

**ESTUDIO PARA RECUPERAR LAS AGUAS AGRIAS DE LOS TAMBORES D-555,
D-557, D-582 Y D-577A DE LA UNIDAD DE ORTHOFLOW DE ECOPETROL**

LAURA MARIA DUKÓN MONSALVE

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2011

ESTUDIO PARA RECUPERAR LAS AGUAS AGRIAS DE LOS TAMBORES D-555, D-557, D-582 Y D-577A DE LA UNIDAD DE ORTHOFLOW DE ECOPETROL

LAURA MARIA DUKÓN MONSALVE

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar título de Ingeniería Química

Director

Hipólito Rodríguez Rodríguez

Ingeniero Químico

Ingeniero de Proceso, GRB-Ecopetrol S.A

Co-Director

Alvaro Ramirez García

Ingeniero Químico, Ph.D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2011

AGRADECIMIENTOS

A Dios por llenar mi vida de bendiciones.

**A mis padres por el apoyo, la comprensión, la confianza, la dedicación y el amor
que me brindan día a día.**

A mis hermanos por su compañía incondicional.

**A mis amigos por estar a mi lado dándome ánimo y robándome millones de
sonrisas.**

A toda mi familia por estar siempre pendiente.

**Al departamento Cracking III de Ecopetrol S.A. por la ayuda prestada, el tiempo
compartido y permitirme ser parte de este gran equipo.**

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL	16
3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN	21
3.1 Caracterización del las aguas	21
3.2 Medición de la cantidad de agua generada	21
3.3 Búsqueda de alternativas	22
4. ANÁLISIS Y RESULTADOS	24
CONCLUSIONES	31
RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización del agua a la salida de las botas de los tambores.	21
Tabla 2. Tasa de llenado de los tambores D-555 y D-557	22
Tabla 3. Caudal de agua a la salida del D-577A y del D-582	22
Tabla 4. Datos para determinar el caudal de los tambores D-555 y D-557	24
Tabla 5. Caudales a trabajar en cada uno de los tambores.	25
Tabla 6. Elementos a utilizar en cada uno de los tambores	26
Tabla 7. Caudales para el diámetro actual y el diámetro instalar.	29
Tabla 8. Punto de mejor eficiencia y ventanas operacionales.	29

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de la unidad recuperadora de vapores	20
Figura 2. Medición de Flujos P-328 C/D	28

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de simulaciones	34
Anexo 2. Recomendación para la bomba P-525	38
Anexo 3. Curva de la Bomba P-328	45
Anexo 4. Diseño del diagrama de proceso propuesto	46

RESUMEN

TÍTULO: ESTUDIO PARA RECUPERAR LAS AGUAS AGRIAS DE LOS TAMBORES D-555, D-557, D-582 Y D-577A DE LA UNIDAD DE ORTHOFLOW DE ECOPETROL *

AUTOR: Laura María Dukón Monsalve **

PALABRAS CLAVE: Aguas Agrias, Craqueo Catalítico, Bombas

Este trabajo de grado presenta un diseño para recuperar las aguas agrias que actualmente son drenadas al suelo en la unidad de craqueo catalítico Orthoflow de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja, enviándolas al tambor de almacenamiento D-338 ubicado en la unidad de Modelo IV; con el fin de evitar problemas en la PTAR, tener cero emisiones por desorción de H_2S y NH_3 , y ayudar a la reutilización de agua dentro de la refinería. Para esto se identificó en campo el estado actual del efluente de aguas agrias de cada uno de los tambores, se tomaron muestras de las aguas para realizarles pruebas en el laboratorio obteniendo la caracterización de esta y se hicieron mediciones para conocer los caudales totales a enviar.

Debido al aumento de flujo que se iba a obtener y a los problemas que actualmente existen en el sistema de bombeo, se tuvo en cuenta en el estudio las bombas P-525 A/B y P-328 C/D encargadas de enviar el agua agría desde la unidad de Orthoflow hasta el tambor D-338 y desde este tambor hasta la unidad despojadora de aguas agrias ubicada en Balance, respectivamente. Recomendando ampliar el diámetro del impulsor de las dos bombas y aumentando el diámetro de algunos tramos de la línea de descarga de la bomba P-525 A/B y así poder poner en servicio solo una bomba dejando la otra en stand by.

* Proyecto de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: Ing. Hipólito Rodríguez R; Ecopetrol S.A. Lector: PhD. Alvaro Ramirez G; Universidad Industrial de Santander.

ABSTRACT

TITLE: STUDY TO RECOVER SOUR WATER OF DRUMS D-555, D-557, D-582 AND D-577A FROM THE ORTHOFLOW UNIT IN ECOPETROL*

AUTHOR: Laura María Dukón Monsalve**

KEY WORDS: Sour water, Cracking Catalytic, Pumps

This thesis presents a design to retrieve sour water; currently being draining the ground in the cracking catalytic unit Orthoflow of the Barrancabermeja's Refinery. The sour water will be sent to storage drums D-338 located in the Modelo IV unit, in order to avoid possible problems in the PTAR, have zero emissions by desorption of H₂S and NH₃, and promote water reuse within the refinery. The actual status of sour water's effluent from each of the storage drums was identified in the field and additional water samples were taken to obtain information about its' characterization and flow measurements.

Due to the increase of flow and the existing problems in the pumping system, the study of the pumps P-525 A/B and P-328 C/D was taken into account. These pumps send sour water from the Orthoflow unit to the drum D-338 and from this drum to the sour water stripper unit located in Balance. The thesis also recommends widening the impeller diameter of the two pumps and increasing the diameter in sections of the discharge line of the pump P-525 A/B. The objective is to empower one pump by leaving the other one in standby.

* Degree work

** Physical-Chemical Engineering Faculty. Chemical engineering Department. Director: Eng. Hipólito Rodríguez R; Ecopetrol S.A. Text reader: PhD. Alvaro Ramirez G. Universidad Industrial de Santander.

INTRODUCCIÓN

La refinería de Barrancabermeja utiliza 12000 gpm de agua cruda, captada del río Magdalena y de la ciénaga San Silvestre para producir agua industrial clarificada, desmineralizada y potable, la cual es usada en los procesos de refinación. A la vez genera 5000 gpm de aguas residuales de las cuales alrededor de 612 gpm son aguas agrias.

Las aguas agrias son producto de operaciones realizadas en las refinerías, tales como: craqueo catalítico fluidizado, viscorreducción, delayed coking, hidrotatamiento e hidro craqueo catalítico de gasoil. Algunas corrientes de estas operaciones que contienen agua agrias pueden ser: los condensados de la destilación de hidrocarburos con humedad, las salmueras obtenidas en las operaciones de desalado del crudo, los condensados de aireación y corrientes de despojo en las unidades de craqueo catalítico y las aguas de lavado de gas licuado de petróleo, entre otras.

En la Gerencia Refinería de Barrancabermeja (GRB) estas aguas son recolectadas y llevadas a las unidades despojadoras de aguas agrias (sour water stripper, SWS) para ser despojadas de los contaminantes típicos que contienen como: H_2S , amonio y mercaptanos, también se pueden encontrar fenoles y cianuros disueltos en menor cantidad. La recolección y el envío de estas aguas a la despojadora de aguas agrias se llevan a cabo, debido a que, al verterlas sin tratamiento al sistema de aguas aceitosas ocasionan problemas a la planta de aguas residuales (PTAR) alterando su operación, para evitar fuertes emisiones de H_2S y NH_3 que se pueden obtener al verterlas al suelo y además para contribuir con el ambiente reutilizando estas aguas en otros procesos de la refinería como el desalado del crudo en las unidades de Topping.

