



**DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS VIABLE PARA LA RECUPERACIÓN
DEL CONDENSADO DEL D-2503 DE LA PLANTA DEMEX Y DEL D-2604 DE LA
PLANTA HIDRÓGENO DEL DEPARTAMENTO DE REFINACIÓN DE FONDOS
DE LA GRB ECOPETROL S.A**

MARIA FERNANDA CAMACHO FUENTES

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2009



**DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA MAS VIABLE PARA LA RECUPERACIÓN
DEL CONDENSADO DEL D-2503 DE LA PLANTA DEMEX Y DEL D-2604 DE LA
PLANTA HIDRÓGENO DEL DEPARTAMENTO DE REFINACIÓN DE FONDOS
DE LA GRB ECOPETROL S.A**

MARIA FERNANDA CAMACHO FUENTES

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Ingeniera Química**

**DIRECTOR: CRISÓSTOMO BARAJAS FERREIRA
INGENIERO QUÍMICO, Msc.**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO QUIMICAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
BUCARAMANGA**

2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi familia por permitir que alcance este nuevo peldaño en mi vida profesional y personal.

A la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad Industrial de Santander por brindarme las herramientas necesarias para desempeñarme en el mundo laboral.

Al departamento de refinación de fondos de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja por hacer del inicio de mi vida laboral una gran experiencia de aprendizaje y crecimiento.

A todas las personas que directa o indirectamente me aportaron elementos valiosos no solo para el desarrollo de este trabajo sino para la culminación satisfactoria de esta etapa de mi vida

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	12
1. DESCRIPCIÓN.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	14
1.1.1 Generales.....	14
1.1.2 Específicos.....	14
1.2 ALINEACIÓN CON LA ESTRATEGIA DE ECOPETROL S.A.....	15
1.3 PROGRAMACIÓN.....	15
1.4 ALCANCE.....	16
2. CONTENIDO.....	17
2.1 Reconocimiento de los procesos realizados en el departamento de refinación de fondos.....	17
2.2 Revisión de antecedentes, recopilación de información y verificación de situación actual en campo.....	18
2.3 Caracterización de los condensados mediante muestreo y elaboración de pruebas en el laboratorio.....	20
2.4 Planteamiento de alternativas.....	21
2.4.1 D-2503.....	21
2.4.1.1 Instalación de filtro coalescedor en la T-2506.....	23
2.4.1.2 Utilización de productos químicos rompedores de emulsión.....	24

2.4.1.3	Re direccionamiento del condensado emulsionado a la succión de la P-2657 de la planta UNIBÓN para disolver sales contenidas en el hidrogeno y evitar incrustación en los E-2656.....	25
2.4.2	D-2604	27
2.4.2.1	Tratamiento químico de des carbonatación con cal apagada con carbonato de calcio precipitado como producto de reacción.....	30
2.4.2.2	Montaje de una columna para tratamiento con resina aniónica fuerte.....	33
2.4.2.3	Tratamiento biológico mediante el cultivo e inóculo de algas especie Chlorella sp.....	34
2.4.2.4	Montaje de una torre despojadora con vapor.....	37
2.4.2.5	Implementación de una torre despojadora con aire y tratamiento con secuestrante de oxigeno.....	41
2.5	Análisis de riesgos.....	42
	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	43
	CONCLUSIONES.....	46
	RECOMENDACIONES.....	48
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49
	FIGURAS.....	51
	TABLAS.....	67
	ANEXOS.....	90

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Condensado D-2503.....	51
Figura 2. Comparación temperatura de ebullición para un DMO típico y el aceite separado.....	51
Figura 3. Condensado del D-2503 de la planta DEMEX.....	52
Figura 4. Condensado del D-2604 de la planta Hidrógeno.....	52
Figura 5. Malla de alambre AMISTCO para eliminar niebla.....	53
Figura 6. Eliminador de niebla AMISTCO tipo MistFix® de inserción	53
Figura 7. Esquema funcionamiento filtro coalescedor.....	53
Figura 8. Pruebas laboratorio de reología y fenómenos interfaciales ICP con rompedores de emulsión condensado D-2503.....	54
Figura 9. Pruebas laboratorio de reología y fenómenos Interfaciales ICP con cloruro de sodio a las 4 horas.....	55
Figura 10: Solubilidad del CO ₂ en función de la temperatura.....	55
Figura 11. Variación concentración de las especies de CO ₂ presentes en agua con Ph.....	56
Figura 12. Ablandamiento por precipitación química. Concentraciones residuales en función del PH como CaCO ₃	57
Figura 13. Esquema sistema propuesto por Rohm and Haas.....	58
Figura 14. Esquema del fotobioreactor utilizado en fase experimental para reducción de CO ₂ para cultivo semicontinuo de microalgas.....	59

Figura 15. Curvas y ecuaciones de calibración de densidad celular y biomasa....	59
Figura 16. Efecto de la concentración del CO ₂ en el crecimiento de células de: a) baja densidad (8*10 ⁵ células mL ⁻¹ en cultivo 800 mL); b) alta densidad (8*10 ⁵ células mL ⁻¹ en cultivo 800 mL, con iluminación de 300μmol m ⁻² s ⁻¹ , 0.25 vvm y temperatura de 26±1°C.....	60
Figura 17. Esquema general torre despojadora con vapor hidrotatamiento DH-4652.....	61
Figura 18. Sistema desaireador conformado por torre despojadora y tambor acumulador.....	61
Figura 19. Esquema desaireador para tratamiento de condensado (eliminación dióxido de carbono) producto de exceso de vapor en reformado para producción de hidrógeno Hidrotatamiento.....	62
Figura 20. Primera opción de desgasificación (torre despojadora con vapor) del condensado D-2604 para eliminar CO ₂ y reutilizar como suministro a B-2601.....	63
Figura 21. Segunda opción de desgasificación (torre despojadora con vapor) del condensado D-2604 para eliminar CO ₂ y reutilizar como suministro a B-2601.....	64
Figura 22. Propuesta para la recuperación del condensado del D-2503.....	65
Figura 23. Propuesta para la recuperación del condensado del D-2604.....	66

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Costo de tratamiento de agua en PTAR Condensado D-2503.....	67
Tabla 2. Costo de consumo de vapor de las despojadoras T-2502 y T-2522 generadoras del condensado del D-2503.....	68
Tabla 3A. Costo por subutilización de condensado del D-2604 como agua de calderas.....	69
Tabla 3B. Tarifas de servicios industriales balance.....	69
Tabla 4A. Caracterización condensado D-2604. DH-2952/53, agua de salida de desaireadores (alimentación a calderas 2951-55 y a los generadores de vapor de baja presión (50 y 150 psig) en los plantas de proceso de la unidad de Balance respectivamente.....	70
Tabla 4B. Caracterización condensado laboratorio de aguas ICP D-2604.....	71
Tabla 4C. Caracterización condensado laboratorio de aguas ICP D-2503.....	71
Tabla 5. Cromatografía solvente utilizado en el proceso de extracción DEMEX...	72
Tabla 6. Planteamiento de alternativas de recuperación condensado D-2604.....	73
Tabla 7. Guía de la selección de la clase del material.....	75
Tabla 8. Materiales para partes de bomba centrífuga.....	76
Tabla 9. Análoga a tabla 8 para bombas reciprocantes.....	78
Tabla 10. Variación concentración de las especies de CO ₂ presentes en el agua con Ph.....	79
Tabla 11. Diseño inicial ROHM AND HAAS CO para tratamiento condensado D-2604.....	80

Tabla 12. Producción de biomasa y crecimiento de inóculos de baja y alta densidad de <i>Chlorella</i> sp. para diferentes concentraciones de CO ₂ . Tratamiento biológico.....	83
Tabla 13. Recuento de lípido y biomasa producida por la <i>Chlorella</i> sp. para uno y seis fotobioreactores a diferentes concentraciones de CO ₂	83
Tabla 14. Principales características sistema de desaireador D-4652 hidrotratamiento.....	84
Tabla 15. Descripción corrientes contenidas en figura 19.....	85
Tabla 16. Descripción corrientes contenidas en figura 20.....	86
Tabla 17. Descripción corrientes contenidas en figura 21.....	87
Tabla 18. Datos de diseño y operación presentados por CANNON BONO ARTES para tratamiento de desgasificación condensado D-2604.....	88
Tabla 19. Características físicas desaireador propuesto por CANNON BONO ARTES para tratamiento del condensado del D-2604.....	88
Tabla 20. Propuesta desaireador CANNON BONO ARTES para tratamiento condensado D-2604.....	89

ANEXOS

Anexo 1. Resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio de aguas del ICP para caracterización condensado D-2503 y D-2604

Anexo 2. Informe del laboratorio de fenómenos interfaciales y reología ICP sobre caracterización del condensado D-2503 y pruebas con rompedores de emulsión como alternativa de recuperación

Anexo 3. Data sheet del equipo desaireador termo físico propuesto por los proveedores CANNON BONO ARTES para la recuperación del condensado del D-2604

Anexo 4. Propuesta técnica y comercial del desaireador termo físico propuesto por los proveedores CANNON BONO ARTES para la recuperación del condensado del D-2604

Anexo 5. Información técnica de la bomba requerida para la propuesta de tratamiento del condensado del D-2604 esquematizada en la figura 20 y 21 presentada por los proveedores FLOWSERVE Pump division

Anexo 6. Cotización la bomba requerida para la propuesta de tratamiento del condensado del D-2604 esquematizada en la figura 20 y 21 presentada por los proveedores FLOWSERVE Pump division

Anexo 7. Formatos fase I Modelo de maduración de proyectos ECOPETROL S.A

TITULO: DEFINICIÓN DE LA ALTERNATIVA MÁS VIABLE PARA LA RECUPERACIÓN DEL CONDENSADO DEL D-2503 DE LA PLANTA DEMEX Y DEL D-2604 DE LA PLANTA HIDRÓGENO DEL DEPARTAMENTO DE REFINACIÓN DE FONDOS DE LA GRB ECOPETROL S.A.*

AUTOR: MARIA FERNANDA CAMACHO FUENTES **

PALABRAS CLAVES: ALTERNATIVAS TRATAMIENTO RECUPERACION CONDENSADOS CONTAMINADOS INDUSTRIA PETROLEO

CONTENIDO:

Este trabajo es un compendio de un detallado análisis realizado con el propósito de solucionar una problemática específica cuyo impacto negativo de índole ambiental y económica repercuten de manera significativa en la productividad de las plantas DEMEX e HIDRÓGENO del departamento de refinación de fondos de la GRB ECOPETROL S.A.

En el ejercicio de la práctica industrial se identifica que la problemática consiste en la subutilización de condensados contaminados que actualmente se vierten al río Magdalena, por lo que se establece un cronograma de trabajo que incluye como primera etapa el reconocimiento de los procesos, objetivos y parámetros de calidad de materias primas y productos de las plantas involucradas, para posteriormente realizar las actividades de recopilación de información y verificación de la situación actual en campo, caracterización de los condensados mediante muestreo y pruebas en el laboratorio para detectar los contaminantes, identificación de las alternativas de eliminación de estos contaminantes, evaluación humana, técnica, ambiental y económica de las alternativas planteadas, para finalmente definir un esquema de la propuesta seleccionada para el tratamiento y recuperación de los condensados. El alcance de este proyecto finaliza en etapas posteriores con la compra y puesta en servicio de los equipos detallados en la propuesta presentada como resultado del trabajo realizado.

* Proyecto de Grado

** Facultad de ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química.

Director: Msc.Crisostomo Barajas Ferreira

Codirector Ing. Álvaro Andrés Herrera

TITLE: DEFINITION OF THE MOST FEASIBLE ALTERNATIVE TO RECUPERATE THE D-2503 CONDENSATE OF THE DEMEX PLANT AND D-2604 OF THE HIDROGENO PLANT OF THE DEPARTAMENTO DE REFINACIÓN DE FONDOS DE LA GRB ECOPETROL S.A.*

AUTHOR: MARIA FERNANDA CAMACHO FUENTES **

KEY WORDS: ALTERNATIVES, TREATMENT, RECUPERATION, CONTAMINATED CONDENSATES, PETROLEUM INDUSTRY

CONTENT:

This document is a summary of a detailed analysis done in order to solve a specific problematic whose negative impact of environmental and economic nature repels in a significant way in the productivity of the DEMEX and HIDRÓGENO plants of the departamento de refinación de fondos de la GRB ECOPETROL S.A.

In the exercise of the industrial practice it is identified that the problematic it is about the sub use of contaminated condensates that nowadays are being spilled to the river Magdalena, reason why a work chronogram was set down including as a first stage the recognition of the processes, objectives and quality parameters of raw materials and products of the involved plants. The following activities were the compilation of information and verification of the present situation in field, characterization of the condensates by means of sampling and tests in laboratory to detect the polluting agents, identification of alternatives to eliminate these polluting agents, human, technical, environmental and economic evaluation of the raised alternatives, everything to figure out a scheme of the selected proposal for the treatment and recovery of the condensates. The reach of this project gets end later with the purchase of the detailed equipment displayed in the proposal as a result of the work carried out.

* Degree project

**Fisicoquímicas engineerings faculty. Chemical engineering school

Director: Msc.Crisóstomo Barajas Ferreira

Co-director: Ing. Álvaro Andrés Herrera

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de la práctica industrial es que el estudiante aplique los conocimientos adquiridos durante su formación académica en situaciones específicas que requieren de su competencia profesional. La Universidad Industrial de Santander en convenio con la empresa Colombiana de petróleos ECOPETROL S.A, promueve el cumplimiento de este objetivo, permitiendo la realización de proyectos que contribuyan al desarrollo de la empresa a la vez que facilitan el acceso del estudiante a la actividad laboral.

Este trabajo atiende particularmente problemas de índole ambiental y económico generados por la actividad productiva cuya solución ha sido limitada por factores como: insuficiencia de recursos humanos, materiales y financieros, flexibilidad en las normativas tecnológicas y ambientales e insuficiente apropiación en todos los niveles de la organización sobre los beneficios económicos y ambientales de la introducción de prácticas de producción más limpia.

Es así como la GRB de ECOPETROL S.A impulsa la reducción gradual de las cargas contaminantes que se vierten en las cuencas hidrográficas, mediante el planteamiento de proyectos de recuperación de condensados. Este documento presenta a nivel conceptual el análisis de las alternativas propuestas para recuperar dos condensados del Departamento de Refinación de Fondos: el primero del D-2503 de la planta DEMEX (U-2500) y el segundo del D-2604 de la planta de generación de Hidrógeno (U-2600) de la unidad de balance.

El tema de recuperación de condensados tiene su justificación en dos aspectos básicamente: el beneficio económico, que para la GRB presenta incentivos estimados en US\$1,82 por kgalón de condensado ahorrado -según las tablas de variables energéticas de impacto- y en la reducción de la afectación ambiental por vertimiento de condensado contaminado al río Magdalena.

Los condensados considerados en este trabajo, que se seleccionaron por ser los de mayor impacto en el departamento de Refinación de Fondos, se encuentran en

un rango de flujo de 34 a 40 gpm en el caso del D-2503 y de 55 a 65 gpm en el caso del D-2604. Esto representaría un ahorro económico por año de aproximadamente US\$33000 y US\$52000 respectivamente.

En términos de costos de tratamiento de aguas en la unidad de servicios Industriales de Balance, se tiene que la producción de agua de calderas está estimada en \$4758 por kgalón (ver tabla 3A Y 3B). Es decir que el ahorro anual por reutilización de los condensados sería de \$80'025.753,6 para el condensado del D-2503 y \$137'544.264 para el D-2604.

En lo que respecta al impacto ambiental, el condensado del D-2503 -que aporta a la sobrecarga de 1300 gpm de agua captada en la planta de tratamiento de aguas PTAR (U-4000)-, presenta emulsión (ver figura 1) haciendo insuficiente el tratamiento de clarificación realizado, generando costos adicionales (ver tabla 1) y vertimiento de hidrocarburo al río Magdalena. Así mismo, la recuperación del condensado del D-2604 se fundamenta en el efecto nocivo que genera su descarga a medios acuíferos (sistema de aguas lluvias y río Magdalena) por el carácter altamente ácido (altas concentraciones de CO₂ disuelto en agua en forma de ácido carbónico), y el deterioro del sistema de aguas lluvia por corrosión.

1. DESCRIPCIÓN

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 GENERAL

- Definir la alternativa más viable en los aspectos humano, técnico, y económico para recuperar el condensado del D-2503 de la planta DEMEX y el condensado del D-2604 de la planta de Hidrógeno del Departamento de Refinación de Fondos, con miras a minimizar costos asociados a la disposición actual de los condensados en la planta de tratamiento aguas residuales PTAR, disminuir el impacto ambiental por vertimiento de condensados contaminados en el río Magdalena y reducir el riesgo de los trabajadores por exposición a los condensados.

1.1.2 ESPECÍFICOS

- ✓ Reconocer la importancia de la operación de las plantas del departamento de Refinación de Fondos para la gerencia de la Refinería de Barrancabermeja ECOPETROL S.A.
- ✓ Identificar los objetivos de los procesos de las plantas DEMEX e HIDRÓGENO y su interrelación con las otras unidades de la Refinería.
- ✓ Conocer los parámetros de calidad de materia prima y productos de las plantas DEMEX e hidrógeno así como los objetivos operacionales y el principio de las operaciones unitarias asociadas a los condensados a recuperar.
- ✓ Recolectar la información en campo concerniente al estado actual de los condensados a recuperar así como los antecedentes de disposición final.
- ✓ Elaborar una caracterización de los condensados mediante un sistema de muestreo y elaboración de pruebas en el laboratorio.
- ✓ Plantear y evaluar las principales alternativas de minimización y tratamiento del condensado del D-2503 de la planta de DEMEX (U-2500) y del

condensado del D-2604 de la planta de Hidrógeno (U-2600) de la unidad de Balance.

- ✓ Realizar un análisis preliminar de viabilidad económica, técnica y ambiental de las alternativas propuestas.
- ✓ Desarrollar el modelo de maduración de proyectos exigido por la empresa para la asignación del capital destinado a compras de equipos, montaje, puesta en funcionamiento y operación de la alternativa seleccionada.

