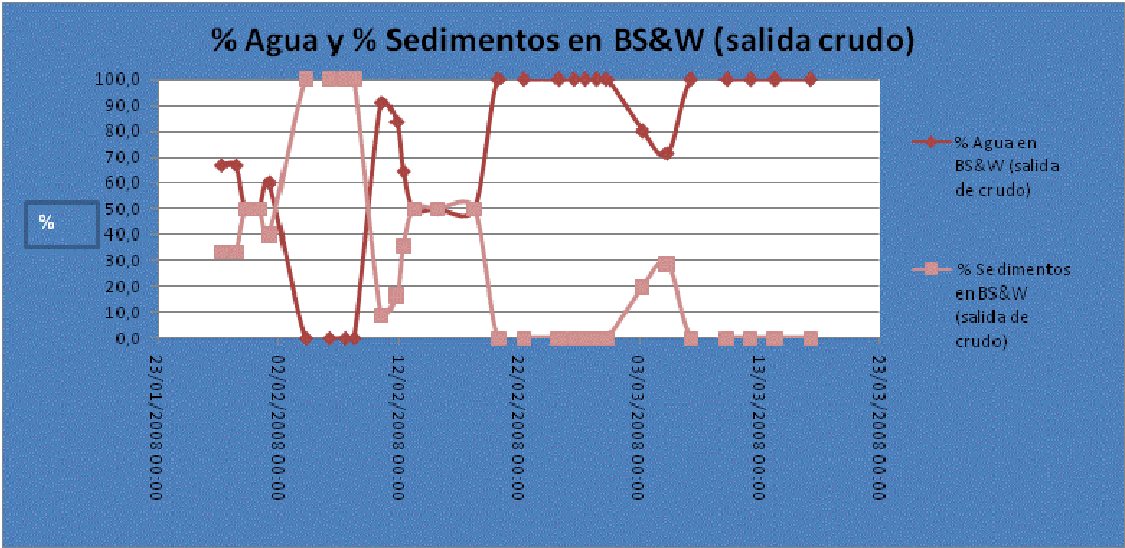


Figura No. 6 % Agua y % sedimentos en el BS&W (salida crudo D-253).

De la figura No.6, podemos decir que la calidad del crudo a la salida del desalador es mejor (aunque no se tienen datos anteriores de % de sedimentos debido a que al laboratorio no se le había recomendado segregar estos datos; a finales de enero se recomendó y se empezó a realizar esta segregación de datos de BS&W de % agua y %sedimentos), se puede observar en la figura No.4 que el % sedimentos es en promedio de 0% en el último mes (20 feb-17marzo), esto se debe al correcto procedimiento de remoción de lodos por parte de operaciones; los porcentajes altos que observamos antes de estas fechas se le atribuyen a la alta caída de presión de la válvula mezcladora, formando así emulsiones fuertes las cuales son difíciles de romper por el campo electromagnético del desalador.

4.4.% EFICIENCIA D-253

Se observa en las figura No.7 y No.8 que los niveles más altos de eficiencia se presentaron los días en los cuales había un alto contenido de sal a la entrada del desalador (mayor a la ventana operativa utilizada en materias primas 15 ptb), el valor más alto fue el 29/02/08 con una eficiencia de 83% y una eficiencia de remoción de sal por diseño de 90 %, con un contenido de sal de 27 ptb a la entrada del crudo; los valores de eficiencias por debajo de 60% están ligados a entradas de sal en el crudo en un promedio de 6 PTB.