Actualmente en la U-500 (unidad Orthoflow) hay algunos efluentes de aguas agrias que son drenados al suelo debido a que no hay un sistema que permita enviarlas a la unidad de despojo, convirtiéndose en un riesgo para la comunidad, debido a que la

inhalación de los contaminantes que se desprenden de estas agua a la atmósfera pueden ocasionar problemas de salud e incluso la muerte.

Dentro de los programas de mejoramiento ambiental y de salud ocupacional que desarrolla el departamento Cracking III de Ecopetrol, se contempló llevar los remanentes de aguas agrias a un sistema cerrado, para así tener cero emisiones por desorción de H_2S y NH_3 y ayudar a la reutilización de agua.

Por lo tanto, en este proyecto se hace el estudio del envío de las aguas agrias de los tambores D-555, D-557, D-582 y del agua de lavado del D-577A pertenecientes a la planta de ORTHOFLOW, a un sistema cerrado (tambor D-338) en la planta Modelo IV con el fin de evitar los drenajes al suelo y cumplir con la normatividad ambiental de la GRB. Para esto se identificó en campo el estado actual del efluente de aguas agrias de cada uno de los tambores, se tomaron muestras de las aguas agrias para realizarle pruebas en el laboratorio y obtener la caracterización de esta agua, se hicieron mediciones para conocer la cantidad de agua agria producida en cada uno de los tambores y se recomendó un diseño que permite recolectar las aguas agrias y enviarlas al tambor de almacenamiento D-338.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las aguas agrias contienen H_2S y mercaptanos de bajo peso molecular, los cuales normalmente producen olores y pueden generar severos problemas en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), aún en pequeñas cantidades, sin mencionar el punto de riesgo severo que son para la comunidad debido a los daños en la salud que puede ocasionar la inhalación de contaminantes como el ácido sulfhídrico y el amoniaco contenidos en estas aguas y que son liberados al aire al no ser llevada a un sistema cerrado en donde posteriormente pueda recibir el adecuado tratamiento.

La GRB tiene dos unidades despojadoras de aguas agrias (U-2590 y U-4840) cuyo objetivo es remover impurezas volátiles (gases disueltos), principalmente los sulfuros (H_2S) y el amonio (NH_3) de las aguas agrias mediante el despojo con vapor, con el fin de obtener un efluente con una calidad aceptable para reuso del agua agria como: agua de lavado dentro de la refinería, agua de alimento del desalificador en la unidades de Topping o para su envío a una planta de tratamiento secundario, para su posterior tratamiento y disposición.

Adicional a los compuestos antes mencionados, en la despojadora también pueden ser removidos completamente los mercaptanos y los cianuros, siempre y cuando se encuentren formando HCN.

Al darle un adecuado manejo a estas aguas se consiguen ciertos beneficios como reducir sustancialmente el consumo de agua y la cantidad neta de agua agria generada, la posibilidad de aumentar el flujo de agua de lavado para mejorar la distribución, mitigar la corrosión y prevenir las fugas, ya que el agua se recicla dentro de la misma unidad en lugar de enviarla a la alcantarilla y para prevenir o minimizar la liberación de contaminantes al aire contribuyendo así al plan de salud ocupacional.

El agua agria generada en la planta de cracking Orthoflow se acumula en los tambores D-503, D-554, D-555, D-557, D-577A y D-582. El diseño original de la planta contempla el envío del agua agria producida en los tambores D-503 y D-554 al tambor D-338 ubicado en la planta de cracking modelo IV y posteriormente a tratamiento en la unidad despojadora de agua agria (SWS); es decir, que no se contempla el envío del agua generada por los otros tambores, lo que conlleva a drenar esta agua al suelo ocasionando los problemas antes mencionados en el capítulo.

En busca de dar solución a este problema se plantea un diseño que permite el envío del agua agria drenada al suelo al tambor D-338 para que posteriormente sea tratada en la SWS.

Para el desarrollo de este diseño se examina y se proponen alternativas para mejorar el trabajo de las bombas P-525A/B (sistema de bombeo de aguas agrias desde la unidad de Orthoflow hasta la unidad Modelo IV), debido a que actualmente se encuentran operando en paralelo sin tener la posibilidad de dejar una en stand-by; y al llevar a cabo el diseño propuesto este flujo aumentaría en 10.1 gpm quedando así insuficiente este sistema de bombeo. También se corrigen ciertos factores de las bombas P-328C/D (sistema de bombeo de aguas agrias de la unidad de Modelo IV hasta la SWS), para poder trabajar el flujo total obtenido al recuperar las aguas agrias remanentes en la planta de cracking Orthoflow.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA ACTUAL

La unidad catalítica Orthoflow se encuentra ubicada en la parte suroriental de la zona industrial de la GRB. La planta ha sido diseñada para recibir 26000 BPD de carga mezclada con gasóleo y aceite demetalizado (DMO).

Actualmente en la unidad se reciben las siguientes cargas:

- Aceite Demetalizado (DMO)
- Aceite Demetalizado Hidrogenado (DMOH)
- Gasóleo (GAO)

Corrientes secundarias:

- Slop proveniente de área externa. Se carga directamente a la Torre Fraccionadora T-501.
- Butanos líquidos de Topping
- Gases de Topping y de Cracking Modelo IV

Productos:

- Aceite Liviano de Ciclo (ALC)
- Butano
- Gasolina
- Propano

La unidad genera como subproducto gas, compuesto principalmente de metano e hidrógeno, el cual alimenta el cabezal de gas combustible de la refinería.

Este proceso de cracking catalítico genera grandes cantidades de aguas agrias, en Orthoflow estas se almacenan en los tambores D-503, D-554, D-555, D-557, D-582 y D-577A. Orthoflow puede llegar a enviar actualmente al D-338 de Modelo IV en promedio 106 gpm de agua agria proveniente de los tambores D-503 y D-554.

- **Tambor de cima de la Torre Fraccionadora (D-503):** A este tambor llegan los líquidos condensados de los gases de la torre fraccionadora que han sido lavados con una corriente de agua agria proveniente del D-554 o con agua clarificada. Posteriormente ocurre una separación de tres fases: hidrocarburo gaseoso, hidrocarburo líquido y aguas agrias (bota).

El hidrocarburo líquido es enviado hacia la torre absorbedora primaria T-552 en la sección de recuperación de vapores. El lado líquido además posee una línea de destilado de baja presión que puede salir hacia el Tambor de Carga de la Torre Despojadora de H₂S D-582 para absorber el H₂S al destilado.

La corriente gaseosa fluye a la succión del compresor de la cima del tambor C-551. Una corriente retorna al D-503.

El agua o condensado de aguas agrias es succionada por las Bombas P-525 A/B y enviadas al sistema de aguas agrias D-338 de la refinería en la Unidad Modelo IV.

- **Tambor de Destilado de Alta Presión (D-554):** La corriente gaseosa que sale del D-503 es lavada con una inyección de agua constante para retirar cianuros y sales producidos por la reacción de cracking y así evitar ataque por hidrógeno, corrosión y taponamiento.