1.2 ALINEACIÓN CON LA ESTRATEGIA DE ECOPETROL S.A.

Este proyecto apunta a los objetivos estratégicos de optimizar costos operacionales por reutilización de agua tratada y cumplir con el plan de producción maximizando la eficiencia.

1.3 PROGRAMACIÓN

CRONOGRAMA DE HITOS	2008					
	J	A	S	O	N	D
Reconocimiento de procesos, objetivos y parámetros de calidad de materias primas y productos de las plantas del departamento de refinación de fondos						
Recopilación de información en campo sobre situación actual						
Caracterización de condensados mediante muestreo y pruebas en el laboratorio						
Planteamiento del problema						
Identificación de alternativas (Fase I)						
Evaluación de alternativas- Ingeniería conceptual (Fase II)						
Definición de la alternativa más viable.						
Desarrollo del modelo de maduración de proyectos						

1.4 ALCANCE

Este documento refiere los trabajos a realizar en el departamento de Refinación de Fondos de la Gerencia Refinería Barrancabermeja (GRB) con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos.

- Planteamiento del problema.
- Presentación de alternativas.
- Evaluación de las alternativas presentadas
- Definición de la alternativa más viable.

2. CONTENIDO

2.1 Reconocimiento de los procesos realizados en el departamento de Refinación de fondos

El departamento de Refinación de fondos está conformado por los bloques I y II de la unidad de balance. El bloque I a su vez está integrado por los procesos DEMEX y VISCORREDUCTORA y el bloque II por HIDRÓGENO y UNIBÓN. En DEMEX se alimentan los fondos de vacío de las Topping y se realiza el proceso de extracción líquido-líquido con propano-butano como solvente. Los productos de esta operación son aceite demetalizado (DMO) por la parte superior y por el fondo un producto pesado llamado fondos Demex. El DMO que se obtiene en esta fase (60%) es un producto valioso con bajos contenidos de metales (Níquel y Vanadio), y de carbón conradson y que se hidrogena en la planta Unibón para posteriormente ser cargado en las unidades de Ruptura Catalítica. La fracción pesada de esta extracción (40%), es un hidrocarburo con altos contenidos de metales y asfaltenos el cual es cargado en la unidad de VISCORREDUCTORA II para reducir su viscosidad y producir combustóleo para uso interno en calderas (muy baja cantidad) y el restante se exporta.

La importancia de la operación de las plantas del departamento de Refinación de Fondos para la gerencia de la Refinería de Barrancabermeja radica en que al disminuir la carga de fondos de vacío a DEMEX y por ende a UNIBON y VISCORREDUCTORA, se debe reducir la cantidad de crudo tratado en Topping generando así significativas pérdidas económicas.

Con respecto a los parámetros de calidad de materia prima y productos, se debe controlar el rendimiento de DMO (alrededor de 60%), su calidad (contenido de metales, carbón, asfaltenos, azufre), la calidad de los fondos Demex, la composición del solvente (mínimo 70% NC4) y el flujo de restitución de solvente.

2.2 Revisión de antecedentes, recopilación de información y verificación de situación actual en campo

Condensado D-2503: Se genera por la condensación del vapor (50 psig) de despojo utilizado en las T-2502 y T-2522 para remover solvente del DMO y asfalto respectivamente de la planta DEMEX. Después de un lavado con DMO (T-2504) a la corriente vapor de agua-solvente para retirar posibles trazas de DMO, se condensa el agua generándose una emulsión inversa (livianos de DMO y/o pesados de solvente en agua) en los E-2506 y se separa el solvente de esta emulsión en el D-2503. Antes del año 1998, se realizaba una posterior desgasificación en la T-2506 mediante calentamiento externo y con serpentín. Esta torre se sacó de operación debido a que los gases de solvente enviados al horno generaban inconvenientes por arrastre de vapor de agua e hidrocarburo que se condensaba durante el trayecto. Actualmente, el condensado se envía al sistema de aguas aceitosas y posteriormente a la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR. El inconveniente principal se genera en épocas de sequía en las que la carga a PTAR disminuye desde 5000 a 3000 gpm aproximadamente, haciendo más evidente que el tratamiento de clarificación realizado no logra el rompimiento de la emulsión y el hidrocarburo contenido en el agua se vierte directamente al Rio Magdalena (ver figura 3). En diciembre de 2007 se realizaron pruebas en el ICP debido a la necesidad de aumentar la cantidad de coagulante por ineficiencias en el proceso de clarificación. Los resultados comprobaron una emulsión inversa (aceite en agua). Se procedió con una prueba para separar la fase aceite y realizar destilación simulada. El rango de temperaturas fue mucho más bajo que el de un DMO, se incluye una grafica (ver figura 2) que compara un DMO típico con el aceite separado. Se realizaron pruebas con químicos para romper la emulsión sin tener resultados satisfactorios, adicionalmente se envió muestra para análisis de G&A encontrando un valor de 2,56% (25600 ppm). Por considerarse posible promotor de la formación de emulsión, se retiró el inhibidor

de corrosión utilizado en la operación normal de la planta que consiste en una amina fórmica (7986-flujo de 1.2 ml/min) y los resultados obtenidos llevaron a la conclusión de que la amina no es la responsable de la formación de la emulsión¹. En octubre de 2008 se realiza nuevamente prueba de jarras con el personal de Clariant de la PTAR con adición de coagulante, floculante y sulfato de aluminio (simulación proceso de clarificación) y se determina que no genera ningún efecto benéfico en el rompimiento de la emulsión. Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, y debido a que el tratamiento en PTAR es ineficiente, se considera la propuesta recuperar el condensado para así minimizar la contaminación por vertimiento de hidrocarburo al Rio Magdalena además de gastos innecesarios por tratamiento en PTAR (ver tabla 1 y 2).

Condensado D-2604: Proviene del exceso de vapor de 400 psig utilizado en el proceso de reformado con vapor para la generación de hidrógeno. En años anteriores al 2000 se enviaba a la T-2604 de la planta de producción de Nitrógeno del bloque III (U-2890) de balance y posteriormente al desaireador DH-2951 para suministro a calderas de servicios industriales balance. A partir de ese año y después de sacar de servicio la planta de Nitrógeno se detuvo también el funcionamiento de la T-2604 por falta de suministro de oxígeno para realizar el despojo sumando la baja eficiencia por el diseño de la torre y materiales inadecuados para los niveles de corrosión del fluido de trabajo (esta torre no está incluida en el diseño de la planta, fue adecuada para este propósito). Debido a que el desaireador DH-2951 no recibe agua con niveles superiores a 30 ppm de CO₂, y teniendo en cuenta que el condensado contiene alrededor de 800 ppm de CO₂ (producto de reacción de reformado con vapor para producción de hidrógeno) a la salida del D-2604, no se pudo continuar el envío del condensado al desaireador, de manera que se adecuó una manguera para enviar el condensado al sistema de aguas lluvias debido a que el sistema de aguas aceitosas presenta taponamiento (ver figura 4).

¹Informe realizado por Jina Bolaños-Ingeniera Proceso PTAR

La configuración de este sistema se describe mediante el envío del condensado del D-2604 por tubería de acero inoxidable de 2" (alta corrosión por CO₂) a la T-2604 del bloque III. No era necesario el uso de una bomba debido a que la presión de salida del D-2604 de 220 psig era suficiente para transportar el condensado hasta la torre despojadora. Después del tratamiento con oxígeno en el que se disminuía la presión (no existe información de un valor preciso pero debe ser igual o menor a la presión atmosférica por el requerimiento de la torre de operar a bajas presiones) la P-2608 (dada de baja, no se conoce información técnica) succionaba el condensado desaireado y lo enviaba por una línea de 2" de acero al carbón al DH-2951. Aunque es posible recuperar este segundo tramo aun existente, es necesario realizar una inspección debido a que se supone se encuentra en malas condiciones porque después de que se sacó de funcionamiento la T-2604 se continuó el envío de condensado durante un periodo de tiempo que pudo ser suficiente para deteriorar significativamente la tubería.

2.3 Caracterización de los condensados mediante muestreo y elaboración de pruebas en el laboratorio

Antes de plantear una alternativa de recuperación de los efluentes, se deben conocer las características físico-químicas del condensado porque de eso dependerá su disposición final. En este caso y teniendo en cuenta la posibilidad de reutilizar el condensado del D-2604 como agua de calderas, las pruebas realizadas se escogieron con miras a seleccionar los mayores contaminantes en comparación con el agua de calderas de la unidad de balance. Se tomaron 5 muestras, 1 por cada semana y se realizaron las pruebas expuestas en la tabla 4A. En la tabla 4B y 4C se encuentran consignados los resultados de los análisis realizados en el laboratorio de aguas del ICP al condensado del D-2604 y D-2503 respectivamente.

2.4 Planteamiento de las alternativas²

2.4.1 Condensado D-2503

Para recuperar este condensado se requiere eliminar su principal contaminante que es el hidrocarburo en forma de emulsión, pero debido a la dificultad de rompimiento de emulsiones, se plantea como primera opción, la minimización del flujo de condensado. Para este propósito, se analiza la fuente de generación y se determina que la variable determinante es el flujo de vapor de 50 psig inyectado a las T-2502 y T-2522. Pero debido al riesgo por explosión e incendio que genera el envío de solvente en la corriente de fondo, no es posible disminuir el flujo de vapor que se encuentra actualmente en la relación mínima de 7,5 lb de vapor/barril de carga. Aún más teniendo en cuenta que la temperatura del fondo no se puede elevar por el flujo limitado de gasóleo en el serpentín.

Se examina la posibilidad de que los químicos adicionados al proceso propicien la generación de emulsión y se determina que no es posible porque a pesar de que el antiespumante agregado a la T-2522/02 (compuesto de silicona) favorece la formación emulsión por su naturaleza química, solo es agregado cuando se elimina la inyección de gasóleo y es aproximadamente 1 o 2 veces al año.

Otro aspecto que se define es la necesidad de poner en funcionamiento la T-2506, que presenta calentamiento externo e interno (serpentín con vapor) para incrementar la temperatura del condensado del D-2503 y vaporizar el agua que atrapa al solvente permitiendo su desgasificación. Esto debido al riesgo que genera la emisión de solvente al medio ambiente y los efectos de la toxicidad e inflamabilidad en trabajadores. Para cumplir con este propósito se requiere realizar una evaluación de las condiciones de la torre (eficiencia torre, diámetro serpentín, requerimiento calentamiento externo, internos) y adecuación mediante la implementación de eliminador de neblina para impedir el arrastre de vapor de agua al H-2501 por problemas de sofoco de llama, inundación y aumento de corrosión por contacto con H₂S de los fondos de vacío (Análisis realizado por Nalco). Los tipos de eliminadores de neblina de la empresa AMISTCO y sus principales características son:

Malla de alambre (ver figura 5), vanes y MistFix® de inserción. La presión, la velocidad del flujo, el contenido de vapor y la viscosidad del vapor determinan la selección. Este eliminador de neblina funciona creando obstrucciones y áreas superficiales de contacto sobre las que se empiezan a formar pequeñas gotas que coalescen formando gotas cada vez más grandes y pesadas, las cuales caen por acción de la gravedad. El tipo MistFix® de inserción (ver figura 6), puede removerse y reemplazarse a través de la boquilla de descarga de la mayoría de cualquiera de los tambores de recuperación de vapor. Sirve como un elemento fijo y rápido cuando no es factible cortar, soldar y re-entubar el recipiente. Elimina la necesidad de re-certificar con ASME, o tener que cumplir con requerimientos de manejo de residuos peligrosos, porque todo el trabajo puede hacerse por el exterior del recipiente. Los materiales de construcción de la malla, la longitud y el ancho, se determinan con base en las condiciones del proceso así como por las dimensiones de la boquilla y el diámetro del recipiente.

Siguiendo con el propósito de recuperar el condensado del D-2503, se plantean dos alternativas en las que se realiza el tratamiento para retirar el principal contaminante que es hidrocarburo (Livianos DMO y/o solvente) y minimizar contaminación por derrame de hidrocarburo al Rio Magdalena ó en el mejor de los casos hacer una mejor disposición de acuerdo a las condiciones del efluente tratado.

Para determinar el tipo de hidrocarburo presente en la emulsión se realiza el cálculo de la presión de saturación a la temperatura del condensado y se compara con la presión de operación de la T-2506. Las posibles fuentes de hidrocarburo son el solvente de extracción (propano-butano) y livianos de DMO según el reporte del ICP (ver figura 2 destilación simulada). Se descarta el solvente como hidrocarburo emulsionado después de obtener la cromatografía y determinar que la presión de operación es muy baja (3 psig) para que siquiera el más pesado de los componentes del solvente se encuentre en estado líquido a la temperatura de operación (ver tabla 5).

La tercera alternativa no requiere tratamiento y consiste en utilizar el condensado para disolución de sales en la planta Unibón. Esta tercera alternativa se debe evaluar detalladamente porque podría considerarse perjudicial para el sistema. El detalle de las alternativas se presenta a continuación:

2.4.1.1 Instalación de filtro coalescedor en la T-2506. Estos filtros permiten la eliminación y recuperación de pequeñas gotas (emulsión inversa de aceite en agua) que no pueden ser separadas por gravedad, a partir de las fases acuosas existentes en los circuitos de extracción por solvente. Algunos proveedores y sus respectivos productos son:

- KOCH INDUSTRIES INC
- AMISTCO: se fabrican en materiales hidrofóbicos y/o hidrofílicos. Son de tipo malla Tejida con Multi-Filamento usadas para separación fina para ciertas emulsiones. Se fabrican introduciendo hilos de más alta eficiencia tales como Fibra de Vidrio, PTFE (Teflón) o Dacron en substratos metálicos tales como el Acero Inoxidable o el Monel. Puede separar 500 ppm de hidrocarburos en agua hasta el orden de 5 ppm.
- ALPCO DE MEXICO
Coalescedor: Microfibra de vidrio en capas de diferentes densidades.
Separador: Malla recubierta de Teflón®, papel impregnado con silicón o sintético.
- SX KINETICS: presenta tres compartimientos; uno para la entrada de la alimentación que actúa como un sedimentador posterior (para la eliminación del arrastre), otro para la coalescencia (eliminación de las gotas dispersadas) y un último de distribución para la separación final y la recuperación de orgánica y de las fases acuosas. El descargue acuoso sobre el que flota el aceite separado contiene al final del tratamiento < 2 ppm de orgánica.

En la figura 7 se presenta un esquema (vista exterior e interior) del funcionamiento de estos filtros coalescedores.

Se solicitó por correo electrónico cotización a los proveedores enumerados anteriormente. El resultado fue el contacto con un representante de ALPCO DE MEXICO Julián Flórez, quien expresa el requerimiento de que se diligencie un cuestionario técnico para presentar la propuesta técnica y su correspondiente cotización. Para este propósito se debe realizar en estudios posteriores un seguimiento de las siguientes variables: gravedad específica, viscosidad, concentración de hidrocarburo emulsionado y demás datos solicitados durante un periodo de tiempo en el que se varíe la penetración de la carga entre su rango máximo y mínimo. El cuestionario se anexa a este documento.

2.4.1.2 Utilización de productos químicos rompedores de emulsión.

Se realizaron pruebas en el laboratorio de Fenómenos Interfaciales & Reología del ICP para establecer el tipo y dosificación de rompedor inverso que se debe utilizar. La caracterización de contenido de aceite (fase oleica) en el agua, mostró que la emulsión estaba compuesta por 2,4 % (24000 ppm) distribuido en el agua. Los resultados de la prueba “Distribución y tamaño de partícula”, mostraron que efectivamente, se trata de una emulsión altamente estable, resultando bastante compleja para procesos de deshidratación o rompimiento de dicha emulsión. Se evaluaron aditivos rompedores de emulsión inversa (o/w) disponibles en el laboratorio Fenómenos Interfaciales & Reología –FIR; entre éstos, Nalco, Lipesa y Clariant, a concentraciones de 25,50 y 150 ppm; pruebas que fueron efectuadas a temperatura ambiente y a 32°C. El monitoreo realizado con corte a 0,5, 1, 2 y hasta 16 horas, evidenció que la emulsión no presentó modificación en su apariencia y no se logró la separación de la fase oleica (ver figura 8).

Dados los resultados, se incrementaron los niveles de dosificación aplicando concentraciones entre 500 a 2500 ppm de los mencionados aditivos. Después de 16 horas, no hay efecto en la remoción.

Otras opciones utilizadas fueron: Cloruro de Sodio, (NaCl), Sulfato de Bario (Ba_2SO_4) y Sulfato de Aluminio (alumbre de aluminio) $Al_2(SO_4)_3$. De estas sales, el Cloruro de sodio, resultó el más efectivo mostrando remoción de la fase oleica;

proceso que inicia a las 4 horas y a las 16 horas llega al 100% (ver figura 9), con adiciones del 10% (100.000 ppm).

A pesar de que la adición de sales permite la separación de emulsiones porque varía la densidad de las sustancias involucradas, hace imposible la reutilización del agua separada debido a que incrementa los valores de cloruros y dureza y a su vez puede ser perjudicial para la disposición del hidrocarburo recuperado. Es por esto que no se considera una alternativa viable porque el agua e hidrocarburo separados continuarían vertiéndose al sistema de aguas aceitosas como se hace actualmente además de que el consumo de cloruro de sodio y el tiempo de residencia para la separación serían muy altos y los resultados insuficientes.

Se anexa a este documento el reporte presentado por el laboratorio de fenómenos interfaciales & reología.

2.4.1.3 Re direccionamiento del condensado emulsionado a la succión de la P-2657 de la planta UNIBÓN para disolver sales contenidas en el hidrógeno y evitar incrustación en los E-2656.