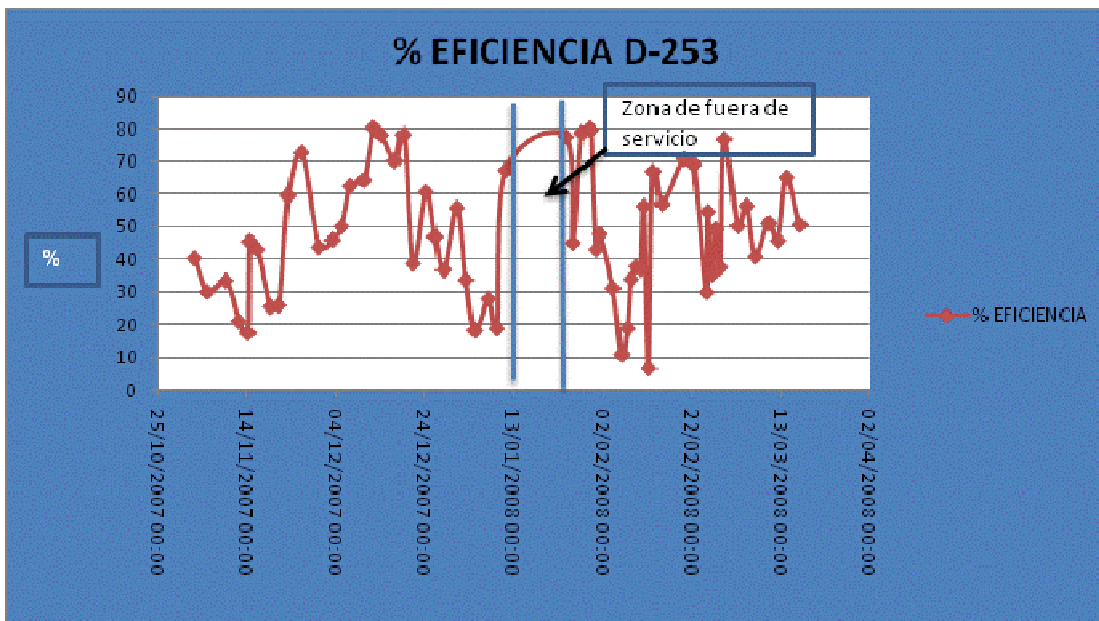


Figura No. 7 % Eficiencia D-253 antes y después del mantenimiento del Desalador D-253

4.5.% EFICIENCIA DE REMOCION DE SAL POR DISEÑO DEL EQUIPO

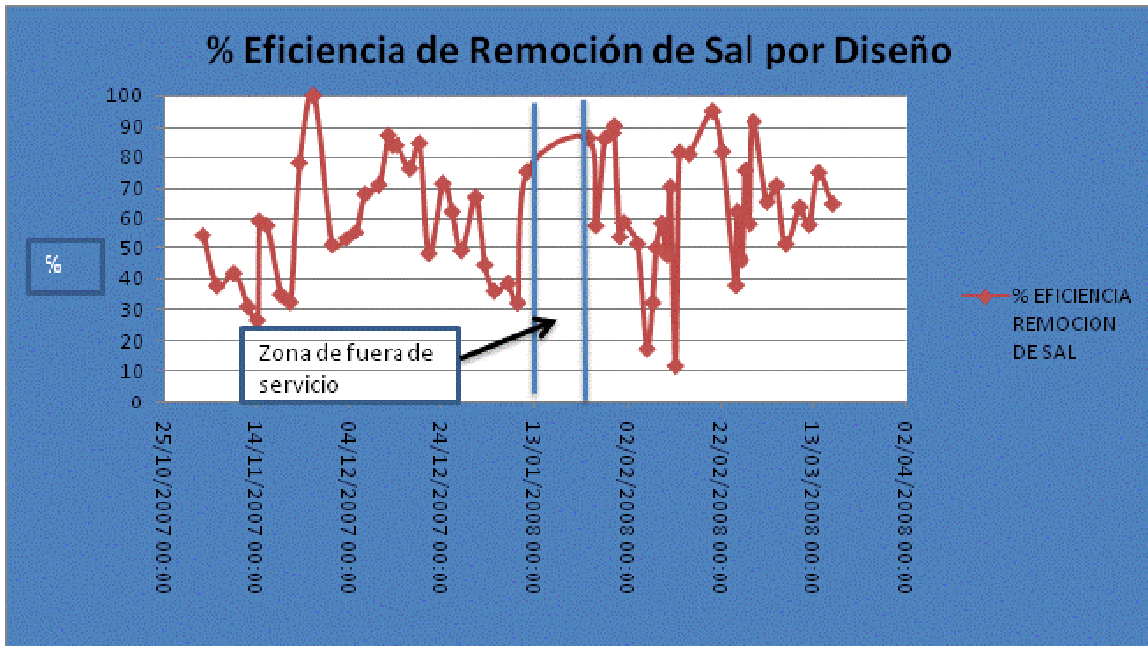


Figura No. 8 % Eficiencia de remoción de sal por diseño antes y después del mantenimiento del Desalador D-253.