Una corriente de Gas Licuado de Petróleo (GLP) proveniente del D-561 y D-566, una corriente de fondo de la absorbedora primaria FT-552 y una corriente de cima de T-552 se unen a la descarga del compresor. La corriente combinada entra a los enfriadores de alta presión E-554A/B, donde se condensan. Este condensado es el que se recibe en el tambor D-554.

El agua acumulada en la bota se divide en dos partes, una va a la salida de la cima de la Torre Fraccionadora (T-501) y la otra se une con la descarga de las bombas P-525 A/B que contienen el agua efluente de la bota del D-503.

- **Tambor de cima de la Torre Debutnizadora (D-555):** Los vapores de cima de la torre debutanizadora T-554 (Propano, Butano y H₂S) al pasar por el lado casco del enfriador condensador de cima E-559A/B se condensan al ser enfriados y pasan al tambor D-555.

El líquido de hidrocarburo y se divide, una parte como reflujo a la debutanizadora y la otra parte es la carga a la Torre Depropanizadora de Oleofinas T-556.

En la bota del tambor se decanta el agua, la cual se drena manualmente y a diario por el operador, una vez por turno.

- **Tambor de cima de la Torre Depropanizadora de Oleofinas (D-557):** El condensado que sale del E-554 producto del enfriamiento de los vapores de cima de la depropanizadora de Oleofinas llega al D-557 donde ocurre una separación de tres fases: La fase de vapor regula la presión del sistema y envía el exceso de los vapores de cima a gas combustible.

El líquido de hidrocarburo se divide en dos partes. Una parte es enviada como reflujo a la depropanizadora y la otra es enviada a tratamiento de propano.

La fase acuosa se acumula en la bota y se drena manualmente en forma discontinua hacia aguas aceitosas.

- **Tambor de carga de la Torre Despojadora de H₂S (D-582):** En este tambor se recibe parte del destilado de baja presión que sale del D-503 de donde se alimenta la torre Despojadora de H₂S. Al haber acumulación del destilado en el D-582 le da un tiempo de permanencia permitiendo así que si llega haber arrastre de agua en el destilado esta pueda decantar. Actualmente el agua que se alcanza a decantar va a dar a el piso, es decir al sistema de aguas aceitosas.
- **Tambor de tratamiento de Propano con agua (D-577A):** El objetivo de este tambor es eliminar las trazas de soda que hayan podido ser arrastradas con el propano después de haber recibido el tratamiento con NaOH y Dietanolamina (DEA) para eliminar el H₂S y los mercaptanos presentes en el propano producto. El efluente acuoso no es recolectado y procesado.

El agua generada en los tambores D-555 y D-557 es drenada manualmente por el operador, exponiéndose y exponiendo a las personas que se encuentran en la Unidad a emisiones altas de H₂S y NH₃.

Las botas de los tambores D-582 y D-577A aunque tienen lazo de control y no hay que drenarlas de forma manual, no son recolectadas en un sistema cerrado, lo que significa que también genera emisiones.

En la **Figura 1** se ilustra cada uno de los tambores y su función dentro del proceso.

3. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL LAS AGUAS

Para conocer las propiedades físico-químicas del agua se tomaron 3 muestras a cada una de ellas, en diferentes días. En la **Tabla 1** se encuentran los resultados obtenidos por el laboratorio de la GRB.

Tabla 1. Caracterización del agua a la salida de las botas de los tambores.

		MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3
D-555	H ₂ S	2749.9 mg/L	2282.21 mg/L	2324.6 mg/L
	RSH	2059.3 mg/L	484.41 mg/L	562.4 mg/L
	NITROGENO AMONICAL	682.9 mg/L	52.68 mg/L	35.79 mg/L
	CLORUROS	29.48 mg/L	6.04 mg/L	367.44 mg/L
	PH	7,25	7,34	7,63
D-557	H ₂ S	3112.13 mg/L	4347.53 mg/L	2546.8 mg/L
	RSH	2601.7 mg/L	250.4 mg/L	633.8 mg/L
	CLORUROS	14.82 mg/L	6.41 mg/L	3.83 mg/L
	NITROGENO AMONICAL	479.8 mg/L	511.8 mg/L	219.6 mg/L
	PH	6,59	10,01	7,03
D-582	H ₂ S	2772.4 mg/L	2061.96 mg/L	2444.4 mg/L
	RSH	2314.1 mg/L	210.85 mg/L	289 mg/L
	CLORUROS	18.76 mg/L	7.3 mg/L	44.48 mg/L
	NITROGENO AMONICAL	1802 mg/L	1161.2 mg/L	678.78 mg/L
	PH	9,13	9,23	9,19
D-577 A	H ₂ S	N.D	N.D	11.8 mg/L
	RSH	N.D	N.D	7.45 mg/L
	PH	11,48	11,41	11,33
	SODA LIBRE	0.01 g/100g	0.01 g/100g	0.01 g/100g
	% GASTADO DE SODA	0 g/100g	0 g/100g	0 g/100g
	ALCALINIDAD TOTAL	0.01 g/100g	0.01 g/100g	0.01 /100g

Fuente: La autora

3.2 MEDICIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA GENERADA

Ninguna de las botas de los tambores tiene medidor de flujo a la salida, así que para hallar la cantidad de agua generada en los tambores D-555 y D-557, que son los que

actualmente se drenan de forma manual y discontinua, se decidió hacer varios drenajes en un recipiente de volumen conocido en un intervalo de tiempo establecido, determinando así la tasa de llenado en estos tambores **Tabla 2**.

Tabla 2. Tasa de llenado de los tambores D-555 y D-557

	D-555 (GPH)	D-557 (GPH)	CARGA TOTAL ¹ (BPD)
1	10,99072	1,42668	21300
2	10,35664	1,37384	21300
3	7,1334	1,26816	18500
4	6,55216	1,321	18500
5	23,2496	1,39356	22000
6	22,7212	1,4266	22000

Fuente: La autora

Para los tambores D-582 y D-577A, los cuales tienen lazo de control de nivel y presentan un flujo continuo se midió el caudal a la salida, obteniendo los resultados de la **Tabla 3**.

Tabla 3. Caudal de agua a la salida del D-577A y del D-582

	D-577A (GPM)	D-582 (GPM)	CARGA TOTAL (BPD)
1	2,11	0,066	22000
2	2,38	0,088	22000
3	1,58	0,079	22000
4	2,11	0,105	22000
5	1,85	0,092	22000

Fuente: La autora

¹ Carga total de Gasóleo, DMO y DMOH que entra a la Unidad Catalítica Orthoflow.

3.3 Búsqueda de alternativas

Cuando se acordó como destino el D-503 de las aguas a recolectar provenientes del D-555, el D-557 y el D-582 se buscó en campo las alternativas existentes, para llevarlas al sistema cerrado seleccionado.

Se analizaron las líneas que actualmente llegan al tambor D-503, para saber si había posibilidad de utilizarlas. Una de estas líneas existentes fue seleccionada pero al momento de realizarle los estudios, se determinó que no era apta para transportar aguas agrias, debido que este fluido es altamente corrosivo y requiere que las líneas y accesorios utilizados tengan alivio térmico, requisitos que no cumplía la línea existente y adicional a esto se encontraba un poco deteriorada.

Por tal motivo se decidió construir una línea nueva que llegue a una facilidad que se encuentra libre en la parte superior izquierda del D-503, en donde solo se transporte las aguas agrias **Figura 1**.