Este procedimiento consiste en enviar el condensado al D-2663 como succión a la P-2657 y posterior inclusión después del E-2655, previa puesta en servicio de la T-2506 para evitar que el solvente se incorpore a los gases de reacción del R-2652 (ver figura 24). Este método permite la disolución de sales y la reducción de la temperatura para la condensación de hidrocarburo arrastrado por los gases de reacción del R-2652. Según los resultados de la caracterización realizada en el laboratorio de aguas del ICP (tabla 4C), los valores de cloruros no afectan el funcionamiento de los equipos involucrados porque inclusive reportan cuantías menores que las correspondientes a agua de calderas.

Los requerimientos de esta alternativa son:

- Puesta en funcionamiento T-2506 para evitar la inclusión de gases de solvente al sistema de hidrógeno.
- Bomba para enviar el condensado desde T-2506 a la succión de la P-2657.
- Tubería correspondiente al tramo entre T-2506 y P-2657.

Con respecto a la P-2657A se realiza la siguiente evaluación:

a. Afectación de la metalurgia por cambio en la composición del fluido:

El primer paso consiste en tomar los datos del data sheet del equipo referentes a los materiales de las partes involucradas. Los resultados son los siguientes:

Cilindro: acero al carbón

Plunger (pistón): 11-13 Cr-Cr

Válvulas: 12% Cr

En la tabla G-1 (ver tabla 8) de las normas API (American Petroleum Institute) se encuentra la guía de la selección de la clase del material y los resultados son los siguientes:

Servicio: Agua contaminada e hidrocarburos que contienen estas aguas.

Rango de temperatura: Menor 175°C-250°F

Rango de presión: Todo

Clase de material: S3 o S6

Luego, en la tabla H-1 (ver tabla 7) se encuentran consignadas las partes de la bomba y el correspondiente material. Como generalmente no se utilizan fluidos tan poco viscosos como el agua en bombas reciprocantes, las normas API no contemplan los materiales requeridos para este servicio. Es así como se realiza el análisis para bombas centrifugas y se hace la equivalencia de la parte para bombas reciprocantes (ver tabla 9) así:

Carcasa (Cilindro): Acero al carbón

Partes internas de la carcasa (Válvulas): Ni Resist o 12% CHR

Impeller (Plunger o pistón): Ni Resist o 12% CHR (Acero 12 % de Cromo).

Se compara con los datos del equipo y se concluye que es posible realizar el cambio de fluido sin una afectación significativa de la metalurgia de la bomba.

Pero, teniendo en cuenta que resulta mucho más conveniente para el sistema de aguas agrias (destino final del condensado) minimizar el hidrocarburo contenido en la emulsión se establece como tratamiento recomendado el procedimiento que se describe a continuación y que consiste en una mezcla de las alternativas presentadas:

1. Inspección, adecuación y puesta en funcionamiento de la T-2506.
2. Instalación de un mecanismo eliminador de neblina y alineación de solvente al H-2501 A.
3. Instalación de un filtro coalescedor separador de hidrocarburo y envío a slop.
4. Compra o adecuación bomba para direccionar el agua separada al D-2663, succión P-2657, E-2656, D-2653 y aguas agrias (D-2590)

Esta propuesta se presenta esquematizada en la figura 22.

2.4.2 Condensado D-2604

Sobre este condensado se predice que el mayor contaminante es precisamente el dióxido de carbono producto de la reacción de reformado con vapor para la producción de hidrógeno y suponiendo que las demás variables de calidad presentan valores bastante aceptables por provenir de vapor de alta presión (400 psig; B-2601 de la planta de hidrógeno). Según los resultados de los análisis realizados al condensado (ver tabla 4A), se determina que como era de esperarse las variables fuera de rango son el contenido de CO₂, el pH y la dureza (agua de calderas como punto de referencia). A su vez se conoce que el pH y la dureza son consecuencia del contenido de CO₂. Es por esto que se requiere tratamiento para la minimización del contenido de CO₂ para su posterior reutilización como agua de calderas. Se realizaron pruebas en el laboratorio de aguas del ICP para corroborar los resultados (ver tabla 4B).

Uno de los problemas que aparecen al estudiar la composición isotópica del dióxido de carbono en agua, es el hecho de que el carbono inorgánico disuelto siempre consta de más de un componente como sigue a continuación:

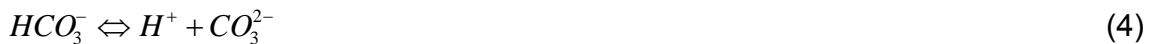
- CO₂ disuelto acuoso (expresado como CO₂ac)
- Ácido carbónico disuelto, H₂CO₃, con a = [H₂CO₃] + [CO₂aq]
- Bicarbonato disuelto, HCO₃⁻, con b = [HCO₃⁻]
- Carbonato disuelto, CO₃²⁻, con c = [CO₃²⁻]
- Carbono orgánico disuelto total, DIC, con C_T = a+ b + c
- Carbonato sólido, CaCO₃

Las reacciones que se presentan son:



Donde g y ac se refieren a la fase gaseosa y a la acuosa, respectivamente.

El H₂CO₃ se disocia en el agua según:



Según los datos obtenidos de las pruebas de laboratorio, el contenido total de CO₂ es de 800 ppm. Mediante las curvas de solubilidad del CO₂ en agua se comprueba que esta concentración sea soluble a la temperatura y presión del agua.³

A la temperatura T=50°C=323,15 K y P=220 psig=15,13 bares (condiciones de salida del condensado del D-2604) y según la figura 10, la solubilidad del CO₂ en agua es de aproximadamente 0,3 mol CO₂/Kg H₂O. Es decir alrededor de 5400 ppm. Con esto se concluye que la concentración de CO₂ medida en el laboratorio es un valor coherente porque es inferior al valor de solubilidad a la presión y temperatura de operación.

Las condiciones de equilibrio se cuantifican mediante las *constantes de disociación o acidez*⁴:

$$K_1 = \frac{[H^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} \quad (5)$$

$$K_2 = \frac{[H^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} \quad (6)$$

La concentración de $[H^+]$ se expresa generalmente mediante un valor de pH, definido como el logaritmo negativo:

$$pH = -_{10}\log[H^+] \quad (7)$$

La concentración total del carbono inorgánico disuelto (= carbono total) se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$C_T = [CO_2ac] + [H_2CO_3] + [HCO_3^-] + [CO_3^{2-}] = a + b + c \quad (8)$$

Las ecuaciones clásicas de Harned y sus coautores para el cálculo de constantes de equilibrio (a Solubilidad (S) = 0‰) son:

$$pK_1 = 3404,71 * T^{-1} + 0,032786 * T - 14,8435 \quad (9)$$

$$pK_2 = 2902,39 * T^{-1} + 0,02379 * T - 6,4980 \quad (10)$$

Donde la *temperatura absoluta* $T = t (^{\circ}C) + 273,15$ K.

A $T = 50^{\circ}C = 323,15$ K $pK_1 = 6,2876$ y $pK_2 = 10,1712$

Por razones prácticas, los valores de las constantes de disociación se expresan generalmente como:

$$pK = -_{10}\log K \quad (11)$$

$$K = 10^{-pK} \quad (12)$$

Entonces según la ecuación 12: $K_1 = 5,1606 * 10^{-7}$ y $K_2 = 6,7407 * 10^{-11}$

La distribución de las especies de ácido carbónico en el agua pura se puede expresar como una fracción del total del carbono inorgánico disuelto.

A continuación se obtienen las concentraciones fraccionales en función del contenido total de carbono (tabla 10 y figura 11):

$$[H_2CO_3] = [CO_2ac] \frac{[H^+]^2}{[H^+]^2 + [H^+]K_1 + K_1K_2} * C_T \quad (13)$$

$$[HCO_3^-] = \frac{[H^+]K_1}{[H^+]^2 + [H^+]K_1 + K_1K_2} * C_T \quad (14)$$

$$[CO_3^{2-}] = \frac{K_1K_2}{[H^+]^2 + [H^+]K_1 + K_1K_2} * C_T \quad (15)$$

El cálculo de $[H^+]$ se realiza mediante el dato del pH medido en el laboratorio (aprox. 4.0). Y con los valores de K_1 y K_2 calculados en pasos anteriores y $C_T =$

800 ppm (promedio resultados laboratorio) se calcula la concentración de cada uno de los componentes. Los resultados son:

$$[\text{H}_2\text{CO}_3]= 795,89 \text{ ppm}$$

$$[\text{HCO}_3^-]=4,10 \text{ ppm}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}]= 2,77 \cdot 10^{-6} \text{ ppm}$$

Después de determinar las especies contenidas en el condensado se procede a plantear las alternativas para su eliminación. Como propuesta inicial, se plantea el uso de secuestrantes de CO_2 . Este es el caso del producto Nalco 4057 (amina neutralizante a base de ciclohexilamina, monoetanolamina, y metoxipropilamina) aplicado a la salida del desaireador DH 2953 de servicios industriales balance. Pero debido a que se utilizan únicamente como medida de prevención de corrosión por formación de ácido carbónico a partir de la disolución de dióxido de carbono en agua, no es posible emplearlos en este caso en el que ya ha ocurrido la disolución (pH altamente ácido entre 3 y 4).

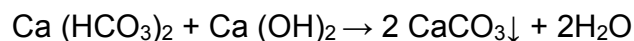
Se presentan a continuación otros 5 mecanismos de remoción de dióxido de carbono a evaluar. En la tabla 6 se realiza un compendio de las alternativas con exposición de ventajas y desventajas de la implementación de cada una de ellas.

2.4.2.1 Tratamiento químico de des carbonatación con cal apagada con carbonato de calcio precipitado como producto de reacción.

La remoción de CO_2 mediante la adición de hidróxido de calcio (cal apagada) se utiliza para producir un PH alcalino y así proteger el metal de la corrosión. Este procedimiento puede resumirse en las siguientes reacciones⁴:



La cal apagada reacciona con el dióxido de carbono. Esta es la primera reacción y se presenta antes de que el pH se eleve tanto permitiendo la siguiente reacción:



Cerca de un PH de 9,2 se consigue la concentración teórica mínima de calcio (ver figura 12). En la práctica, para eliminar los bicarbonatos suele ser necesario un exceso relativo de cal. Casi siempre el agua resultante es incrustante.

Cuando el precipitado es un polvo muy fino de carbonato cálcico de sedimentación lenta, se puede añadir una pequeña cantidad de coagulante (10-25 ppm de alúmina). Es conveniente añadir 10 a 20 ppm de ácido para ajuste final evitando precipitado en líneas y equipos consecuentes.

Para determinar la presencia de carbonato de calcio precipitado se acude a las siguientes relaciones:

Si $[Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] > 10^{-8,3}$, la solución está sobresaturada con respecto al carbonato de calcio y el exceso precipitará.

Si $[Ca^{2+}] [CO_3^{2-}] < 10^{-8,3}$, la solución está subsaturada con respecto al carbonato de calcio y se disolverá más carbonato de calcio si está disponible.

Se realiza una prueba cualitativa inicial en el laboratorio de aguas de la GRB, agregando una cantidad mínima de cal (alrededor de 0,5 gramos) a una muestra de 100 ml de condensado y el resultado fue un cambio significativo de PH (desde 3-4 hasta 11-12), se observa la eliminación de un gas y la presencia de una reacción que termina en la generación de un precipitado que se asume es carbonato de calcio.

Para calcular la cantidad de cal requerida para la prueba se utiliza la estequiometría de la reacción partiendo de la concentración de dióxido de carbono.

$$[CO_2] = 800 \text{ ppm} = 800 \frac{\text{mg}}{\text{l}}$$

$$\text{Moles}_{CO_2} = 800 \text{ mg} / \left(44 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} * \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \right) = 1,1818 * 10^{-5} \text{ Kmol}$$

A partir de la siguiente ecuación se calcula la cantidad de hidróxido de calcio necesario para un volumen de condensado dado:



Como base de cálculo 1 L:

$$\text{Masa}_{Ca(OH)_2} = 1,1818 * 10^{-5} \text{ Kmoles} * 74,093 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} = 8,7563 * 10^{-5} \text{ Kg}$$

Se espera que la cantidad de CaCO₃ precipitada sea de:

$$Masa_{CaCO_3} = 1,1818 * 10^{-5} \text{ Kmoles} * 100,087 \frac{\text{Kg}}{\text{Kmol}} = 1,1828 * 10^{-3} \text{ Kg} = 1,1828 \text{ g}$$

A continuación se consignan los cálculos de masa de Ca(OH)₂ en kg requerida para la eliminación del CO₂ y su correspondiente producción de CaCO₃ precipitado en kg.

Volumen agua (litros)	Moles CO₂	Masa Ca(OH)₂ (Kg)	Masa CaCO₃ (Kg)
0,1	1,1818*10 ⁻⁶	8,7562*10 ⁻⁵	1,1828*10 ⁻⁴
1	1,1818*10 ⁻⁵	8,7562*10 ⁻⁴	1,1828*10 ⁻³
120014,4	2,18208	161,68	218,4

*Valor correspondiente al flujo de 55 gpm en 8 horas (turno).

Es decir que se requieren alrededor de 14 toneladas al mes (175 toneladas año) de hidróxido de calcio y se produciría un residuo sólido de aproximadamente 20 toneladas/mes de carbonato de calcio (236 toneladas/año). Este valor es demasiado elevado teniendo en cuenta las dificultades de almacenamiento, manejo y disposición del carbonato de calcio precipitado. A pesar de este difícil panorama se contempla el uso del carbonato de calcio precipitado en la neutralización del E-2655A/B/C/D lado tubo y casco, relacionadores FICV-26507 A/B, H-2651, FICV-26501/02 y E-2654 A/B del bloque II de la planta Unibón para que personal de mantenimiento pueda intervenir estos equipos. Este procedimiento se realiza como medida de prevención a ataques corrosivos por los llamados ácidos politiónicos a estos equipos que presentan metalurgia especial (acero austenítico compuesto de cromo y níquel) por operar a altas presiones (1500 psig) y temperaturas.

Otra desventaja de esta alternativa es el requerimiento de suministro de químico Nalco NexGuard 22300, que consiste en un polímero dispersante de sales de calcio y de hierro. Mantiene soluble en el agua la dureza de calcio y el hierro que ingresan a los generadores de vapor disueltos en el agua suavizada. Evita la formación de depósitos de hierro y calcio en la superficie del generador de vapor cuando el agua se utiliza como suministro a calderas. Y en el caso de que el valor

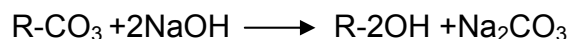
sea excesivamente alto (por adición de altas cantidades de hidróxido de calcio), se debe retirar la dureza mediante el tratamiento con una resina catiónica. Además es posible que el tratamiento genere mayor contaminación en el condensado por las impurezas contenidas en la cal apagada (hidróxido de calcio).

Los requerimientos para esta alternativa son: sistema de dosificación de hidróxido de calcio, tanque de disolución con burbujeo (mangueras perforadas) o con agitación mecánica, equipo de separación sólido-líquido (hidrociclón), columna con resina catiónica y sistema de almacenamiento del carbonato de calcio precipitado. Por todo lo anteriormente anunciado se descarta el uso de esta alternativa.

2.4.2.2 Montaje de una columna para tratamiento con resina aniónica fuerte.

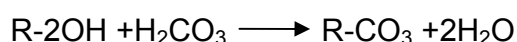
Las resinas son materiales sintéticos, sólidos e insolubles en agua, que presentan forma de esferas, perlas (0,3 a 1,2 mm de tamaño efectivo) o polvo. Están compuestas de una alta concentración de grupos polares, ácidos o básicos, incorporados a una matriz de un polímero sintético y actúan tomando iones de las soluciones y cediendo cantidades equivalentes de otros iones. Poseen un radical fijo y un ión móvil o ión de sustitución. El ión móvil es el ión que es intercambiado por iones que desean eliminarse de la solución y este intercambio sólo funciona entre iones de igual carga eléctrica: cationes por cationes y aniones por aniones. Al producirse el intercambio iónico, la capacidad de la resina comienza a decrecer debido a que posee una capacidad limitada para la remoción de iones de las soluciones y debido a esto, en un momento dado habrá cedido la mayoría de sus iones de sustitución y se producirá un cierto pase de iones no deseados en el agua producida y se dice que esta resina está "agotada" o saturada de los iones que ha atrapado. Por este motivo, cuando se diseña una columna de intercambio iónico, se establece a priori la concentración máxima admisible de iones indeseables en la salida del proceso. Cuando se llega a la concentración pre establecida, se debe proceder a regenerar la resina, para poderla utilizar en un nuevo ciclo. La regeneración es el proceso inverso y tiene por finalidad devolverle a la resina de intercambio iónico su capacidad inicial de intercambio. Esto se hace

pasando soluciones que contengan el ión móvil original, el cual se deposita en la resina y desaloja los iones captados durante el agotamiento. En el caso de resinas aniónicas fuertes se usa hidróxido de sodio produciéndose la siguiente reacción:



La vida útil esperada es de 5 a 10 años.

Para este caso en el que el contaminante es un ácido débil como el ácido carbónico (producto de disolución del CO_2 en el agua), se debe usar un intercambiador aniónico de bases fuertes que actúa así:



En la GRB se utilizan actualmente este tipo de resinas en el tren de desmineralización de planta de aguas (U-2900) de servicios industriales balance, suministradas por ROHM AND HAAS. Se realizó la consulta con estos proveedores y la propuesta presentada por su representante Javier Arbeláez se exhibe en la figura 13. Este sistema corresponde a una resina catiónica para retirar dureza (3-4 PPM CaCO_3), torre desgasificadora y resina aniónica rectificadora. Esta propuesta se presenta detalladamente en la tabla 11. La alternativa se hace poco atractiva debido a que la eficiencia de la resina aniónica no es suficiente para retirar las altas concentraciones de CO_2 contenidas en el condensado y se requiere adicionalmente la instalación de un desgasificador. Este argumento se ratifica con los resultados obtenidos en el laboratorio de aguas del ICP (tabla 4B) que confirman la inexistencia de altos valores de cloruros en el condensado haciendo innecesaria la rectificación con la resina aniónica.