De la figura No. 8, se observa que la eficiencia en promedio antes del mantenimiento era del 50% y después del mantenimiento esta en un 60%, reflejando una mejora no tan evidente, lo que se atribuye a que el desalador siempre a operado en un nivel de agua (entre 2-3 testigo en campo) el cual no concuerda con el nivel que recomienda el fabricante que es de 44" lo cual en campo se traduce a un nivel de agua ente 3-4 testigo (mas adelante se explica porque no se ha llevado al nivel óptimo), otro factor el cual se le atribuye su ineficiencia es la falta de agua la cual esta en 5% en relación a la carga, lo recomendado es de 6% hasta un 7% según la teoría de desalado.

4.6.CALIDAD AGUA EN EL PROCESO DE DESALADO

Fecha	AGUA ENTRADA			AGUA SALIDA		
	Cloruros mg/L	HC en agua mg/L	pH	Cloruros mg/L	HC en agua mg/L	pH
24-Ene-08	3,28	0	7	76	213	7,55
27-Ene-08	2,93	0	6,8	128	432	7,32

Tabla No. 5. *Análisis de agua (entrada y salida).*

En la Tabla 5, observamos la calidad del agua de inyección al crudo la cual se encuentra dentro de los valores óptimos recomendados por el diseñador, en cuanto al agua de salida, la concentración de grasas y aceites esta excelente, encontrándose por debajo de los valores de diseño (0.25% vol HC/agua), cabe notar que al aumentar el nivel de agua a su óptimo podremos evidenciar menos cantidad de HC en el agua, según experiencias vividas en otros desaladores del complejo de Barrancabermeja D-222 y D-2101/D-2101.

4.7. VOLTAJES Y AMPERAJES EN LOS CAMBIOS DE TAG DE LOS TRANSFORMADORES.

En la figura No.8 podemos observar el efecto de los cambios del Tag de los transformadores, en la zona 1 el desalador operó a un Tag de 12 KvA, la zona 2 operó a 16 KvA y la zona 3 a 20 KvA, mostrando así un mejor comportamiento y menos inestabilidad de los voltajes y amperajes cuando operó a 16 KvA. Cabe notar que el desbalance de voltajes y amperajes se evidencia antes de la entrada a mantenimiento y después de este. Aún así el desalador operando a 16 KvA muestra los mejores resultados en cuanto a sal a la salida de crudo con un promedio de 3.5 PTB y mostrando valores de 2.3 y 2.9 PTB (valores más bajos de sal en toda la corrida de eficiencia) a la salida de crudo.