Figura 1. Facilidad en la parte superior del tambor D-503
Fuente: La autora

4. ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para definir el flujo en los tambores D-555 y D-557 se establecieron tiempos de drenado (ver **Tabla 4**) basados en los tiempos que actualmente se tarda dicho proceso en campo y en la cantidad de agua que se logra acumular en cada tambor en el escenario de mayor producción.

Tabla 4. Datos para determinar el caudal de los tambores D-555 y D-557

	D-555	D-557
Tasa de llenado de la bota	0,4 gpm	0.024 gpm
Volumen de la bota	80,29 gal	82,25 gal
Drenajes	2 veces por turno (cada 4 h)	1 al día (cada 24 h)
Cantidad de agua a drenar	96 gal	34,56 gal
Tiempo estimado de duración de drenado	10 min	5 min
Caudal	9,6 gpm	7 gpm

Fuente: La autora

Con las mediciones presentadas en la Tabla 3 se identifican los caudales de los D-577A y D-582 teniendo en cuenta que se tomaron como referencia los resultados mayores. La **Tabla 5** muestra los caudales a trabajar.

Tabla 5. Caudales a trabajar en cada uno de los tambores.

	CAUDAL
D-555	9,6
D-557	7
D-577A	2,38
D-582	0,1

Fuente: La autora

Después de analizar y obtener los resultados se plantea el sistema a construir, el cual incluye una línea nueva de acero al carbono de 1 pulgada y sch 80 a la que le llegan tres líneas también nuevas que salen de los tambores D-555, D-557 y D-582 respectivamente y con las mismas características, el total de agua recolectada de estos tres tambores se envía al D-503.

El tambor D-577A llega en el límite de baterías de la planta de Orthoflow a través de otra nueva línea de 1" a la línea de descarga de la bomba P-525.

Siguiendo la norma recomendada por la Shell, que dice que para sistemas de drenado de GLP se recomienda el uso de doble válvula, se empleará doble válvula globo para los tambores D-557 y D-577A y doble válvula de compuerta para el D-555 y el D-582. Además para disminuir la presión y el flujo del agua efluente de los tambores D-555, D-557 y D-577A se instalan Orificios de Restricción (RO). Adicional a esto, se plantea el uso de válvulas cheque en cada una de las líneas de salida de los tambores con el fin de asegurar que el fluido vaya en el sentido deseado, evitando se invierta el flujo.

En la **Tabla 6** se enlistan los elementos a instalar para cada uno de los efluentes de agua agria a transportar.

Tabla 6. Elementos a utilizar en cada uno de los tambores

ELEMENTOS	Línea del D-555	Línea del D-557	Línea del D-582	Línea del D-577A
Longitud aproximada de la línea nueva de 1" (ft)	85.16*	194.24*	308.6	500
Orificio de restricción	Uno de 1/4"	Uno de 1/6"	-	Uno de 1/4"
Válvula de compuerta	2	-	2	-
Válvula globo	-	2	-	2
Válvula cheque	2	1	1	1

* El total real de estas líneas es 301.16 y 495.6 pies (ft) respectivamente, pero se reportan estos valores debido a que en algunos puntos la tubería de las líneas de los tambores D-555, D-557 y D-582 se comparten, entonces se descartan los tramos que ya han sido tenidos en cuenta para el total de línea nueva.

Fuente: La autora

El sistema fue simulado en la herramienta INPLANT, para observar la efectividad de las medidas y decisiones tomadas a lo largo de la realización del proyecto, arrojando como resultado la confirmación de las decisiones tomadas previamente (ver **Anexo 1**).

Una vez planteado el proceso a realizar se estudiaron las capacidades de las bombas involucradas (P-525A/B y P-328C/D) para evaluar la posibilidad de aumentar el flujo que manejan actualmente.

- **Bomba P-525A/B:** Actualmente se encuentran operando las bombas en paralelo, puesto que cuando se ha intentado dejar solo una de estas el nivel de agua agría en la bota del tambor D-503 aumenta, mostrando así la insuficiencia para evacuar el flujo de 81 gpm provenientes de la suma de vapores inyectados (vapor de

dispersión, de despojo, bajante y anticoque) y de los aproximados 40 gpm de agua agria del D-554 que se utiliza como agua de lavado de los gases.

Llevar a cabo el envío de las aguas agrias de los tambores D-555, D-557 y D-582 al D-503, aumenta en 10,1 gpm² el flujo actual de la bomba, lo que daría un valor total a manejar de 91.1 gpm, cantidad que con las condiciones actuales no podría ser trabajada, debido a la restricción hidráulica que existe.

En la **PIM-Z2-23556 (Anexo 2)** se recomienda aumentar el diámetro de los tramos de la línea de descarga de la bomba de 2" a 3" debido que en los tramos de 2" se presentan los mayores valores de caídas de presión y aumentando el diámetro de la línea da un alivio al sistema; a la vez se recomienda aumentar el diámetro del impulsor de esta (5 ¾") a su máximo diámetro que es 6". Esta recomendación logra llegar a manejar hasta 99 gpm con una sola bomba en servicio, logrando así eliminar el factor de riesgo que significa no tener una bomba en stand-by.

- **Bomba P-328C/D:** Estas bombas succionan las aguas agrias del D-338 y las envían a la unidad despojadora de aguas agrias U-2590, como actualmente la unidad está fuera de servicio, estas aguas son enviadas a la unidad despojadora de aguas agrias U-4840.

La P-328C/D tiene una capacidad de diseño de 250 gpm, aunque en algunas ocasiones este flujo ha llegado hasta 290 gpm, en la **Figura 2** algunos históricos de las mediciones del flujo de la bomba.

² Solo se está teniendo en cuenta el flujo del tambor D-582 y el flujo de mayor valor entre los efluentes de agua de los tambores D-555 y D-557, debido a que el drenado de estos dos tambores se hace manualmente por un mismo operador, lo que quiere decir que no se hacen nunca a la vez.