2.4.2.3 Tratamiento biológico mediante el cultivo e inóculo de algas especie *Chlorella* sp.

Las algas se usan como fuente de biocombustible y reductor de uno de los gases de efecto invernadero, causantes del calentamiento planetario¹⁹. Como los vegetales, las algas consumen carbono durante la fotosíntesis. Expuestas a la luz solar, las algas transforman el dióxido de carbono en biomasa que puede ser utilizada después como biodiesel (diesel orgánico²⁰), cuya combustión no emite

gases invernadero. Eso quiere decir que se pueden utilizar algas para fabricar un “biocrudo” equivalente al renovable del petróleo, y refinado para hacer naftas, diesel, combustible de avión e insumos para la industria del plástico y farmacéutica.

Las algas pueden cultivarse en estanques abiertos o sembradas dentro de tubos transparentes, y se ha demostrado que tiene la capacidad de producir más aceite por hectárea que la soja. Aún más, se las puede cultivar en tierras marginales demasiado pobres para cultivar los granos tradicionales, pudiendo emplearse el agua de acuíferos salitrosos imposibles de re emplear en agricultura o como agua para beber. El uso de las algas para fabricar combustibles líquidos ya ha sido estudiado con profundidad en el pasado, incluyendo un programa del Laboratorio Nacional de Energías Renovables (NREL, por su denominación en inglés) que funcionó por casi una década. Para ese entonces los resultados no eran muy alentadores. El programa de NREL quedó cerrado en 1996, principalmente porque en ese tiempo los precios del barril de petróleo eran muy bajos como para que las algas pudieran competir.

Uno de los desafíos más importantes es producir grandes montos de aceite –tanto como 60% de su propio peso- mientras están absorbiendo nutrientes sin que pierdan la facilidad para crecer rápidamente y reproducirse.

El método más barato de producir algas es en estanques abiertos. Pero este tipo de explotación abierta generalmente llena de nutrientes invitará la aparición de otras especies, competidoras de las algas, lo que invariablemente limitará su producción.

Hay gran interés del Gobierno Federal estadounidense por los biocombustibles (meta de reemplazar 20 por ciento del consumo de gasolina en los Estados Unidos para 2017, mediante la producción de 35.000 millones de galones de combustibles renovables). Y teniendo en cuenta el calentamiento global generado por el aumento de la emisión de gases como CO₂ a la atmosfera (en 1997, 7,4 billones de toneladas en 2100, 26 billones de toneladas) hacen que se generen alternativas como el uso de energía renovable o el secuestro del dióxido de

carbono. Además se incluye la reducción de la problemática social que genera el uso de granos destinados al alimento humano como el maíz y la soja para la producción de etanol los biocombustibles por el alza de los precios.²¹

Esta técnica de reducción de CO₂ utilizando microalgas se encuentra en fase experimental pero ya cuenta con resultados sobre los efectos de la densidad celular y la concentración de CO₂ en el crecimiento de la especie *Chlorella* sp. La tasa de fijación de CO₂ está directamente relacionada con la eficiencia de la utilización de la luz y la densidad celular de la microalga.

Estudios sobre reducción de gases de efecto invernadero mediante cultivo de micro algas se describen así: El procedimiento consiste en cultivar $1 \cdot 10^5$ células mL⁻¹ de las cepas KAS001,005,007, 012,MBIC10088, MDL5-18 y SAG211-18 en un medio de agua artificial (medio f/2) que presenta la siguiente composición: 29,23 g NaCl, 1,105 g KCl, 11,09 g MgSO₄·7H₂O, 1,83 g CaCl₂·2H₂O, 0,25 g NaHCO₃, and 3.0 mL de solución metálica (281.3 mg/L NaNO₃, 21,2 mg/L NaH₂PO₄·H₂O, 16,35 mg/L Na₂·EDTA, 11,8 mg/L FeCl₃·6H₂O, 675 µg/L MnCl₂·4H₂O, 37,5 µg/L CoCl₂·6H₂O, 37,5 µg/L CuSO₄·5H₂O, 82,5 µg/L ZnSO₄·7H₂O, 22,5 µg/L Na₂MoO₄, 0,375 mg/L de vitamina B1, 0,188 µg/L de vitamina B12 y 0,188 µg/L biotin. Esta solución se incuba en un reactor cilíndrico de vidrio (30 cm de largo, 7 cm de diámetro) con 800 ml de medio f/2. En la figura 14 se presenta el esquema general. La temperatura debe ser de 26+/-°C bajo continua fluorescente luz (intensidad de la luz aproximadamente 300µmol m⁻²s⁻¹ en la superficie del fotobioreactor). El CO₂ gaseoso contenido en el aire, se hace pasar por el caldo de cultivo con el inóculo de algas. La cantidad de CO₂ removida se calcula mediante la diferencia entre la concentración de CO₂ en el afluente y el efluente de los fotobioreactores. La medida del CO₂ en la solución acuosa es medida por el Test Hanna de dióxido de carbono (KI 3818; Hanna Instruments, Woonsocket, RI). Los resultados se ilustran en las figuras 15 y 16 y tablas 12 y 13 y en términos generales se puede concluir que a menor porcentaje de CO₂, mayor producción de biomasa y si la densidad celular es mayor, también se incrementa la producción de biomasa y la producción total de biocrudo.

A pesar de que este tratamiento reduce emisiones de CO₂, el objetivo principal de su estudio es la producción de biocombustible y actualmente sólo se realizan pruebas para este propósito sin reparar propiamente en la reducción de dióxido de carbono. Además se confirma que no se han realizado pruebas en el laboratorio de biotecnología del ICP, situación que dificulta indudablemente la ingeniería de esta técnica, eliminando la posibilidad de emplear esta alternativa.

2.4.2.4 Montaje de una desaireador termo físico.

Esta tecnología es la más aplicada para reducir corrosión por altas concentraciones de oxígeno y dióxido de carbono en agua de suministro a calderas. Los gases corrosivos pueden ser removidos por procesos físicos o químicos. Los gases se remueven reduciendo la presión parcial sobre la superficie del líquido inyectando una sustancia inerte que en este caso es vapor. A medida que la concentración de livianos disminuye en el vapor, los livianos presentes en el líquido se vaporizan en un intento por alcanzar el equilibrio. Así que si se adiciona constantemente una cantidad suficiente de vapor de tal manera que el sistema no pueda alcanzar el equilibrio la transferencia de masa de la fase líquido a la fase vapor ocurre de manera continua. Esto resulta en material liviano vaporizándose en todos los platos o etapas de la torre despojadora. Si sólo calor se usara para vaporizar los livianos, una pequeña cantidad relativa de vapor estaría dirigiéndose hacía arriba de la torre despojadora. Se emplea vapor porque además de reducir la solubilidad de los gases, sirve como medio de calentamiento.

El área de contacto se incrementa atomizando el líquido y haciéndolo caer en platos metálicos o empaques de anillos. Además se reduce la solubilidad de los gases al incrementar la temperatura. Los gases se ventean a través de un orificio calibrado o una válvula estranguladora. El agua desaireada es recolectada en un tanque para asegurar adecuado tiempo de control. La presión de operación del desaireador debe ser controlada por una válvula en la línea de vapor y regulada por un transmisor de presión.

El sistema está conformado por: dispositivo de control de venteo, válvula de

seguridad, válvula de vacío, dispositivo de burbujeo de vapor para arrancada y rebosadero.

Este es el caso del DH-4652 (ver figura 17 y 18) de la planta de hidrotratamiento que está conformado por una torre despojadora y un tanque de almacenamiento de condensado tratado. Las principales características de este sistema se resumen en la tabla 14. En la figura 19 se presenta el diagrama de flujo del sistema de desgasificación del condensado producto del exceso de vapor usado para producir hidrógeno en hidrotratamiento. Las corrientes se describen detalladamente en la tabla 15. En las tablas 16 y 17 se presenta una aproximación de las corrientes de las figuras 20 y 21 cuyos valores son calculados a partir del diseño del desaireador D-4652 para el proyecto de hidrotratamiento.

La concentración de CO₂ del condensado de la planta de hidrotratamiento es 0.4%. Es decir 4000 ppm

$$(0.4/100) * 21580lb = 86.32lb CO_2$$

$$86.32lb CO_2 \rightarrow 21580lb \text{ condensado}$$

$$x \quad 1000000lb \text{ condensado}$$

$$x = \frac{4000lb CO_2}{1000000lb \text{ condensado}} = 4000ppm$$

Ahora, la concentración del afluente al desaireador que es la suma de 21580 lb de condensado y 68605 lb de agua desmineralizada es:

$$86.32lb CO_2 \rightarrow 90185lb \text{ condensado}$$

$$x \quad 1000000lb \text{ condensado}$$

$$x = \frac{957lb CO_2}{1000000lb \text{ condensado}} = 957 ppm$$

De manera análoga, se plantean dos opciones para el tratamiento del condensado del D-2604. La primera propuesta se describe en la figura 20 y consiste en desgasificar el condensado, elevar la presión a la presión de agua de calderas (800 psig), mezclar con agua de calderas efluente E-2604 e inyectar la mezcla al economizador del H-2601 para posteriormente suministrarla a la B-2601. La

segunda opción (figura 21) difiere en la inyección del condensado al E-2604 junto con el agua de calderas para evitar interferir en el correcto intercambio de calor por reducción del flujo de agua de calderas.

La alternativa presentada en la figura 21 es descartada también debido a que requiere de la compra de una bomba que eleve la presión a 800 psig para poder ser inyectada al E-2604. Se anexa una cotización suministrada por FLOWSERVE que verifica los excesivos costos asociados a la compra de una bomba con esas características. Es así como se plantea la alternativa de tratar el condensado en el desaireador termo físico y enviarla al desaireador DH-2951 de servicios industriales (figura 23). Para este propósito se requiere la compra o adecuación de una bomba, tubería hasta el banco de tubos del bloque III, inspección del estado de la tubería existente desde bloque III hasta el desaireador de servicios industriales balance. La inspección se realiza porque a pesar de que se conoce que existe la facilidad es probable que la línea se encuentre en malas condiciones debido a que en el momento en que se detuvo la operación de la T-2604 se continuó enviando condensado con altas concentraciones de CO₂.

Se solicita a CANNON BONO ARTES (proveedores D-4652) que realicen una propuesta para tratamiento del condensado del D-2604 y a continuación se resumen las principales características:

En la tabla 18 se presenta los datos de diseño y operación.

Las partes mecánicas son diseñadas con base en:

-Temperatura máxima de diseño: 150°C. -Presión de diseño: 0,25 MPa-g

-Corrosión permitida: 3 mm. -Presión recipientes: ASME VIII div. 1

GARANTIAS:

Máximo contenido O₂ residual: 0,02 ppm. CO₂ residual: 0,01 ppm

PROPUESTA COMERCIAL

Desaireador € (EUR) 55'000.-

Plataformas y escaleras € (EUR)/kg 4,5 .-

Actividades en el sitio incluido levantamiento y supervisión de arrancada (viaje, acomodación en hotel excluida) € (EUR)1'200 .-dia/persona

Términos y condiciones

- Validez oferta: 90 días
- Tiempo de entrega: 6 meses después de la orden

Se anexa a este documento la propuesta presentada por CANNON BONO ARTES.

Se solicita cotización a FLOWSERVE de una bomba con las siguientes características:

Tipo: centrifuga. Flujo: 55 gpm. Temperatura de operación: 230°F (temperatura salida desaireador). Presión de succión: 3 psig; presión de descarga: 50 psig (requerido enviar DH-2951).

El valor aproximado tomando como base la primera cotización (U\$69190) para la bomba de descarga de 800 psig es de U\$4324.375

Costos adicionales de tubería se incluyen para una distancia aproximada de 500 m (desaireador bloque II hasta DH-2951 de servicios industriales balance) teniendo en cuenta la velocidad de descarga de 3 ft/s (valor óptimo entre el rango de 3-5 ft/s) y el caudal de 55 gpm. Es decir, costos de 500 m de tubería de 3" de acero al carbón. Esta información es suministrada por el ingeniero Juan Carlos Barrera de la coordinación de inventarios GRB.

Tubería 3" acero al carbón- Código ellipse: 74724. Precio: \$12000/pie

Precio 500 m (1640,4 pies) de longitud: \$19'684.800

Resumen costos:

Desaireador: € (EUR) 55000: \$176'000.000 *EUR \$3200

Bomba: U\$4324.375: \$9'383.893,75 *U\$ \$2170

Tubería: \$19'684.800

Subtotal: \$ 205'068.693,8

Factor Lang 3,5 (montaje, arranque y demás no incluidos) *Ricardo Londoño

Total: \$717'740.428,1

Numero años recuperación inversión:

$\$717'740.428,1 / \$114'169.255,2 = 6,3$ años

2.4.2.5 Implementación de una torre despojadora con aire y posterior tratamiento con secuestrante de oxígeno.

Este mecanismo es similar a la alternativa al ítem anterior. Se realiza despojo mediante la adición de una sustancia inerte que en este caso es aire para reducir la presión parcial sobre la superficie del líquido.

Este proceso se realiza en la planta de Parafinas (D-1155) para recuperar el condensado producto del proceso de generación de hidrógeno. A pesar de que el tratamiento es eficiente presenta las siguientes deficiencias: a la vez que se elimina dióxido de carbono, se disuelve oxígeno y es por esto que se debe utilizar secuestrante de oxígeno como el caso del producto Nalco 2779 adicionado al efluente del DH-2953 de servicios industriales balance y cuya base es bisulfito de sodio catalizado, se debe incluir en los requerimientos un compresor para realizar la inyección del aire a la torre empacada y por último, el aire no realiza calentamiento para mejorar el despojo como en el caso del vapor. Por esto, se prefiere la alternativa del tratamiento con vapor en una torre despojadora.

Se revisó la posibilidad de reutilizar equipos que estén fuera de servicio y que puedan ser adaptados a las alternativas propuestas. Se encontró los siguientes resultados:

T-2604: Torre tratamiento despojo con oxígeno. Planta Nitrógeno Bloque III. Desmantelada

P-2608: Usada para llevar condensado tratado en la T-2604 al DH-2951. Estado de baja. No se encuentra físicamente.

P-2602: Flujo 16 gpm; Presión succión: 219 psig; Presión descarga: 250 psig

P-2652: Cercana P-2656. No se conoce información técnica. Flujo mayor P-2602

2.5 Análisis de riesgos

Identificación de riesgos:	Control Recomendado:
Sobrecostos por alcance de alternativa.	Desarrollar una reevaluación de factores que pueden afectar los costos
Afectación a los procesos asociados a la alternativa de reutilización de condensado.	Realizar estudio detallado de los procesos afectados por la implementación de la alternativa.
Ineficiencia de la alternativa implementada por variación en la calidad del condensado originado a su vez por cambios en las condiciones de operación.	Efectuar el estudio de la variación histórica de las condiciones de operación de las plantas y relacionar los resultados con las alternativas propuestas.
Insuficiente impacto de la alternativa implementada.	Realizar seguimiento al cumplimiento de las recomendaciones generadas.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

La alternativa seleccionada para el tratamiento del condensado del D-2503 se describe como una mezcla de las alternativas planteadas así:

1. Inspección, adecuación y puesta en funcionamiento de la T-2506.
2. Instalación de un mecanismo eliminador de neblina y alineación de solvente al H-2501 A.
3. Instalación de un filtro coalescedor separador de hidrocarburo y envío a slop.
4. Compra o adecuación bomba para direccionar el agua separada al D-2663, succión P-2657, E-2656, D-2653 y aguas agrias (D-2590)

Esta propuesta se presenta esquematizada en la figura 22.

Las características de la bomba requerida para enviar el condensado hasta el D-2663 son:

Tipo: centrifuga; flujo: 20 gpm; temperatura: 230 F; Presión succión: 3 psig;

Costo: U\$4324.375: \$9'383.893,75 *U\$ \$2170

La tubería requerida de 2" acero al carbón tiene un precio de \$10000/pie. Por lo que para la distancia aproximada requerida de 100 m (328,08 pies) el costo total es de \$3'280.800

Es decir que el subtotal de la alternativa es de \$ 12'664.693,75

Se incluye un factor de 3,5 por concepto de montaje, arranque y demás no incluidos.

Generando un total por alternativa de: \$44'326.428,13

Es así como el número años requeridos para la recuperación de la inversión es de:

$66'425.748,48 / \$44'326.428,13 = 1,5$ años

La alternativa seleccionada para la recuperación del condensado del D-2604 se esquematiza en la figura 23 e incluye las siguientes acciones:

1. Compra y montaje del desaireador termo físico propuesto por la empresa CANNON BONO ARTES y cuyas características son:

Las partes mecánicas son diseñadas con base en:

- Temperatura máxima de diseño: 150°C. -Presión de diseño: 0,25 MPa-g
- Corrosión permitida: 3 mm. -Presión recipientes: ASME VIII div. 1

GARANTIAS:

Máximo contenido O₂ residual: 0,02 ppm. CO₂ residual: 0,01 ppm

PROPUESTA COMERCIAL

Desaireador € (EUR)	55'000.-
Plataformas y escaleras € (EUR)/kg	4,5 .-
Actividades en el sitio incluido levantamiento y supervisión de arrancada (viaje, acomodación en hotel excluida) € (EUR)	1'200 .-
dia/persona	

Términos y condiciones

- Validez oferta: 90 días
- Tiempo de entrega: 6 meses después de la orden

En la tabla 18 se presenta los datos de diseño y operación.

2. Compra y montaje de una bomba para enviar el condensado tratado desde el desaireador hasta el DH-2951 para suministro a calderas con las siguientes características:

Tipo: centrifuga. Flujo: 55 gpm. Temperatura de operación: 230°F (temperatura salida desaireador). Presión de succión: 3 psig; presión de descarga: 50 psig (requerido enviar DH-2951).

El valor aproximado tomando como base la primera cotización (U\$69190) para la bomba de descarga de 800 psig es de U\$4324.375

3. Compra y montaje de tubería desde el D-2604 hasta el desaireador y del desaireador hasta el DH-2951 de servicios industriales balance.