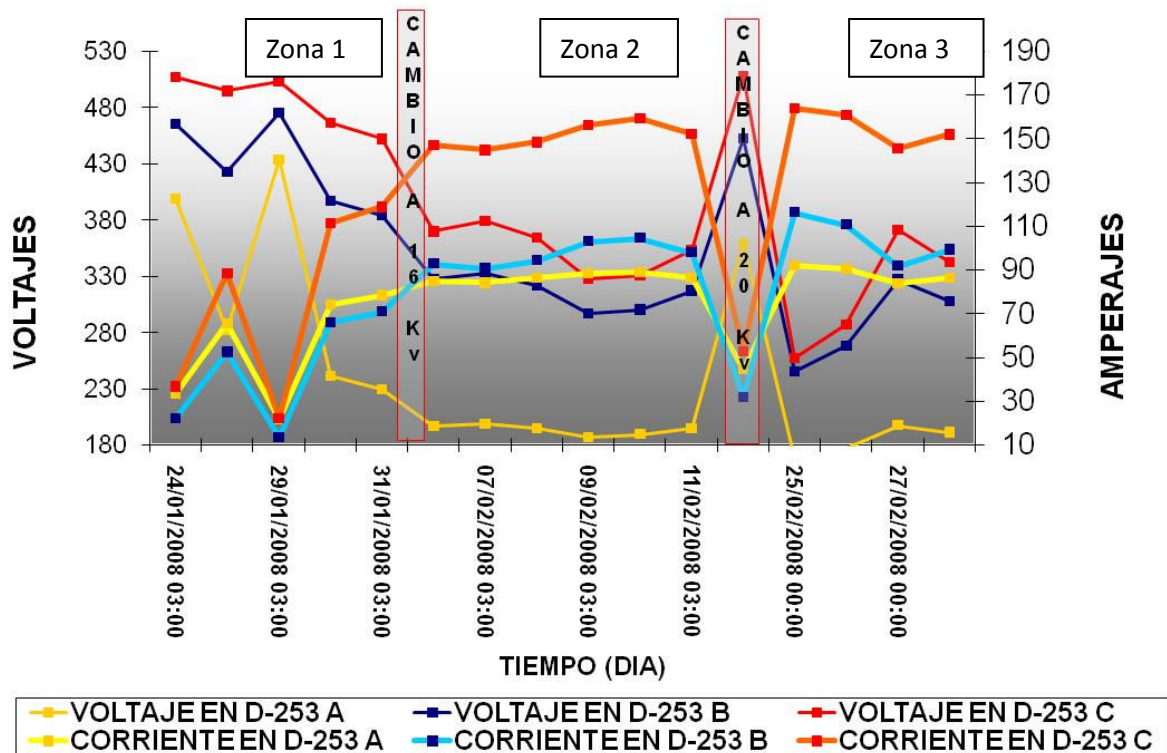
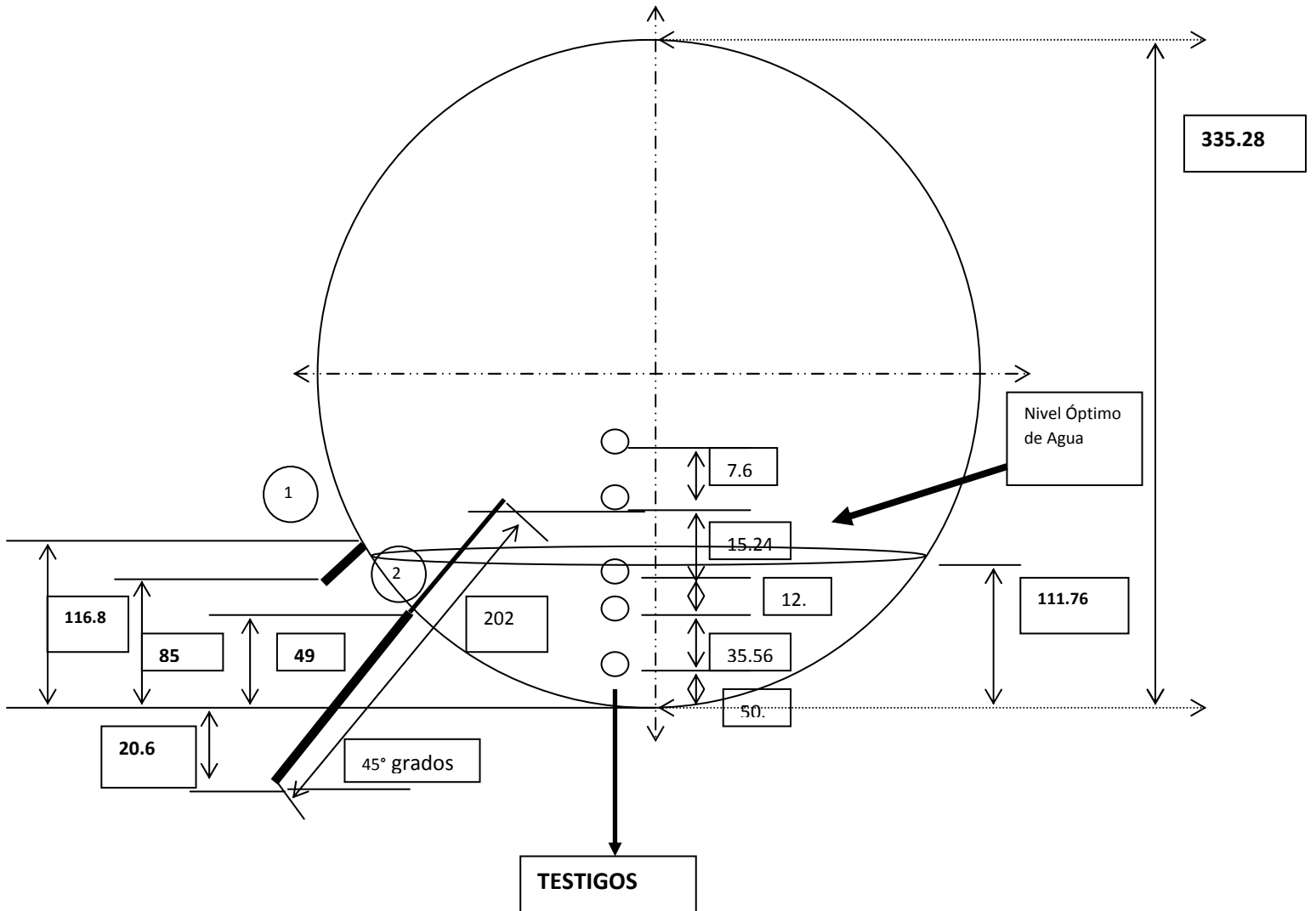