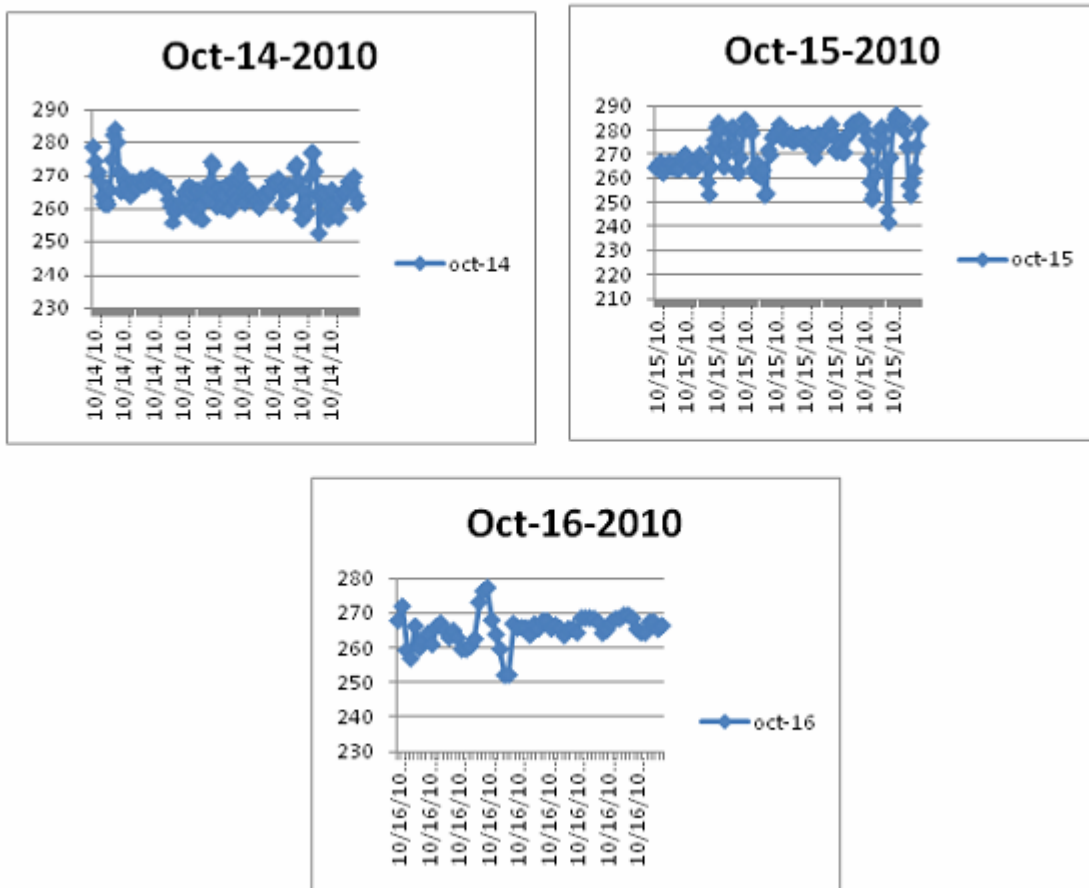


Figura 2. Medición de Flujos P-328 C/D

Fuente: Datos Históricos del DCS de Modelo IV

En el diseño que se propone en este proyecto al tambor D-338 le aumentaría el flujo de llegada alrededor de 12.5 gpm (10 gpm del D-555, 0.1 gpm del D-582 y 2.4 gpm del D-577A), lo que significa que la bomba P-328C/D aumentaría la misma cantidad el flujo.

Teniendo en cuenta que la bomba actualmente se encuentra trabajando sobre el valor de flujo máximo se recomienda aumentar el diámetro del impulsor de 10.963” a 12.64”, el cual es el diámetro máximo.

En las **Tabla 7 y 8** se muestra el caudal para cada uno de los diámetros y se determina que es posible trabajar el nuevo flujo que es de 302.5 gpm teniendo en cuenta la norma API 610 que establece que las ventanas operacionales de la bomba se encuentra entre el 70% a la izquierda y 120% a la derecha del BEP (Best Efficient point) el cual se determina según la curva de la bomba (ver **Anexo 3**)

Tabla 7. Caudales para el diámetro actual y el diámetro instalar.

DIAMETRO (PULGADAS)	CAUDAL (GPM)
10,963	250
12,64	288

Fuente: La autora

Tabla 8. Punto de mejor eficiencia y ventanas operacionales.

BEP (GPM)	70% A LA IZQUIERDA DEL BEP (GPM)	120% A LA DERECHA DEL BEP (GPM)
288	201,6	345,6

Fuente: La autora

Al decidir ampliar el diámetro de la bomba se analizó si la potencia de 75 hp que esta tiene es suficiente para el nuevo caudal a manejar y se llegó a proponer lo siguiente:

El motor que actualmente hay en planta tiene una potencia de 75 HP, al ampliar el diámetro de la bomba esta requeriría una potencia de 70 HP, lo que lleva a concluir que para manejar la carga proyectada, lo adecuado es utilizar motores de 100 HP, 3600 rpm, 460 V teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Por criterio de diseño, los sistemas de bombeo no deben exigir que los motores operen por encima del 80% de su capacidad nominal, esto con el objeto de tener un margen de confiabilidad del motor (ante un posible aumento de carga), no exponer el motor a elevaciones de temperatura que comprometan la vida útil de los devanados.
- Se revisó en manual de fabricantes y se dispone de motores de 100 HP con frame (marco o carcasa) 405TS que es el mismo frame de los actuales motores de 75 HP, esto es una ventaja teniendo en cuenta que no se requeriría hacer modificaciones en el base plate del motor (obra civil).
- Según catalogo el precio de lista para un motor de IEE 841 (motores para la industria petroquímica) 100 HP, 3600 rpm, 460 V, 405TS, TEFC es de \$13.000 USD.

En el **Anexo 4** se presenta el diagrama del proceso diseñado para solucionar el problema de destinación de las aguas agrías remanentes de Orthoflow.

CONCLUSIONES

- El diseño elaborado en este proyecto envía las aguas agrias producidas en la unidad de Orthoflow a un sistema cerrado, para posteriormente ser tratadas en las unidades despojadoras de aguas agrias y solucionar así el problema ambiental y de salud ocupacional actual de la planta debido al drenado al suelo de estas aguas.
- Es necesario cambiar los tramos de tubería que tienen diámetro de 2" a tubería con diámetro de 3" en la línea de las bombas P-525A/B y de igual forma aumentar el diámetro del impulsor de estas para eliminar la restricción hidráulica existente y poder llevar a cabo el diseño propuesto.
- El aumento de flujo que se obtiene en las bombas P-328C/D al enviar las aguas agrias remanentes de Orthoflow al tambor D-338 obliga a aumentar el diámetro del impulsor a 12.64".
- Según la tasa de llenado de las botas de los tambores D-555 y D-557 es necesario drenar 2 veces por turno (cada 4 horas) y 1 vez al día, respectivamente, para evitar que el proceso se vea afectado por un arrastre de agua.

RECOMENDACIONES

- Antes de realizar las actividades propuestas se debe llevar la señal de medición de nivel de los tambores D-555 y D-557 al DCS para poder drenar con mayor confianza y evitar un escape de GLP.
- Las bombas involucradas en el diseño deben ser evaluadas mecánicamente por ingenieros de equipo rotativo.
- Se recomienda mantener las placas de las bombas en buen estado para facilitar la toma de información técnica en campo.
- Se aconseja realizar una limpieza a los indicadores de nivel existentes.
- Realizar mantenimiento a las válvulas que se encuentran actualmente en los sistemas para descartar que tengan pases.
- Concientizar a operador de planta de la importancia que tienen los drenados en los respectivos turnos.

BIBLIOGRAFÍA

- CRANE. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías, 15 ed. Mc Craw Hill, 1989.
- SHELL. Manual equipment in LPG installations, Información GRB Ecopetrol S.A, 2003.
- SHELL. Manual pressurised bulk storage installations for LPG, Información GRB Ecopetrol S.A, 2003.
- EXXON. Design and engineering practice, 1998.
- TIPIEL S.A. Manual Operating instructions sour water stripper, Información GRB Ecopetrol S.A, 2004.
- ECOPETROL S.A. Refinería Gerencia de Barrancabermeja, Manual de descripción de procesos de la unidad de craqueo catalítico Orthoflow, 2007.
- INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO (ICP). Generación, manejo y caracterización de aguas agrias de la GCB, 2003.