Costos adicionales de tubería se incluyen para una distancia aproximada de 500 m (desaireador bloque II hasta DH-2951 de servicios industriales balance) teniendo en cuenta la velocidad de descarga de 3 ft/s (valor óptimo entre el rango de 3-5 ft/s) y el caudal de 55 gpm. Es decir, costos de 500 m de tubería de 3" de acero al carbón. Esta información es suministrada por el ingeniero Juan Carlos Barrera de la coordinación de inventarios GRB.

Tubería 3" acero al carbón- Código ellipse: 74724. Precio: \$12000/pie

Precio 500 m (1640,4 pies) de longitud: \$19'684.800

Resumen costos:

Desaireador: € (EUR) 55000: \$176'000.000 *EUR \$3200

Bomba: U\$4324.375: \$9'383.893,75 *U\$ \$2170

Tubería: \$19'684.800

Subtotal: \$ 205'068.693,8

Factor Lang 3,5 (montaje, arranque y demás no incluidos) *Ricardo Londoño

Total: \$717'740.428,1

Numero años recuperación inversión:

$\$717'740.428,1 / \$114'169.255,2 = 6,3$ años

CONCLUSIONES

1. Se alcanzaron los objetivos propuestos durante el tiempo establecido para tal fin en el cronograma de trabajo presentado en este documento.
2. Se presentan como resultado final los esquemas seleccionados después de la evaluación de las alternativas planteadas para el tratamiento y recuperación del condensado del D-2503 de la planta DEMEX y D-2604 de la planta de HIDRÓGENO.
3. El desarrollo de la práctica industrial permitió el reconocimiento de un alto nivel de adaptación al grupo, habilidad para enfrentar situaciones nuevas y difíciles manteniendo un control y autonomía sobre las emociones de manera que se lograra recopilar la información necesaria para la realización del proyecto y cumplir con los objetivos propuestos.
4. Las competencias académicas adquiridas durante el proceso formación profesional se adquirieron significado en un contexto real durante el desarrollo del proyecto.
5. Se considera de gran impacto e influencia el proyecto realizado en las plantas involucradas en cuanto a que permite la introducción de tecnologías más limpias que mejoran la producción, reduce significativamente la contaminación ambiental y aumenta la rentabilidad de la operación.

RECOMENDACIONES

Para la aprobación del presupuesto requerido para la aplicación de las alternativas seleccionadas se requiere la continuidad del desarrollo de las fases del modelo de maduración de proyectos y en general las siguientes actividades:

- Ejecución de Ingeniería básica y de detalle de la alternativa seleccionada.
- Instalación de la infraestructura de medición requerida (indicadores locales para las nuevas facilidades).
- Adecuaciones civiles y de tubería requeridas para el montaje de los equipos y facilidades asociadas.
- Establecimiento de los requisitos mínimos de seguridad al personal para las nuevas instalaciones.
- Elaboración de guías y/o manuales de procedimientos para las pruebas de aceptación y la puesta en marcha de todos los equipos.
- Gestión de compras, montaje, pruebas y puesta en servicio.

Se aconseja realizar el respectivo análisis de riesgos (HAZOP) para las actividades propuestas que puedan generar impacto negativo en los procesos relacionados.

Se recomienda realizar inspección al equipo que se pretende poner nuevamente en funcionamiento (T-2506 desgasificadora planta DEMEX) durante la parada de planta programada para el año en curso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BOLAÑOS, Jina. Informe problemática planta de tratamiento de aguas residuales. Barrancabermeja, 2007.
2. CARLOS, Castro. Manual de operaciones departamento de refinación de fondos.
3. Behaviour of the $\text{CO}_2\text{-H}_2\text{O}$ system and preliminary mineralisation model and experiments, HPT Laboratory, Department of Earth Sciences Utrecht University, Diciembre 2005.
4. Isótopos Ambientales en el Ciclo Hidrológico IGME. Temas: Guías y manuales. ISBN: 84-7840-465-1
5. [On line]. www.quiminet.com
6. Carbona.pdf
7. [On line]. www.fortunecity.es/expertos/profesor/171/medioambiente.html
8. [On line]. www.textoscientificos.com
9. [On line]. http://www.che-digital.com/che/200805/templates/pageviewer_print?pg=80&pm=6
10. [On line]. <http://webserver.dmt.upm.es/~isidoro/bk3/Appendices/Propiedades%20termicas%20de%20la%20materia.pdf>
11. [On line]. <http://www2.udec.cl/~dfigueroa/curso/capacidadfases/capacidadfases.htm>
12. [On line]. http://www.hiru.com/es/fisika/fisika_01800.html
13. http://www.calderasvapor.com/factores_conversion.htm
14. TREYBAL, R. E. "Mass transfer operations". 3rd edition, Mc Graw Hill, New York, 1987, figura 6.34.
15. PERRY, R. H, Green, D. W., Maloney, J. O. "Perry's Chemical Engineering Handbook", 7th ed.", Mc Graw Hill, New York, 1999.
16. [On line]. <http://books.google.com.co/books?id=DIHhLKy1JNwC&pg=PA434&dq=ley+de+henry&sig=ACfU3U0rEgo2ShGzZHlv-ut5mj47z-059A#PPA434,M1>
17. [On line]. http://books.google.com.co/books?id=ZngDtuqhx5sC&pg=PA190&dq=constante+de+henry&sig=ACfU3U2i0F-jeWu2UHpWNeHwszLwn_4rtA#PPA192,M1
18. [On line].

- http://books.google.com.co/books?id=gMQ_1pSwu6AC&pg=PA319&dq=ley+de+henry&sig=ACfU3U13XwJXSxgx7bSFELyZ1TJ6mMTTgg#PPA319,M1
19. [On line]. <http://ecolamancha.wordpress.com/2007/11/12/algas-verdes-modelo-para-la-captura-de-co2-y-para-la-produccion-de-biocombustibles/>
 20. [On line]. http://www.teorema.com.mx/articulos.php?id_sec=43&id_art=4448
 21. [On line]. http://gabinete.org.ar/Setiembre_2007/algas.htm
 22. [On line].
<http://books.google.com.co/books?id=TLpzh5HQYvgC&pg=PA308&dq=descarbonatacion+con+cal#PPR16,M1>
 23. [On line].
<http://books.google.com.co/books?id=JY8ZHJQn0DoC&pg=PA38&dq=descarbonatacion+con+cal#PPR17,M1>
 24. [On line].
<http://books.google.com.co/books?id=fQcXUq9WFC8C&pg=PA56&dq=descarbonatacion+con+cal#PPA63,M1>
 25. [On line].
http://books.google.com.co/books?id=FJ8ljXZD7IC&pg=PA138&lpg=PA138&dq=co2+en+agua+con+cal&source=web&ots=XZWa3v5g1X&sig=bORLYh1yQwHaFlbggJEw4hWwZhQ&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=8&ct=result#PPA23,M1
 26. [On line]. http://books.google.com.co/books?id=P-FBylgVfNoC&pg=PA301&lpg=PA301&dq=el+bicarbonato+de+calcio+precipita%3F&source=web&ots=khTeVRB1eE&sig=PD9qWzH0wGxDpwICQuwiquKVjfl&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=10&ct=result#PPA306,M1
 27. [On line]. <http://www.monografias.com/trabajos51/intercambio-ionico/intercambio-ionico2.shtml>
 28. [On line]. http://www.dow.com/liquidseps/service/ds_ix.htm
 29. [On line]. <http://www.amistco.com/spanish/hom.html>
 30. [On line]. <http://www.kochind.com>

FIGURAS

Figura 1. Condensado D-2503



Figura 2. Comparación temperatura de ebullición para un DMO típico y el aceite separado

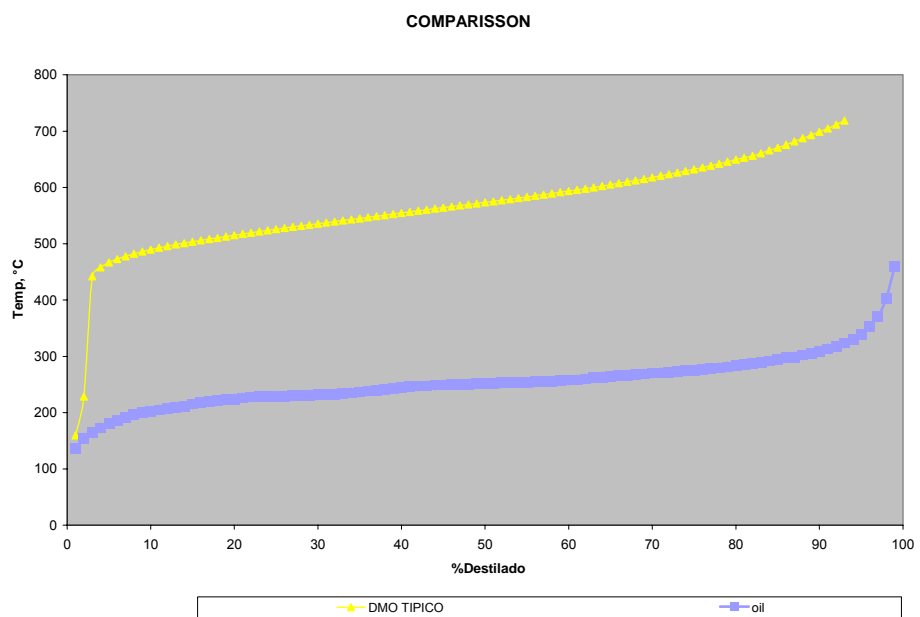


Figura 3. Condensado del D-2503 de la planta DEMEX



Figura 4. Condensado del D-2604 de la planta Hidrógeno



Figura 5. Malla de alambre AMISTCO para eliminar niebla.

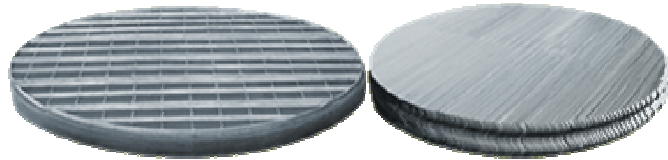


Figura 6. Eliminador de niebla AMISTCO tipo MistFix® de inserción



Figura 7. Esquema funcionamiento filtro coalescedor.



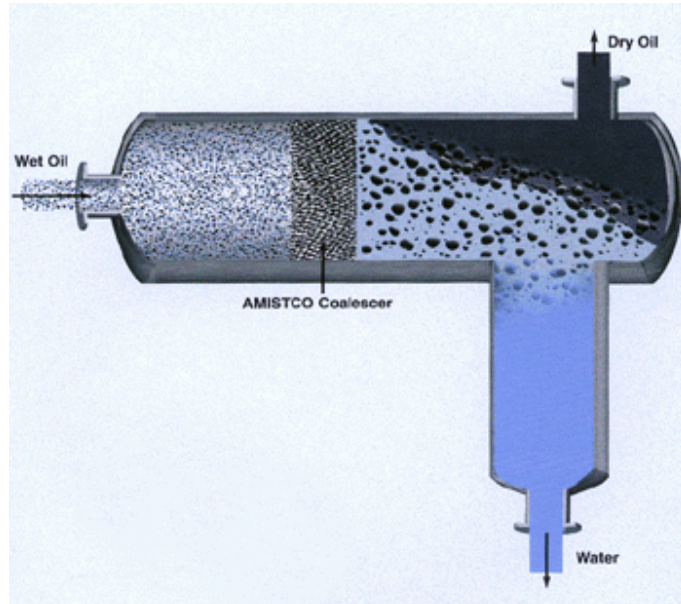


Figura 8. Pruebas laboratorio de reología y fenómenos interfaciales ICP con rompedores de emulsión condensado D-2503

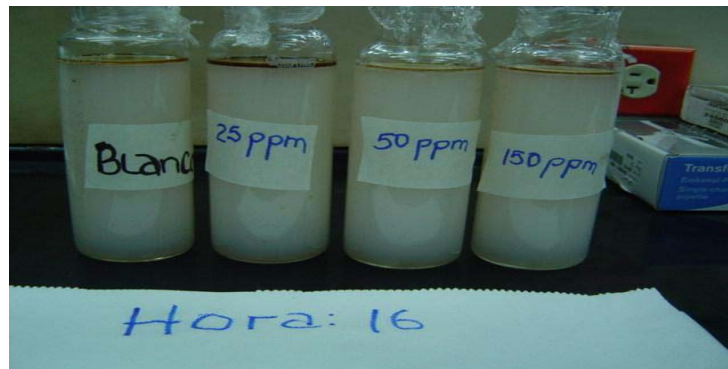


Figura 9. Pruebas laboratorio de reología y fenómenos Interfaciales ICP con cloruro de sodio a las 4 horas.



Figura 10: Solubilidad del CO2 en función de la temperatura.

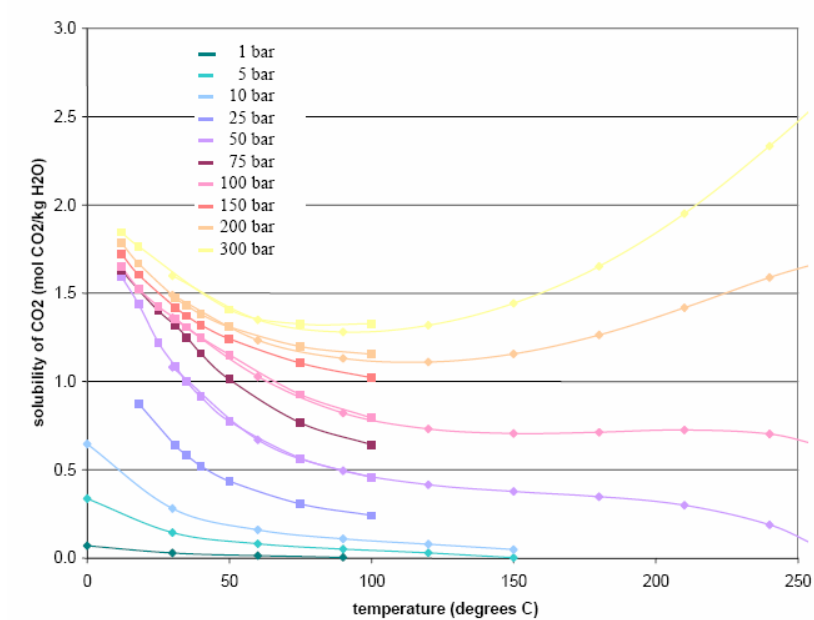


Figura 11. Variación concentración de las especies de CO₂ presentes en agua con pH

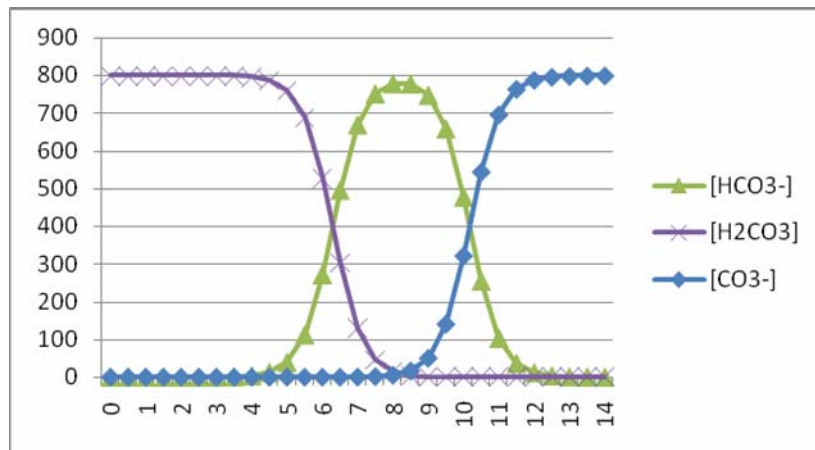


Figura 12. Ablandamiento por precipitación química. Concentraciones residuales en función del PH como CaCO_3

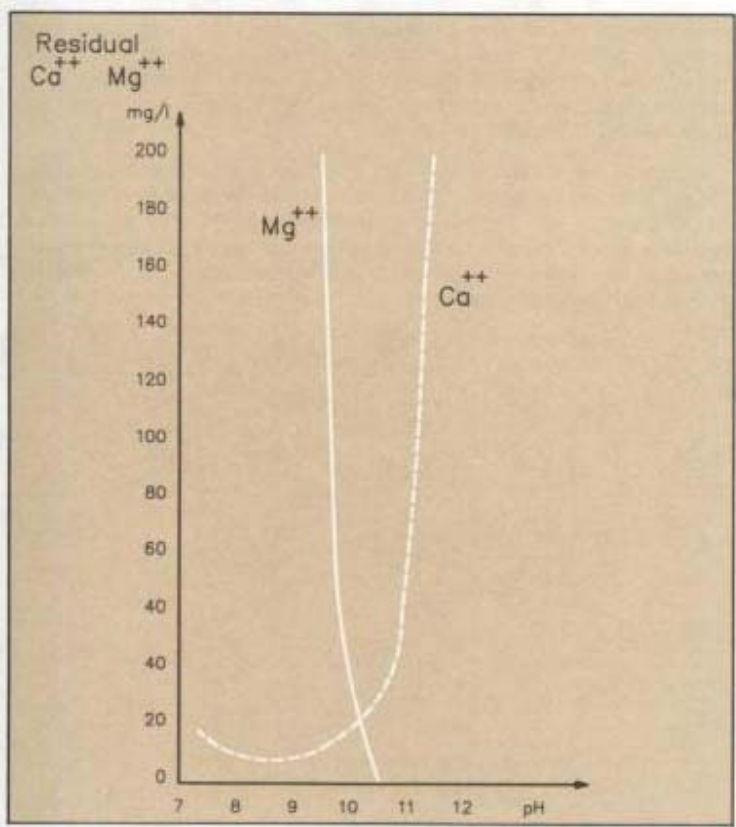


Figura 13. Esquema sistema propuesto por Rohm and Haas

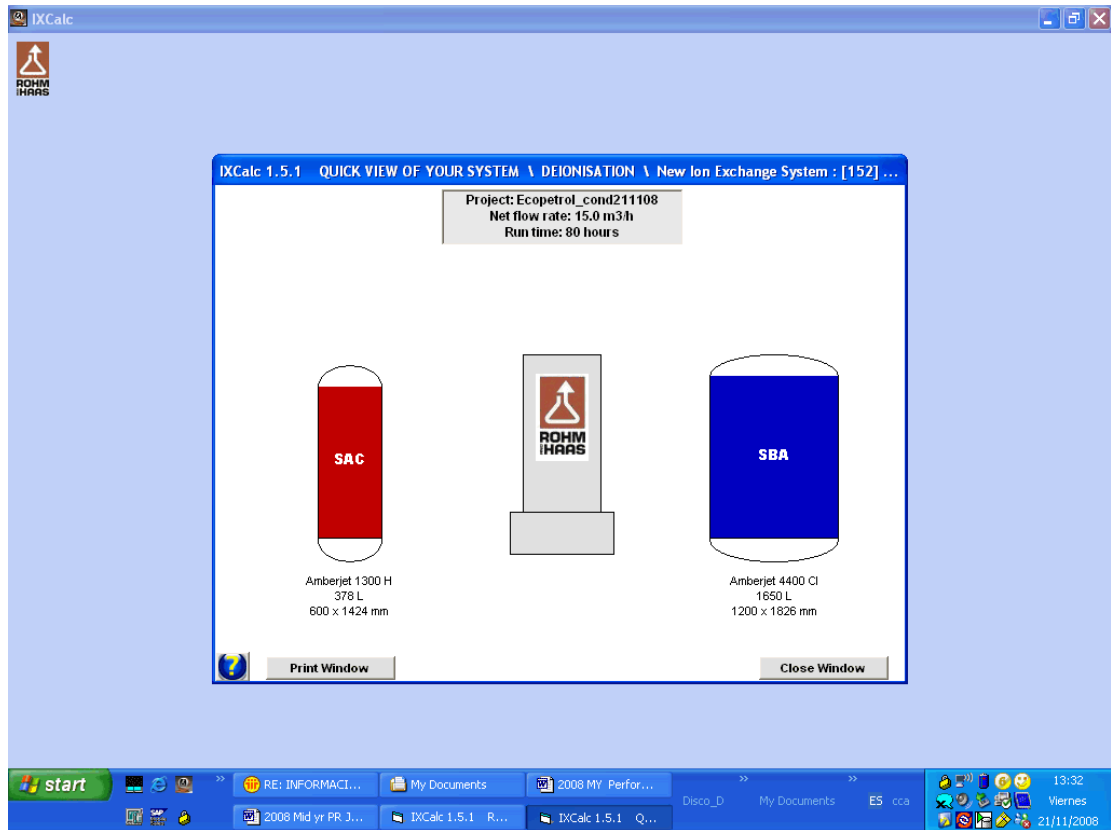


Figura 14. Esquema del fotobioreactor utilizado en fase experimental para reduccion de CO₂ para cultivo semicontinuo de microalgas.