Figura No.9 Comportamiento de voltajes y amperajes al modificar los tag de los transformadores.

4.8.PORCENTAJE DE AGUA EN CRUDO.

El % de relación de agua en crudo es una variable importante en el desalado, la cual se encuentra en 5% (Ver Tabla No.2), este porcentaje no es el suficiente para tener un desalado óptimo según el diseñador del equipo y la teoría del desalado para este tipo de crudo pesado, ya que su valor óptimo es de 6-8%, con el proyecto de aguas agrias que se esta llevando a cabo en el complejo de Barrancabermeja se espera suplir esta necesidad.

4.9. NIVEL DE DISEÑO DEL SESALADOR D-253.



- ① Facilidad agar (No se encuentra)
 - ② Agar actual (TODO EL AGAR DEBE MEDIR UN POCO MAS DE 202 cm, PARA QUE SE ENCUENTRE EN EL NIVEL OPTIMO)
- NOTA: TODAS LAS MEDIDAS ESTAN EN CENTIMETROS

Figura No.10 Nivel Óptimo del desalador D-253 (44 in).

Según el diseño del equipo el desalador D-253, debería operar en un nivel de 44", el cual se traduce visualmente en campo que debería operar entre un 3-4 testigo el nivel de agua. En la actualidad se tomo acción inmediata a este inconveniente mejorando el posicionamiento de la antena AGAR pero no en su totalidad debido a que no fue posible fijarla en el nivel óptimo a causa de la distancia que tiene; aún así se hizo el estudio en campo para re-ubicarla en una facilidad (ver figura No.9) que se encontraba mas arriba de la actual, dando como resultado la no factibilidad de reubicarla debido a que esta facilidad se encontraba ubicada más arriba del nivel óptimo de operación.

5. CONCLUSIONES

- La caída de presión óptima que me garantiza un buen desalado y los mejores valores de deshidratación estuvo en el valor de 8 psi; logrando así obtener valores promedios de sal a la salida del desalador de 4 ptb y valores de BS&W de 0.2 %; cabe notar que este valor óptimo de 8 psi de la válvula mezcladora mostró un comportamiento igual aun así cambiando los voltajes secundarios de 12-16-20 Kva, cambiando también el tipo de crudo pues varió su gravedad API de 20 a 24 y manipulando el nivel del desalador.
- Se evidenció que el sistema de medición del nivel del desalado que es la antena AGAR no tiene la longitud necesaria para operar en el nivel de diseño según el manual del fabricante, la antena debe medir 202 cm o más de este valor, pues con esta medida me garantiza operar en su nivel óptimo.
- La remoción de lodos es un procedimiento importante para mantener la eficiencia del desalador en un valor de 80%, pues ella me garantiza que en el interior del desalador no haya estancamiento de lodos contenidos en el crudo, prueba de esto era la eficiencia del desalador antes de entrar en mantenimiento que fue de 40% y después de este se mantuvo en un

promedio del 80%.