Anexo 1. Resultados de simulaciones

DEVICE SUMMARY

LINK NAME	DEVI NAME	DEVI TYPE	R R	INSIDE DIAM (IN)	MEAS LENGTH (FT)	ELEV CHNG (FT)	OUTLET		AVG. LIQ HOLDUP
							PRESS: (PSIG)	TEMP: (F)	
L001	***SOURCE***				10.000 (GPM)		150.0	100.0	
	D555						150.0	100.0	
	O001	ORIF	CH	0.250	0.0	0.0	69.2	100.0	
	P001	PIPE	DW	0.957	100.0	4.5	62.8	99.9	
	V007	VALV	CH	0.957	0.0	0.0	58.5	99.9	
	C002	CONT	HO	3.067	0.0	0.0	58.4	99.9	
	P002	PIPE	DW	3.067	23.0	0.0	58.4	99.8	
	B001	BEND	CH	3.067	0.0	0.0	58.4	99.8	
	T003	TEE	CH	0.957	0.0	0.0	57.9	99.8	
	T004	TEE	CH	3.067	0.0	0.0	57.9	99.8	
	V004	VALV	CH	0.957	0.0	0.0	57.9	99.8	
	V005	VALV	CH	0.957	0.0	0.0	57.9	99.8	
	P003	PIPE	DW	0.957	216.0	6.6	45.4	99.6	
	B003	BEND	CH	0.957	0.0	0.0	45.3	99.6	
	B002	BEND	CH	0.957	0.0	0.0	44.4	99.6	
	C001	CONT	HO	0.957	0.0	0.0	44.1	99.6	
	V006	VALV	CH	0.744	0.0	0.0	44.0	99.6	
	D503	*** SINK ***			44.0 (PSIG)		TEMP=	99.6 (F)	

BASE CASE

DEVICE SUMMARY

LINK NAME	DEVI NAME	DEVI TYPE	C O R R	INSIDE DIAM (IN)	MEAS LENGTH (FT)	ELEV CHNG (FT)	----- PRESS: (PSIG)	OUTLET TEMP: (F)	----- INSITU LGR (CFBBL)	AVG. LIQ HOLDUP
L001	***SOURCE***			RATE=	7.000 (GPM)		270.0	100.0		
	D557						270.0	100.0		
	O001	ORIF	CH	0.167	0.0	0.0	70.2	100.0		
	P005	PIPE	DW	0.957	279.6	0.0	63.9	99.6		
	P007	PIPE	DW	3.067	6.2	0.0	63.9	99.6		
	P006	PIPE	DW	1.937	29.5	0.0	63.8	99.5		
	C005	CONT	HO	3.067	0.0	0.0	63.8	99.5		
	V002	VALV	CH	1.937	0.0	0.0	63.8	99.5		
	V006	VALV	CH	0.744	0.0	0.0	60.4	99.5		
	V008	VALV	CH	0.957	0.0	0.0	60.4	99.5		
	C002	CONT	HO	1.937	0.0	0.0	60.3	99.5		
	T002	TEE	CH	0.957	0.0	0.0	60.2	99.5		
	T003	TEE	CH	2.067	0.0	0.0	60.2	99.5		
	B004	BEND	CH	1.937	0.0	0.0	60.2	99.5		
	V001	VALV	CH	0.957	0.0	0.0	58.0	99.5		
	P001	PIPE	DW	0.957	216.0	13.1	47.5	99.2		
	B001	BEND	CH	0.957	0.0	0.0	47.1	99.2		
	B002	BEND	CH	3.067	0.0	0.0	47.1	99.2		
	C001	CONT	HO	0.957	0.0	0.0	46.9	99.2		
	V009	VALV	CH	0.744	0.0	0.0	46.9	99.2		
D503	*** SINK ***			PRES=	46.9 (PSIG)		TEMP=	99.2 (F)		

DEVICE SUMMARY

LINK NAME	DEVI NAME	DEVI TYPE	R R	INSIDE DIAM (IN)	MEAS LENGTH (FT)	ELEV CHNG (FT)	OUTLET		AVG. LIQ HOLDUP
							PRESS: (PSIG)	TEMP: (F)	
L000	***SOURCE***			RATE=	0.100 (GPM)		70.0	100.0	
	D582						70.0	100.0	
	P000	PIPE DW		0.957	109.0	16.4	62.9	91.6	
	P002	PIPE DW		0.744	1.6	-1.6	63.6	91.5	
	B000	BEND CH		0.957	0.0	0.0	63.6	91.5	
	T000	TEE CH		0.957	0.0	0.0	63.6	91.5	
	V000	VALV CH		0.957	0.0	0.0	63.6	91.5	
	V002	VALV CH		0.957	0.0	0.0	63.6	91.5	
	T001	TEE CH		0.957	0.0	0.0	63.6	91.5	
	R002	DREG DN		0.000	0.0	0.0	57.9	91.5	
	P001	PIPE DW		0.957	216.0	13.1	52.2	83.9	
	B001	BEND CH		0.957	0.0	0.0	52.2	83.9	
	B002	BEND CH		0.957	0.0	0.0	52.2	83.9	
	V001	VALV CH		0.744	0.0	0.0	52.2	83.9	
	C000	CONT HO		0.957	0.0	0.0	52.2	83.9	
	D503	*** SINK ***		PRES=	52.2 (PSIG)	TEMP=	83.9 (F)		

LINK NAME	DEVI NAME	DEVI TYPE	R R	INSIDE DIAM (IN)	MEAS LENGTH (FT)	ELEV CHNG (FT)	OUTLET		AVG. LIQ HOLDUP
							PRESS: (PSIG)	TEMP: (F)	
L01	***SOURCE***			RATE=	93.000 (GPM)		9.0	100.0	
	D503						9.0	100.0	
	E003	ENTR HO		4.028	0.0	0.0	9.0	100.0	
	P003	PIPE DW		4.028	40.0	-6.6	11.7	100.0	
	B001	BEND CH		4.028	0.0	0.0	11.6	100.0	
	V001	VALV CH		4.028	0.0	0.0	11.6	100.0	
	T001	TEE CH		4.028	0.0	0.0	11.5	100.0	
	E004	EXIT HO		4.028	0.0	0.0	11.5	100.0	
	P525	PUMP XX		0.000	0.0	0.0	66.0	100.0	
	P006	PIPE DW		3.067	146.0	13.2	59.1	99.9	
	B002	BEND CH		3.067	0.0	0.0	58.2	99.9	
	E005	ENTR HO		3.067	0.0	0.0	58.1	99.9	
	V002	VALV CH		3.067	0.0	0.0	58.1	99.9	
	V003	VALV CH		3.067	0.0	0.0	56.8	99.9	
	T002	TEE CH		3.067	0.0	0.0	56.5	99.9	
	J001	**JUNCTION**		PRES=	56.5 (PSIG)	TEMP=	99.9 (F)		