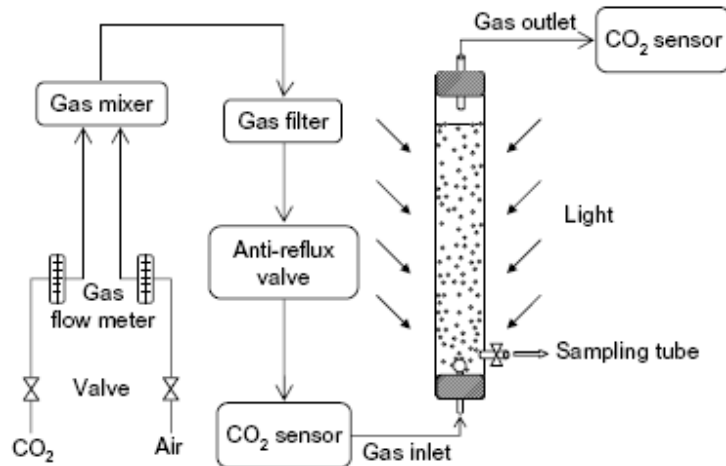


Figura 15. Curvas y ecuaciones de calibración de densidad celular y biomasa.

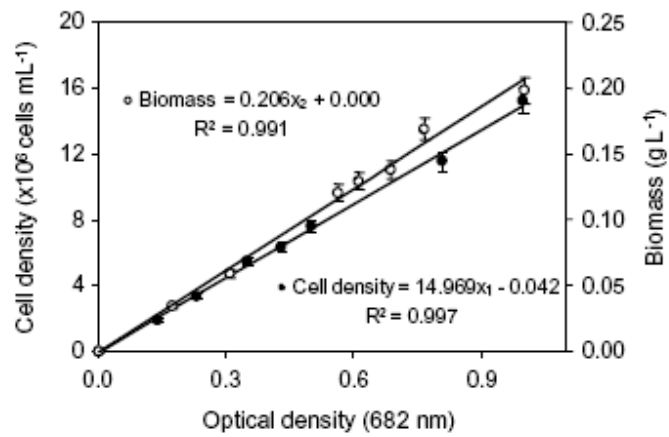


Figura 16. Efecto de la concentración del CO₂ en el crecimiento de células de: a) baja densidad ($8 \cdot 10^5$ células mL⁻¹ en cultivo 800 mL); b) alta densidad ($8 \cdot 10^5$ células mL⁻¹ en cultivo 800 mL), con iluminación de $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 0.25 vvm y temperatura de $26 \pm 1^\circ\text{C}$.

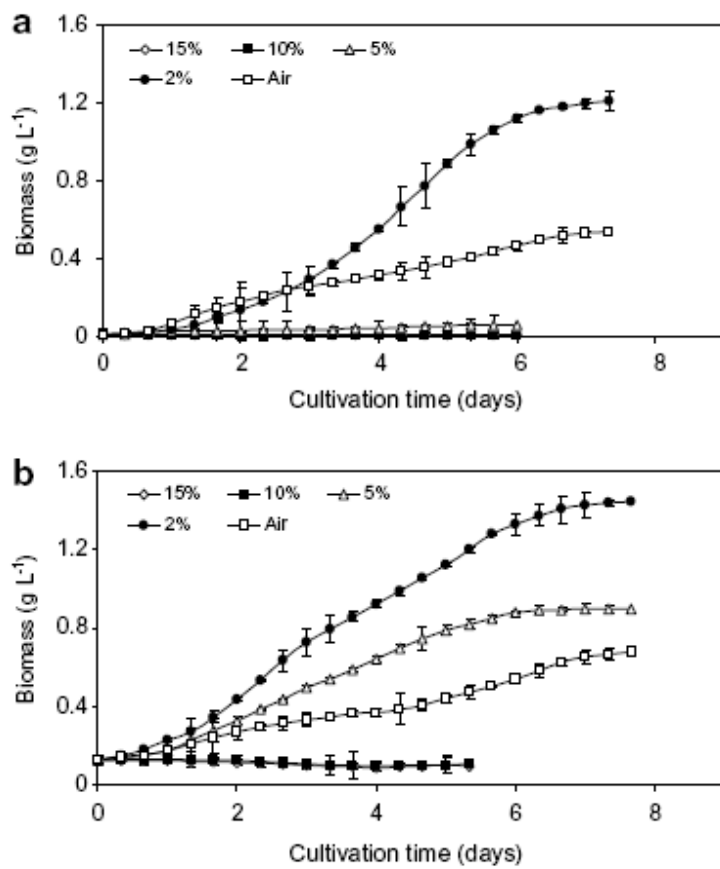


Figura 17. Esquema general torre despojadora con vapor hidrotreatmento DH-4652

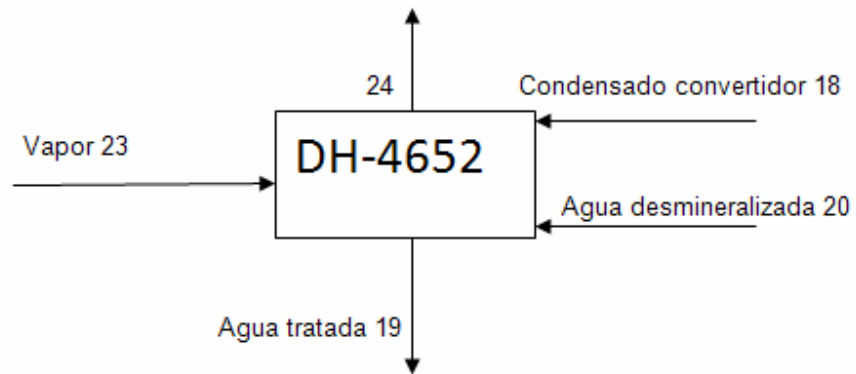


Figura 18. Sistema desaireador conformado por torre despojadora y tambor acumulador.



Figura 19. Esquema desaireador para tratamiento de condensado (eliminación dióxido de carbono) producto de exceso de vapor en reformado para producción de hidrógeno Hidrotratamiento.

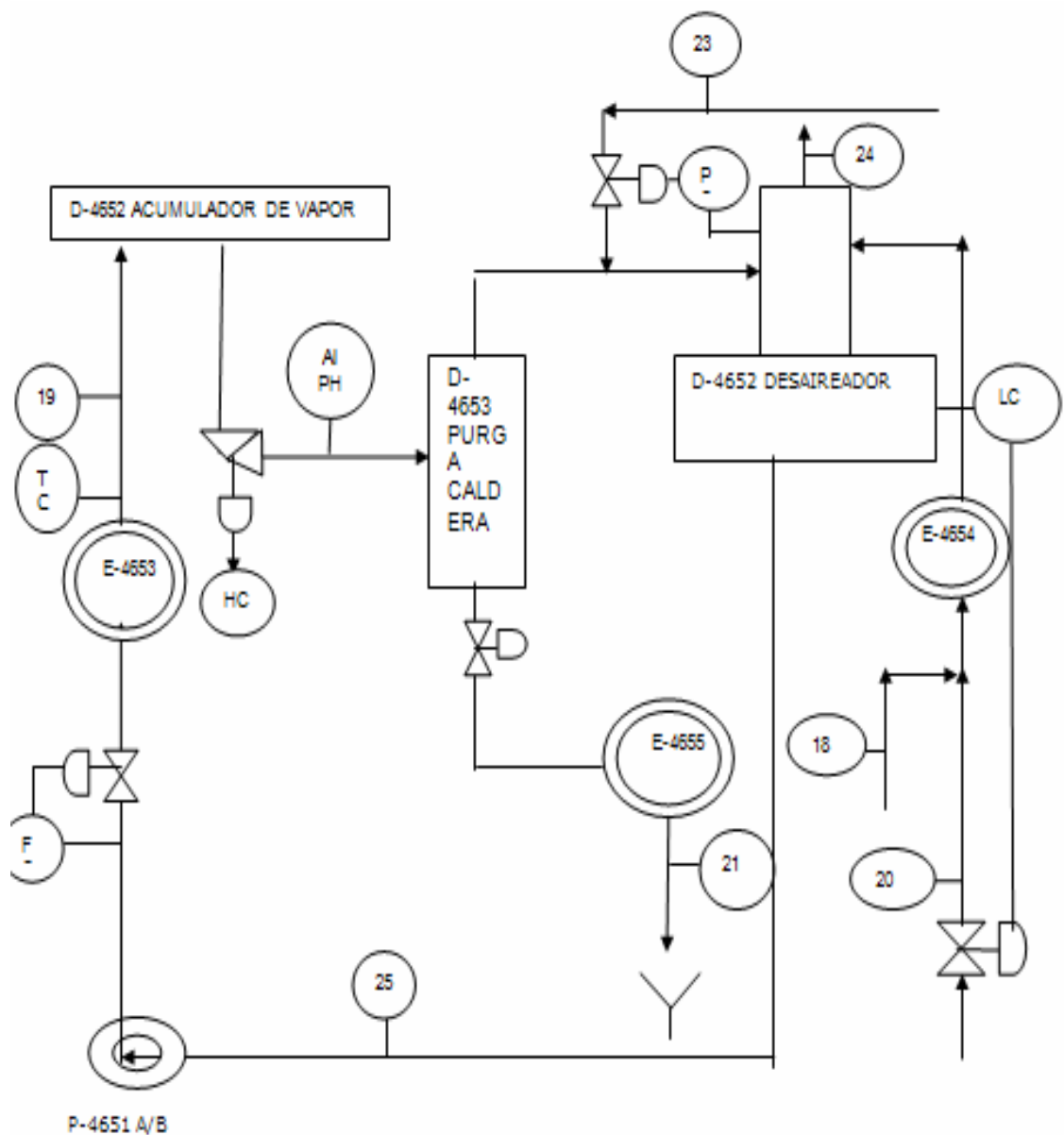


Figura 20. Primera opción de desgasificación (torre despojadora con vapor) del condensado D-2604 para eliminar CO₂ y reutilizar como suministro a B-2601

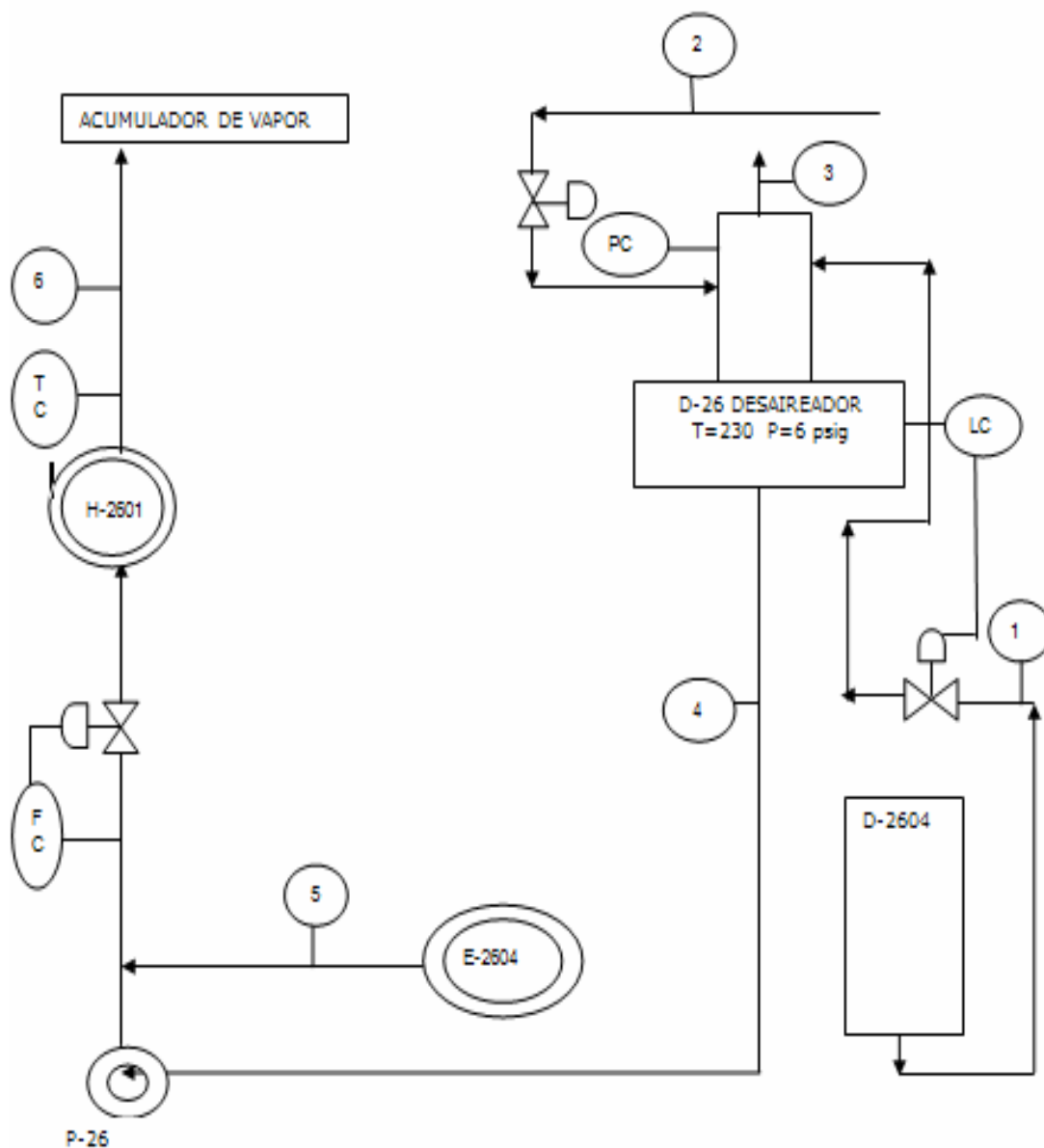


Figura 21. Segunda opción de desgasificación (torre despojadora con vapor) del condensado D-2604 para eliminar CO₂ y reutilizar como suministro a B-2601

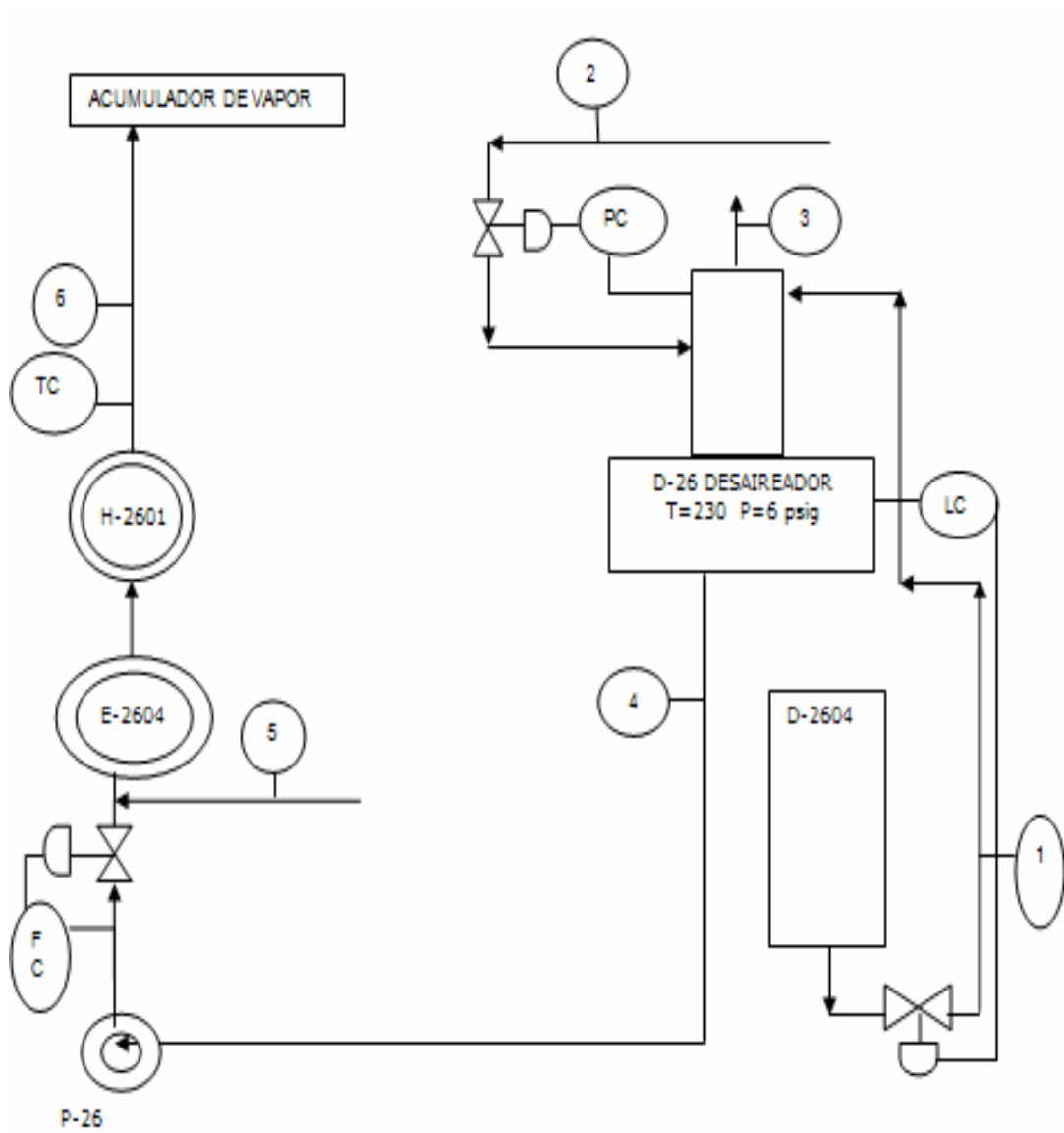


Figura 22. Propuesta para la recuperación del condensado del D-2503.