- Se evidenció que el voltaje secundario que tuvo un mejor comportamiento tanto en las variables de voltaje como de amperaje fue en 16 kilovolti-amperios, aquí se observó que estas variables tuvieron una estabilidad constante con el tiempo y que el tipo de crudo no afectó considerablemente estas variables, tanto así que se obtuvo una mejor deshidratación del crudo y un mejor desalado.

6. RECOMENDACIONES

- Debido a que el desalador D-253 no está operando en el nivel óptimo de diseño recomendado por el fabricante, se requiere comprar una antena AGAR con dimensiones de 202 cm o más para su correcta operación, esto con el objetivo de operar correctamente según su manual de operación, pues el nivel influye directamente en las trazas de crudo contenidas en el agua efluente de salida del desalador y también influye de manera importante en el tiempo de residencia del crudo y el campo eléctrico terciario que forma el agua con las parrillas en el interior del desalador, las cuales son importantes en la coalescencia del agua contenida en el crudo.
- Se requiere que se siga haciendo semanalmente un seguimiento a la calidad del agua de lavado, pues si esta agua no cumple con los estándares de pH que son de 6-8 según el fabricante, puede haber crecimiento de emulsiones fuertes imposibles de romper y afectando negativamente la eficiencia del desalador.
- Se recomienda la compra de una segunda antena AGAR, la cual tiene como función medir el crecimiento de la emulsión en el interior del desalador, todo esto con el objetivo de realizar procedimientos operativos de remoción de emulsión para controlar la misma y no afectar la eficiencia del desalador.
- Se recomienda aumentar el porcentaje de agua de lavado del crudo, esto en

miras de llegar a lo recomendado por la teoría del desalado y a recomendaciones del fabricante para esta clase de crudos pesados, ya que si esto también influye directamente en la reducción significativa de las sales contenidas en el crudo.

- La inyección de un desmulsificante químico, como es recomendado por el diseñador del equipo es una opción para mejorar el sistema de desalado, pero se debe evaluar primeramente el mejoramiento de variables operativas como el porcentaje del agua de lavado y el sistema de nivel del desalador.

7. BIBLIOGRAFIA

- ✓HOWE-BAKER ENGINEERS, INC., Operating and Maintenance Instructions-ELECTRICAL DESALTING PLANT D-253, 2004, Texas, E.E.U.U.
- ✓BAKER HUGHES-BAKER PETROLITE, Desalter Training Manual, 1996, Confidencial: Property of Baker Petrolite.
- ✓APLICACION NOTE, Desalater Interface Control, AGAR CORPORATION-Process Measurement & Control.
- ✓ROSERO NIÑO GLADYS, Optimización de los sistemas de tratamiento de crudos y control de la corrosión en CDU, ECOPETROL S.A., Barrancabermeja, 2003.
- ✓NOTA TECNICA No. 36, Tratamientos de crudos: Necesidad, Recursos y Últimos Avances, G.P.A. Estudios y Servicios Petroleros S.R.L., Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- ✓MANTILLA U. ERIKA, Informe de evaluación de desempeño a proceso de desalado de crudo en unidades TOPPING del área de refinación de la GCB., ECOPETROL S.A., Barrancabermeja, 2007.
- ✓NORMA ASTM D-512-04, Standard Test Methods for Chloride Ion in Water, An American National Standard.
- ✓NORMA ASTM D-3230, Standard Test Methods for Salt in Crude, An American National Standard.
- ✓NORMA ASTM D-4007, Standard Test Methods for BS&W in Crude, An American National Standard.
- ✓MARFISI SHIRLEY, SALANGER J. LOUIS, Deshidratación De Crudo: Principios y Tecnología, Universidad de los Andes-Escuela de Ing. Química, Cuaderno FIRP S853-PP, 2004, Venezuela.

- ✓NALCO/EXXON ENERGY CHEMICALS, L.P., Desalting Training, Section II
Desalting Theory.
- ✓PIEDAD D. MARIA, Soporte teórico sobre el rehúso de agua agria en los
Desaladores, 2005, Unidades de Disciplinas Especializadas,
2005,ECOPETROL-ICP.