L02	***SOURCE***	RATE=	25.000 (GPM)		150.0	100.0
	D554				150.0	100.0
	P004	PIPE DW	3.067	10.0	0.0	150.0 100.0
	B004	BEND CH	3.067	0.0	0.0	150.0 100.0
	E002	ENTR HO	3.067	0.0	0.0	150.0 100.0
	V005	VALV CH	3.067	0.0	0.0	150.0 100.0
	T003	TEE CH	3.067	0.0	0.0	150.0 100.0
	P005	PIPE DW	1.937	23.0	6.6	147.0 100.0
	P007	PIPE DW	1.937	70.0	0.0	146.5 99.9
	B005	BEND CH	1.937	0.0	0.0	146.1 99.9
	V006	VALV CH	1.937	0.0	0.0	146.0 99.9
	T004	TEE CH	1.937	0.0	0.0	145.8 99.9
	R002	DREG DN	0.000	0.0	0.0	56.5 99.9
	J001**JUNCTION**	PRES=	56.5 (PSIG)	TEMP=	99.9 (F)	
L03	**JUNCTION**	RATE=	118.000 (GPM)		56.5	99.9
	J001				56.5	99.9
	P001	PIPE DW	3.067	156.0	0.0	54.4 99.9
	B003	BEND CH	3.067	0.0	0.0	54.2 99.9
	J002**JUNCTION**	PRES=	54.2 (PSIG)	TEMP=	99.8 (F)	
L04	***SOURCE***	RATE=	2.400 (GPM)		250.0	100.0
	D577				250.0	100.0
	P008	PIPE DW	2.469	14.0	0.0	250.0 99.8
	V007	VALV CH	2.469	0.0	0.0	250.0 99.8
	P009	PIPE DW	0.957	500.0	10.0	244.1 97.9
	V008	VALV CH	0.957	0.0	0.0	244.0 97.9
	O002	ORIF CH	0.250	0.0	0.0	239.4 97.9
	V009	VALV CH	0.957	0.0	0.0	239.3 97.9
	C001	CONT HO	0.957	0.0	0.0	239.2 97.9
	V012	VALV CH	3.067	0.0	0.0	239.2 97.9
	V010	VALV CH	0.543	0.0	0.0	239.2 97.9
	R004	DREG DN	0.000	0.0	0.0	54.2 97.9
	J002**JUNCTION**	PRES=	54.2 (PSIG)	TEMP=	99.8 (F)	

Anexo 2. Recomendación para la bomba P-525

PIM-Z2-23556	EQUIPO: D503/P525	No. COMPONENTE:	MDD	
SERVICIO : Aguas Agrias de bota D503 a D338			PPY	X
OT No :	DIRIGIDO A : PARADAS DE PLANTA		POSTERIOR	
CON COPIA: Coord. Confiabilidad Equipo Rotativo	VALORACIÓN RAM= H (Personas)		REVISIÓN No:	01

1. DIAGNOSTICO:

(CONDICIÓN DEL COMPONENTE ACTUAL, MODO DE FALLA, POSIBLES CAUSAS):

Condición actual:

De acuerdo con el estudio hidráulico realizado en el sistema de aguas agrias de la unidad de FCC Orthoflow, la cual se fundamentó en datos de campo (perfil de presiones) y cálculos de caídas de presión en tuberías, se observa que la caída de presión entre la descarga de las bombas P525A/B y el límite de batería es muy alto, siendo un 78% del total hasta el tambor colector D338 (35.1 psi dentro del límite de batería vs. 45.0 psi totales hasta el D338, y una presión de descarga de las P525A/B de 45 psig); adicionalmente, se observa que es requerido operar en paralelo las bombas P525A/B para un flujo máximo de 85 gpm vs. un flujo requerido de 99 gpm a carga de diseño de la unidad (26000 bpd a Riser). Si el flujo actual fuera mayor a 85 gpm, no sería suficiente ni aun operando las dos bombas en paralelo, teniendo entonces que colocar drenajes de aguas agrias al sistema de aguas aceitosas, e impactando el ambiente de trabajo en el patio de operaciones por posibles concentraciones de H₂S por encima de 10 ppm.

Tabla 1. Hidráulica actual del sistema de aguas agrias @ 85 gpm y P525A/B en paralelo.

TRAMO	DIÁMETRO (in)	LONGITUD (ft)	ΔP (psi)	$\Delta P/L$ (psi/100')
1. Succión P525A/B	4"	40	1.7	4.2
2. Descarga P525A/B	2"	12	8.2	68.3
3. Descarga P525A/B – LV50007	3"	48	0.6	1.3
4. LV50007	-	-	9.1	-
5. LV50007 – Tee D554	2"	86	9.1	10.6
6. Tee D554	2"	1	5.2	520
7. Tee D554 – Límite Bateria	3"	156	1.1	0.7
8. Límite Bateria – D338	3"	965	8.8	0.9
Cabeza Estática	-	-	2.9	-

Según los datos anteriores, se observa que las mayores caídas de presión por longitud se encuentran en los tramos 2, 5 y 6, los cuales se consideran restricciones hidráulicas del sistema.

Modos de falla:

- Vertimiento de aguas agrias, H₂S por encima de 10 ppm en el ambiente de trabajo.

Posibles causas:

- Hidráulica inadecuada a los requerimientos de flujo.

2. VALORACIÓN RAM M (PERSONAS/AMBIENTAL)

Personas: 3E-H (Incapacidad Temporal: Inhalación de H₂S por agua agrias vertidas al sistema de aguas aceitosas – Ha ocurrido varias veces por año)

Económica: 2E-M (Impacto Importante: Pérdidas económicas asociadas por disminución de carga para disminuir el vertimiento de aguas agrias)

Ambiental: 2E-M (Impacto menor: Emisión menor de H₂S a la atmósfera)

Imagen de la empresa: 3E-H (Impacto Regional/Nacional por incapacidades en trabajadores propios y/o contratistas)

3. ACCIONES RECOMENDADAS:

Para poder utilizar una sola de las bombas P525A/B, se estudió la hidráulica del sistema encontrándose lo siguiente:

1. El diámetro superior de impulsor de las bombas P525A/B es de 6" vs. un tamaño actual de 5³/₄", con lo que el aumento de tamaño de impulsor solamente daría 3 psig adicionales en la descarga de las bombas, lo cual no sería suficiente para aliviar hidráulicamente el sistema.
2. Aumentando de 2" a 3" el diámetro de los tramos 2, 5 y 6 (filas sombreadas en la Tabla 1), se tendrían los siguientes resultados:

Tabla 2. Hidráulica mejorada del sistema de aguas agrias @ 99 gpm con una P525A/B.

TRAMO	DIÁMETRO (in)	LONGITUD (ft)	ΔP (psi)	ΔP/L (psi/100')
1. Succión P525A/B	4"	40	2.3	4.2
2. Descarga P525A/B	3"	12	1.7	68.3
3. Descarga P525A/B – LV50007	3"	48	0.7	1.3
4. LV50007	-	-	10.7	-
5. LV50007 – Tee D554	3"	86	1.4	10.6
6. Tee D554	3"	1	1.8	520
7. Tee D554 – Límite Bateria	3"	156	2.5	0.7
8. Límite Bateria – D338	3"	965	19.3	0.9
Cabeza Estática	-	-	2.9	-

De acuerdo con lo anterior, las acciones a ejecutar son las siguientes:

3.1 CAMBIO DE IMPULSOR DE LAS BOMBAS P525A/B AL TAMAÑO MÁXIMO (6")

Aprovechar el contrato de mantenimiento con Gulds Pumps para cambiar el tamaño actual (5¾") de los impulsores de las bombas P525A/B por el tamaño máximo (6").