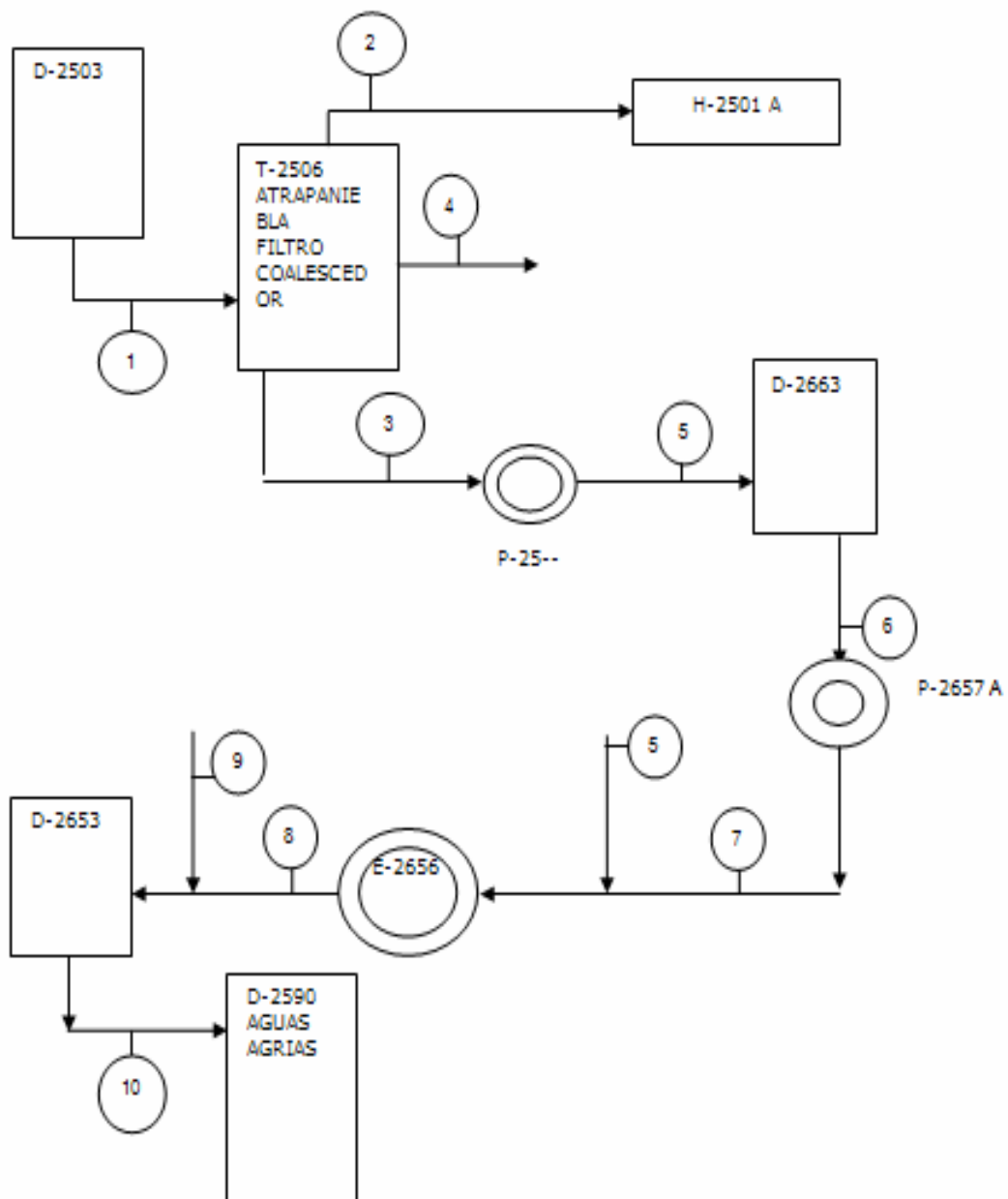
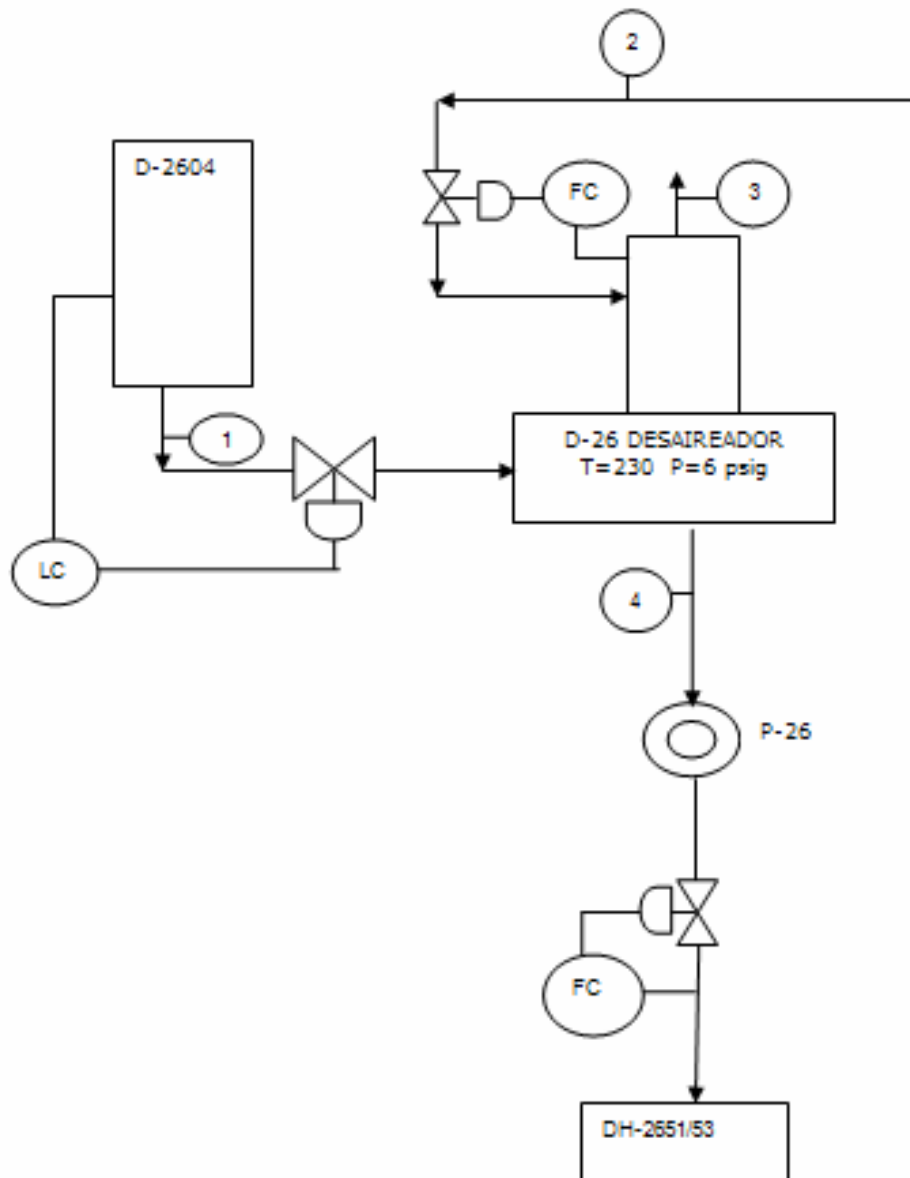


Figura 23. Propuesta para la recuperación del condensado del D-2604.



TABLAS

Tabla 1. Costo de tratamiento de agua en PTAR Condensado D-2503. Información suministrada por Takesi Duque Vega encargado de costos de la PTAR

DETALLE COSTO	VALOR PESOS/KG AL	FLUJO AGUA TRATADO PTAR GPM	VALOR TOTAL PESOS/ MIN	VALOR TOTAL PESOS/ AÑO
Tratamiento de agua en PTAR condiciones normales	306,84	34-40	10,43- 15,24	5'408.239 - 6'362.634,2
Tratamiento de agua en PTAR contingencia	448,14	34-40	15,24-17,93	7'898.736,2 - 9'292.631

Tabla 2. Costo de consumo de vapor de las despojadoras T-2502 y T-2522 generadoras del condensado del D-2503. Datos suministrados por el Ing. Reynaldo Ordúz (NALCO DE COLOMBIA) y por la Ing. Gleidy Valbuena.

DETALLE COSTO	VALOR PESOS/KLB	FLUJO	VALOR TOTAL PESOS/HORA
Vapor de 600 LB para la T-2502	11.232	7,5 LB/BL DMO 7.500 LB/H	84'240.000
Vapor de 600 LB para la T-2522	11.232	10 LB/BL ASFALTO 9.200 LB/H	103'334.400

Tabla 3A. Costo por subutilización de condensado del D-2604 como agua de calderas

DETALLE COSTO	VALOR PESOS/KGA L	FLUJO gpm	VALOR TOTAL PESOS/ MIN	VALOR TOTAL PESOS/ AÑO
Agua de calderas	4.758	55-65	261,69-309,27	135'660.096-160'325.568

Tabla 3B. Tarifas de servicios industriales balance

SERVICIOS INDUSTRIALES	Unidades	<u>TARIFAS</u> <u>2007</u>
		Pesos \$
H2O CAPTACION	kGI	\$ 1436
H2O CLARIFICADA	kGI	\$ 2672
H2O POTABLE	kGI	\$ 5820
H2O INDUSTRIAL	kGI	\$ 13555
H2O CALDERAS	kGI	\$ 4758
VAPOR	kLb	\$ 11232
ENERGIA E. DISPONBLE	kW-h	\$ 191
ENERGIA E. PRODUCIDA	kW-h	\$ 189
ENERGIA E. COMPRADA	kW-h	\$ 242
AIRE	kPC	\$ 1346

Tabla 4A. Caracterización condensado D-2604. DH-2952/53, agua de salida de desaireadores (alimentación a calderas 2951-55 y a los generadores de vapor de baja presión (50 y 150 psig) en los plantas de proceso de la unidad de Balance.

PROPIEDA D	Semana 1 15/08/08 2022830 80	Semana 2 20/08/08 20228617 9	Semana 3 28/08/08 20228937 3	Semana 4 02/09/08 20229327 7	Semana 5 10/09/08 2022971 59	DH-2951
PH	3,754	3,78	4,08	4,20	4,16	8,8 –9,3
Hierro (ppm)	0,015	0,021	0,023	0,02	0,019	,02 -,10
Dureza total (ppm CaCO3)	3,14	3,07	3,39	2,22		0 - 0,10
Conductivid ad (microhmio s/cm)	1385		32,4	44,4		694
Sílice (ppm SiO2)	0,051	0,205	0,011	0,049	0,105	,20-,50
Silicio (mg/L)	0,024	0,096	0,005	0,023	0,049	
Contenido de CO ₂ (ppm)	800,5		262	709,9	750,36	6 - 10
Aluminio (mg/l)-ppm			0,009			
Zinc total			0,018			

Tabla 4B. Caracterización condensado D-2604 realizada en el laboratorio de aguas del ICP

PROPIEDAD	09/12/08
PH	4,52 (24,6°C)
Dureza total (ppm CaCO ₃)	0,55
Conductividad (microhmios/cm)	19.5 (23.8°C)
Silicio (mg/L)	0,25537
Cloruros ppm	0,81

Tabla 4C. Caracterización del condensado D-2503 realizada en el laboratorio de aguas del ICP

PROPIEDAD	D-2503 ICP
PH	4,65 (23,8°C)
Dureza total (ppm CaCO ₃)	0,87
Conductividad (microhmios/cm)	21.7 (23.3°C)
Alcalinidad ppm (CaCO ₃)	0,6
Cloruros ppm	0,85

Tabla 5. Cromatografía solvente utilizado en el proceso de extracción DEMEX.
Presión de vapor calculada por la ecuación de Antoine de cada componente a la temperatura de operación.

	PROMEDIO	LN(P)	Kpa	Pa	psi	psig
METANO	0,14877	10,54224431	37882,49129	37882491,2	5492,9612	5507,661238
ETANO	0,51549	8,746605102	6289,300293	6289300,29	911,94854	926,6485426
ETILENO	0,07976	9,179730362	9698,537322	9698537,32	1406,2879	1420,987912
PROPANO	8,13383	7,401761506	1638,868767	1638868,76	237,63597	252,3359712
PROPILENO	0,14323	7,60834602	2014,942665	2014942,66	292,16668	306,8666864
ISO-BUTANO	32,92506	6,50936393	671,3992252	671399,225	97,352887	112,0528876
N-BUTANO	57,10842	6,223833061	504,6338218	504633,821	73,171904	87,87190416
TRANS-2-BUTENO	0,03260	6,144082522	465,9519524	465951,952	67,563033	82,2630331
1-BUTENO	0,04195	6,370307433	584,2374149	584237,414	84,714425	99,41442516
CIS-2-BUTENO	0,02105	6,068443119	432,0075736	432007,573	62,641098	77,34109817
1,3 BUTADIENO	0,00002	6,324189708	557,9055638	557905,563	80,896306	95,59630676
CICLOPENTANO	0,02254	4,604729202	99,95591131	99955,9113	14,493607	29,19360714
ISO-PENTANO	0,43777	5,288397998	198,0259332	198025,933	28,713760	43,41376032
N-PENTANO	0,18442	5,037726767	154,1192676	154119,267	22,347293	37,0472938

Tabla 6. Planteamiento de alternativas de recuperación condensado D-2604.
Análisis preliminar de ventajas y desventajas.

METODO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
TRATAMIENTO QUÍMICO (DESCARBANOTACION CON CAL)	Económico	Dosificación Disposición de residuos sólidos (carbonato de calcio producto reacción) Altas cantidades de cal Gran producción carbonato de calcio precipitado Deterioro calidad agua por aumento dureza Sistema Batch
TRATAMIENTO BIOLÓGICO	Producción biocrudo	Control crecimiento biológico Cultivo Deterioro condensado Sistema Batch
RESINAS DE INTERCAMBIO IÓNICO	No subproductos	Baja eficiencia Uso regenerante (soda) Resina sustitución durante regeneración.

DESPOJO CON VAPOR	No subproductos Sistema continuo Alta eficiencia Costos no elevados Baja perdida vapor	
DESPOJO CON AIRE Y SECUESTRANTE S DE O ₂	No subproductos	Disolución oxígeno. Secuestrantes de oxígeno. Compresor No calentamiento

Tabla 7. Tabla H-1 API. Guía de la selección de la clase del material

PRECAUCION : Esta tabla se elaboro como una guía general para plantas de procesos dentro de la zona y servicios de transferencia y cargue fuera de la zona. No se debe utilizar sin una revisión adecuada de los servicios específicos involucrados.