3.2 REEMPLAZO DE LOS TRAMOS DE 2" POR 3" (DENTRO DE LÍMITES DE BATERÍA, TRAMOS 2, 5 Y 6)

- Prefabricar facilidades de tubería en acero al carbono de 3" para reemplazar el tramo de 2" entre la descarga del sistema de bombeo P525A/B y la Tee donde se une con la línea proveniente de la bota del tambor D554, incluyendo dicha Tee (la Tee debe ser también de 3").
- Instalar las facilidades prefabricadas de 3" en acero al carbono en la unidad de FCC Orthoflow, en reemplazo de los tramos de 2" que se deben desmantelar, realizando las interconexiones que sean requeridas.
- El trazado de la línea de 3" será exactamente igual a la actual línea de 2", por lo cual se conserva la misma isometría. Se deberán tomar medidas de referencia en campo para la prefabricación de las facilidades.
- Se deberá realizar alivio térmico en todas las uniones soldadas. La curva de alivio constará de las siguientes etapas:
 1. Calentar desde temperatura ambiente a 1150°F con una pendiente de 350°F/hora.
 2. Mantener la temperatura en 1150°F durante 1 hora.
 3. Enfriamiento desde 1150°F hasta 600°F con una pendiente de 350°F/hora.
 4. Cuando la temperatura haya llegado a 600°F, apagar la máquina de alivio térmico y dejar enfriar naturalmente hasta temperatura ambiente.
- Operaciones deberá elaborar los esquemas de Aislamiento Seguro (SAS) y de forma conjunta con Planeación y el Ejecutor los Análisis de Trabajo Seguro (ATS), para poder realizar las interconexiones propuestas con planta en servicio.

4. MATERIALES

Pipe (Tubería) 3", SCH 80, SMLS, ASTM A106-Gr. B

Gate Valve 3" (Válvulas de Compuerta), SW, ASTM A105, 4 unidades.

Globe Valve 3" (Válvulas de Globo), SW, ASTM A105, 1 unidad.

Tee 3", SW, ASTM 105, 5 unidades.

Elbow 3", 90°, SW, ASTM 105, 7 unidades.

Flange (Bridas) 3"x150#, RF, ASTM 105

Empaques Espirotáticos 2"x150#, SS-304

Empaques Espirotáticos 3"x150#, SS-304

Espárragos ASTM A193 Gr. B7

Tuercas ASTM A194 Gr. 2H

Electrodos AWS E6010 / E7018

Máquina de Alivio Térmico

5. CONTROLES DE CALIDAD REQUERIDOS:

- PRUEBA DE LÍQUIDOS PENETRANTES (PLP) EN LAS JUNTAS SOLDADAS
- Aceptación mecánica por parte de los siguientes especialistas:
 - Ingeniero de Proceso
 - Ingeniero de Inspección de Equipos

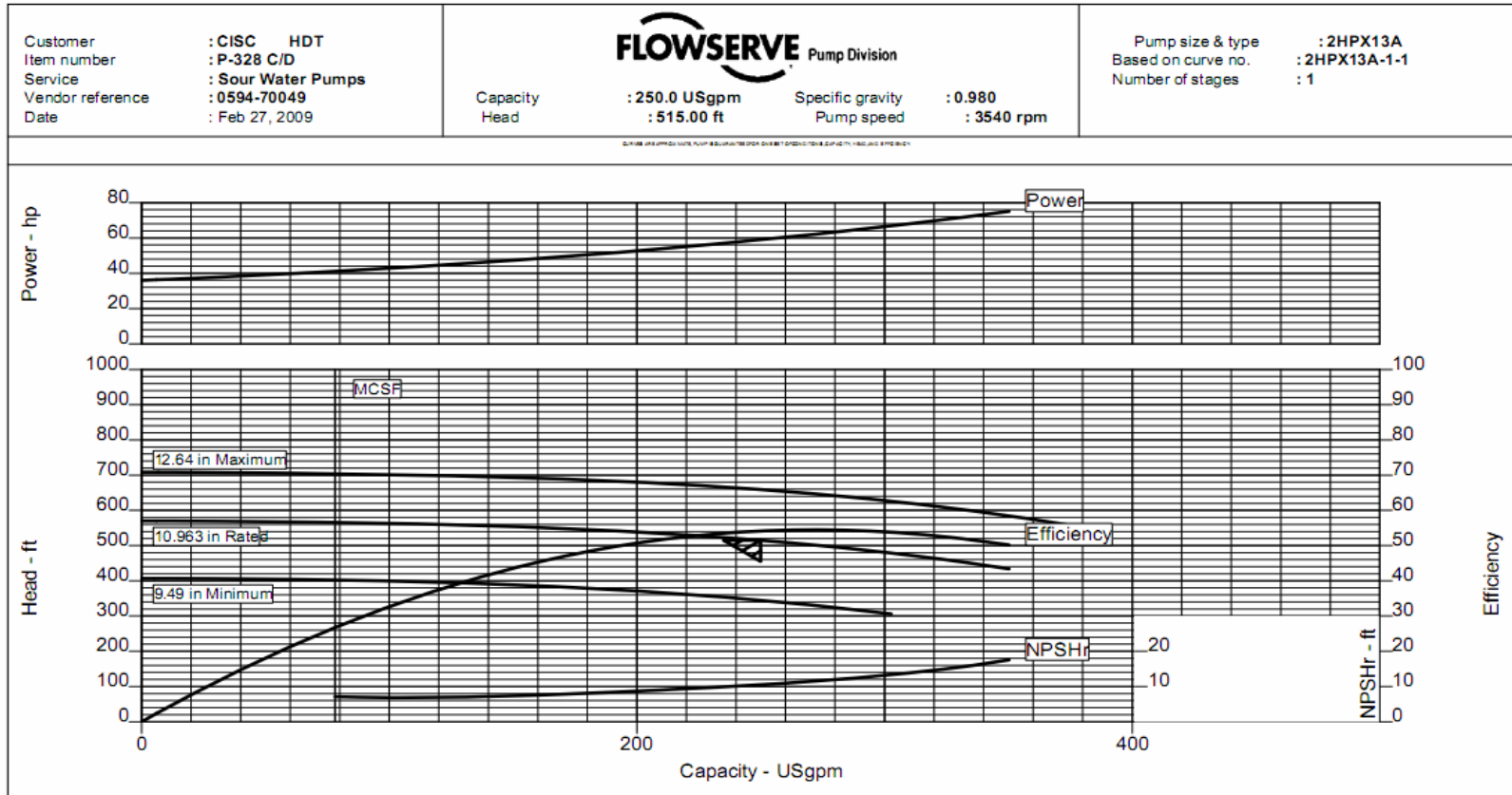
6. PROTOCOLOS E INSTRUCTIVOS A UTILIZAR:

- Control de Cambios en Planta – Procedimiento VRP-P-002, Sistema P8.
- Sistema de Aislamiento Seguro SAS (Aplicable para realizar tie-ins con planta en servicio), realizado por el Grupo de Operaciones Unidad de FCC Orthoflow.
- Análisis de Trabajo Seguro ATS, realizado por el Grupo de Planeación/Mantenimiento con apoyo del Grupo de Operaciones Unidad de FCC Orthoflow.

7. PLANOS DE REFERENCIA

LA ISOMETRÍA DEL SISTEMA NO SUFRIRÁ MODIFICACIONES. EL TRAZADO DE LAS NUEVAS FACILIDADES CONSERVARÁ LA ISOMETRÍA ACTUAL (TOMAR MEDIDAS DE REFERENCIA EN CAMPO PARA LA PREFABRICACIÓN DE LAS FACILIDADES).

Anexo 3. Curva de la Bomba P-328



WinPROS+ V3.2.3

Anexo 4. Diseño del diagrama de proceso propuesto