Servicio	Rango de Temperatura		Rango de Presión	Clase de Material	Vea la Nota de Referencia
	°C	°F			
Agua dulce, condensado, agua de torres de enfriamiento	<100	<212	Todo	I-1 o I-2	
Agua ebullición y agua de procesos	<120	<250	Todo	I-1 o I-2	5
	120-175	250-350	Todo	S-5	5
	>175	>350	Todo	C-6	5
Agua de alimentación (carga) a la caldera					
Dividida axialmente	>95	>200	Todo	C-6	
Doble carcaza (barril)	>95	>200	Todo	S-6	
Circulador de calderas	>95	>200	Todo	C-6	
Agua contaminada, agua del tambor de reflujo, extracción de agua, e hidrocarburos que contienen estas aguas, incluyendo las corrientes de reflujo	<175	<350	Todo	S-3 o S-6	6
	>175	>350	Todo	C-6	
Propano, butano, gas licuado del petróleo y amoniaco (NH ₃)	<230	<450	Todo	S-1	
Aceite diesel ; gasolina ; nafta ; kerosene ; gasóleos ; aceites de lubricación livianos, medios y pesados ; combustoleo ; residuos ; aceite crudo ; asfalto ; fondos crudos sintéticos.	<230	<450	Todo	S-1	6, 7
	230-370	450-700	Todo	S-6	
	>370	>700	Todo	C-6	6
Hidrocarburos no corrosivos, por ejemplo, reformado catalítico, isomaxato, aceite desulfurizados (sin azufre)	230-370	450-700	Todo	S-4	7
Xileno, tolueno, acetona, benceno, furfural, MEK, cumeno	<230	<450	Todo	S-1	
Carbonato de sodio, solución doctor	<175	<350	Todo	I-1	
Cáustica (hidróxido de sodio) concentración de ≤20%	<100	<210	Todo	S-1	8
	≥100	≥200	Todo	-	9
Agua de mar	<95	<200	Todo	-	10

Tabla 8. Materiales para partes de bomba centrífuga

La abreviatura por encima de la línea diagonal indica el material de la carcasa; la abreviatura por debajo de la línea diagonal indica un material de recorte. Las abreviaturas son como sigue: BRZ=Bronce, STL= acero, 12%CHR= 12% de cromo, AUS= acero inoxidable austenítico, CI= hierro fundido, 316 AUS= acero inoxidable austenítico tipo 316

Parte	Material de cumplimiento completo ^b ?	Clase de Material y Abreviatura del Material ^a													
		I-1	I-2	S-1	S-3	S-4	S-5	S-6	S-8	S-9	C-6	A-7	A-8	D-1	
		CI	CI	STL	STL	STL	STL	STL	STL	STL	12% CHR	AUS	316AUS	DUPLEX	
		CI	BRZ	CI	NI-RESIS	STL	STL 12% CHR	12% CHR	316 AUS	MONEL	12% CHR	AUS (1&2)	316AUS (1&2)	DUPLEX	
Carcasa a presión	Si	Hierro Fundido	Hierro Fundido	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	12% CHR	AUS	316 AUS	Dúplex	
Partes internas de la carcasa (cuencos, difusores, diafragmas)	No	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Hierro Fundido	Acero carbón	12% CHR	316 AUS	Monel	12% CHR	AUS	316 AUS	Dúplex	
Impeller	Si	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Acero carbón	Acero carbón	12% CHR	316 AUS	Monel	12% CHR	AUS	316 AUS	Dúplex	
Anillos de desgaste de la carcasa	No	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Hierro Fundido	12% CHR endurecido	12% CHR	Cara endurecida 316AUS (3)	Monel	12% CHR endurecido	cara endurecida AUS (3)	cara endurecida 316 AUS (3)	Dúplex (3)	
Anillos de desgaste del impeller	No	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Hierro Fundido	12% CHR	12% CHR endurecido	Cara endurecida 316AUS (3)	Monel	12% CHR endurecido	cara endurecida AUS (3)	cara endurecida 316 AUS (3)	Dúplex (3)	
Eje (2)	Si	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	AISI 4140	AISI 4140 (4)	316 AUS	K-Monel	12% CHR	AUS	316 AUS	Dúplex	
Manguito del eje, bombas empacadas	No	12% CHR endurecido 55 HRC	Bronce	12% CHR	12% CHR endurecido o cara endurecida	12% CHR endurecido o cara endurecida	12% CHR endurecido o cara endurecida	12% CHR endurecido o cara endurecida	Cara endurecida 316AUS (3)	K-Monel, endurecido	12% CHR endurecido o cara endurecida	cara endurecida AUS (3)	cara endurecida 316 AUS (3)	Dúplex (3)	
Manguitos del eje, sello s mecánicos	No	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	AUS o 12% CHR	K-Monel, endurecido	AUS o 12% CHR	AUS	316 AUS	Dúplex	
Bushings de garganta	No	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Hierro Fundido	12% CHR	12% CHR	316 AUS	Monel	12% CHR endurecido	AUS	316 AUS	Dúplex	
Manguitos inter-etapa	No	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Hierro Fundido	12% CHR endurecido	12% CHR endurecido	Cara endurecida 316AUS (3)	K-Monel, endurecido	12% CHR endurecido	cara endurecida AUS (3)	cara endurecida 316 AUS (3)	Dúplex (3)	
Bushings inter-etapa	No	Hierro Fundido	Bronce	Hierro Fundido	NI-resist	Hierro Fundido	12% CHR endurecido	12% CHR endurecido	Cara endurecida 316AUS (3)	K-Monel, endurecido	12% CHR endurecido	cara endurecida AUS (3)	cara endurecida 316 AUS (3)	Dúplex (3)	

Parte	Material de cumplimiento completo ^b ?	Clase de Material y Abreviatura del Material ^a												
		I-1	I-2	S-1	S-3	S-4	S-5	S-6	S-8	S-9	C-6	A-7	A-8	D-1
		CI	CI	STL	STL	STL	STL	STL	STL	STL	12% CHR	AUS	316AUS	DUPLEX
		CI	BRZ	CI	NI-RESIS	STL	STL 12% CHR	12% CHR	316 AUS	MONEL	12% CHR	AUS (1&2)	316AUS (1&2)	DUPLEX
Embolo de sello	Si	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	Monel	316 AUS (5)	316 AUS (5)	316 AUS (5)	Dúplex (5)
Tomillos de la carcaza y el émbolo	Si	Acero carbón	Acero carbón	AISI 4140 Acero	AISI 4140 acero	AISI 4140 acero	AISI 4140 acero	AISI 4140 acero	AISI 4140 acero	K-Monel endurecido (8)	AISI 4140 acero	AISI 4140 acero	AISI 4140 acero	Dúplex (8)
Empaque de la carcaza	No	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	316 AUS, devanado en espiral (6)	Monel, devanado en espiral PTFE (6)	AUS, devanado en espiral (6)	AUS, devanado en espiral (6)	316 AUS devanado en espiral (6)	Dúplex devanado espiral SS (6)
Cabezal de descarga caneca de succión	Si	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	AUS	AUS	316 AUS	Dúplex
Columna bushings del eje del cuenco	No	Nitrilo (7)	Bronce	Relleno de Carbón	Nitrilo (7)	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón	Relleno de Carbón
Fijadores soldados (tomillos)	Si	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	Acero carbón	316 AUS	316 AUS	316 AUS	K-Monel	316 AUS	316 AUS	316 AUS	Dúplex

Tabla 9. Análoga a tabla 8 para bombas reciprocantes.

Part	Material Class and Material Class Abbreviations ^a			
	I-1	I-2	S-1	S-2
	CI / CI	CI / BRZ	STL / CI	STL / HI ALLOY
Pressure-Retaining Parts				
Cylinder	Cast iron	Cast iron	Carbon steel	Carbon steel
Cylinder head, valve cover	Cast iron or carbon steel	Cast iron or carbon steel	Carbon steel	Carbon steel
Stuffing box carbon steel	Cast iron or carbon steel	Cast iron or	Carbon steel	Carbon steel
Gland	Cast iron or carbon steel	Cast iron or carbon steel	Carbon steel	Carbon steel
Bolting	Carbon steel	Carbon steel	AISI 4140 steel	AISI 4140 steel
Non-Pressure-Retaining Parts				
Lantern ring, throat bushing, packing follower	Cast iron, 12% chrome, or any stainless steel	Cast iron or bronze 12% chrome, or any stainless steel	Cast iron, or any stainless steel	12% Chrome
Valve and seat	Stainless steel	Bronze stainless steel	Carbon steel or any any stainless steel	12% Chrome or
Valve spring	Stainless steel	Bronze or stainless steel	Stainless steel stainless steel	Inconel or
Piston ^b	Cast iron	Cast iron	Cast iron	Ni-resist
Piston rod ^b	12% Chrome	12% Chrome	12% Chrome	12% Chrome
Piston ring ^b	Cast iron or nonmetallic	Nonmetallic	Cast iron or nonmetallic	Special cast iron or Ni-resist
Piston ring expander ^b	Cast iron or stainless steel	Stainless steel	Cast iron or stainless steel	Stainless steel
Plunger (power pumps) ^b	12% Chrome, hard surfaced	12% Chrome, hard surfaced	12% Chrome, hard surfaced	12% Chrome, hard surfaced
Plunger (direct-acting pumps) ^b	12% Chrome, hardened	12% Chrome, hardened	12% Chrome, hardened	12% Chrome, hardened
Cylinder liner ^b	Cast iron	Bronze	Cast iron	Ni-resist or 12% chrome

Note: This table is to be used as a guide.

^aThe abbreviation above the diagonal line indicates cylinder material; the abbreviation below the diagonal line indicates fitting material. Abbreviations are as follows: CI = cast iron, BRZ = bronze, STL = steel, HI ALLOY = high-temperature alloy.

^bApplies where applicable.

Como se puede observar no se cuenta con la clase del material para el fluido de trabajo agua contaminada con hidrocarburo por lo que se utiliza la tabla para bomba centrífuga

Tabla 10. Variación concentración de las especies de CO₂ presentes en el agua con pH

PH	[H⁺]	[HCO₃⁻]	[H₂CO₃]	[CO₃⁻]
0	1	0,0004128	799,999587	2,78256E-14
0,5	0,31622777	0,00130539	799,998695	2,78256E-13
1	0,1	0,00412798	799,995872	2,78255E-12
1,5	0,03162278	0,01305367	799,986946	2,78252E-11
2	0,01	0,04127787	799,958722	2,78242E-10
2,5	0,00316228	0,13051752	799,869482	2,78211E-09
3	0,001	0,41258711	799,587413	2,78113E-08
3,5	0,00031623	1,30326164	798,696738	2,77803E-07
4	0,0001	4,10680885	795,893188	2,76828E-06
4,5	3,1623E-05	12,8442968	787,155676	2,73789E-05
5	0,00001	39,2544564	760,745279	0,000264603
5,5	3,1623E-06	112,226102	687,771505	0,002392208
6	0,000001	272,289267	527,692378	0,018354203
6,5	3,1623E-07	495,952511	303,941772	0,105717064
7	0,0000001	669,751699	129,796841	0,451459528
7,5	3,1623E-08	752,292578	46,1038375	1,603584229
8	0,00000001	779,635496	15,109215	5,255288988
8,5	3,1623E-09	778,630933	4,77179691	16,59726974
9	1E-09	748,121524	1,44984792	50,4286276
9,5	3,1623E-10	659,1021	0,4039271	140,4939731
10	1E-10	477,821954	0,09260115	322,0854447
10,5	3,1623E-11	255,455754	0,01565547	544,5285909
11	1E-11	103,349567	0,0020029	696,6484296
11,5	3,1623E-12	35,8487647	0,0002197	764,1510156

Tabla 11. Diseño inicial ROHM AND HAAS CO para tratamiento condensado D-2604

Rohm and Haas Co

Carrera 7 No 113-43 of 804 Bogotá/Colombia

Phone: 57 3 145955568 / 57 1 6585124 jarbelaez@rohmmaas.com

<http://www.amberlite.com>

CALCULO DE UNA PLANTA DESMINERALIZADORA CON RESINAS DE INTERCAMBIO IONICO

Cliente	Ecopetrol	Fecha del proyecto	21 Nov 2008
Nombre del Proyecto	Tratamiento condensado con alto CO2	Fecha de impresión	21 Nov 2008 13:33:20
Código proyecto [ID]	Ecopetrol_cond211108 [152]	Asesor	Javier Arbeláez

Resina fuertemente básica de forma Cl

3. CARACTERIZACIÓN CONDENSADO [meq/L]

Ca :	0,060	Cl :	0.000)EMA	0.000	
K :	0,000	HCO ₃ :	17,000	CO ₂	1,000	(después del desgasificador)
NH ₄ :	0,000			SiO ₂	0,0200	
Total Cationes	0,060	Total Aniones	17,000		1,020	(después del desgasificador)

Aniones excedentes Libres 1700
CO₂

Temperatura 49 °C pH 4,00

Orgánicos 0 mg/L as KMnO₄

4. Datos de Operación

Flujo por línea 15,0 m³/h net 15,2 m³/h gross

Tiempo corrida 80,0 horas 1 200 m³

Regenerantes 98 % H₂SO₄ 50 % NaOH

5. CALCULO DE INTERCAMBIADORES

Tipo de resina	Amberjet1300 H	Amberjet4400 Cl
Volumen resina [litros]	378	1650
Forma iónica de referencia para el cálculo	Na	Cl
Volumen de compra[L]	400	
Tiempo corrida [h]	80,0	80,0
Rendimiento bruto [m ³]	1221	1221
Carga iónica [eq]	73	1245
Carga orgánica [g/L R as KMnO ₄]		0
Capacidad de operación [eq/l R]	0,9	0,75
Tasa de flujo [BV/h]	40,3	9,2
	Amberpack	
Modo de regeneración	Reverse	Amberpack Reverse

Tipo regenerante	H ₂ SO ₄	NaOH (49°C)
Concentración [%]	2,0	3,0
Tasa de regenerante [% teórico]	5681	327
Nivel de regenerante [g/L R]	539	99
Total regen. [kg 100%]	204	163
Consumo [g/m ³ agua]	169,8	135,7
Exceso de regenerante [eq]	4085	4072
Dilución de agua [m ³]	10,0	5,1
Total agua residual [m ³]	21,6	
TDS of waste [meq/L]	269	
<i>Factores de seguridad</i>	<i>0,10</i>	<i>0,91</i>
DIMENSIONES Y CAIDA DE PRESIÓN		
Diámetro externo [mm]	600	1200
Área de filtrado [m ²]	0,27	1,09
Velocidad lineal [m/h]	57	14
Ancho resina en forma recogida [mm]	1411	1509
Ancho resina en forma hinchada [mm]	1424	1826
Ancho resina al final de la corrida [mm]	1416	1671
Caída de presión [kPa]	49	16

Tabla 12. Producción de biomasa y crecimiento de inóculos de baja y alta densidad de *Chlorella* sp. para diferentes concentraciones de CO₂. Tratamiento biológico.

CO ₂ aeration	Biomass (cell dry weight, g L ⁻¹) ^{b,c}	Specific growth rate (μ, d ⁻¹) ^d
<i>Low-density inoculum (8 × 10⁶ cells mL⁻¹)</i>		
Air ^a	0.537 ± 0.016	0.230
2%	1.211 ± 0.031	0.492
5%	0.062 ± 0.027	0.127
10%	0.010 ± 0.003	–
15%	0.009 ± 0.001	–
<i>High-density inoculum (8 × 10⁶ cells mL⁻¹)</i>		
Air	0.682 ± 0.007	0.248
2%	1.445 ± 0.015	0.605
5%	0.899 ± 0.003	0.343
10%	0.106 ± 0.001	–
15%	0.099 ± 0.001	–

^a CO₂ concentration in the air is around 0.03%.

^b Biomass was measured when the cells grew up to the plateau stage in the culture.

^c Each data indicates the mean ± SD, which were measured from three independent cultures.

^d Specific growth rate was obtained on the exponential logarithmic growth phase by day during the cultivation. The exponential logarithmic growth phase was from 1 to 2 days batch culture with different concentrations of CO₂ aeration.

Tabla 13. Recuento de lípido y biomasa producida por la *Chlorella* sp. para uno y seis fotobioreactores a diferentes concentraciones de CO₂.

CO ₂ aeration (%)	Total lipid productivity (g d ⁻¹)		Total biomass productivity (cell dry weight, g d ⁻¹)	
	In single photobioreactor ^a	In six-parallel photobioreactors ^b	In single photobioreactor	In six-parallel photobioreactors
2	0.143 ± 0.020	0.852 ± 0.133	0.422 ± 0.061	2.560 ± 0.312
5	0.130 ± 0.011	0.773 ± 0.060	0.393 ± 0.040	2.343 ± 0.232
10	0.124 ± 0.029	0.770 ± 0.131	0.366 ± 0.089	2.154 ± 0.511
15	0.097 ± 0.007	0.601 ± 0.055	0.295 ± 0.031	1.743 ± 0.144

Each data indicates the mean ± SD, which were measured daily from day 1 to day 8.

^a The culture volume in a photobioreactor is 800 mL. Daily waste broth was 400 mL.

^b Sum of the production from six units of photobioreactor. The medium volume in each photobioreactor is 800 mL. Sum of daily waste broth was 2400 mL.

Tabla 14. Principales características sistema de desaireador D-4652
hidrotratamiento.

VARIABLE	VALOR	TANQUE ACUMUL ADOR	TORRE DESPOJ ADORA
Tipo		Cilindro Horizontal	Cilindro vertical
Diámetro interno (mm)		1000	2120
Altura (mm)		1800	4200
Longitud total (mm)		3024	5750
Presión de operación (psig)	6		
Presión de diseño (psig)	51		
Temperatura de operación (°F)		230	367
Temperatura de diseño (°F)	750		
Flujo de agua desaireada	93311 lb/h= 187 gpm		
CO ₂ residual (ppm)	menos de 10		
O ₂ residual (ppm)	menos de 0,007		
Entrada de agua	4 boquillas de dispersión tipo cono vacío. Conexión de tubería 2" ¼. Material SS AISI 316L. Caída de presión nominal 0.5 bares		

Tabla 15. Descripción corrientes contenidas en figura 19

CORRIENTE	DESCRIPCION	FLUJO MASICO (LB/H)	FLUJO VOLUMETRICO (GPM)	TEMPERATURA (°F)	Presión (psig)
18	Condensado D-4654/55	22156	45	193	29
19	Agua desgasificada	93311	181	415	481
25	Agua desgasificada antes E-4653	93311	181	230	6
20	Agua desmineralizada	68029	136	88	90
21	Purga caldera D-4651				
23	Vapor 50 psig	3786		360	50
24	Venteo atmosfera	660		230	6

Tabla 16. Descripción corrientes contenidas en figura 20

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FLUJO MASIC O (LB/H)	FLUJO VOLUMETRIC O (GPM)	TEMPERATURA (°F)	Presión (psig)
1	Condensado D-2604	27522	55	120	15
2	Vapor 50 psig	1155*		350	50
3	Venteo atmosfera	201*		142*	6
4	Agua desgasificada	28476*	57	142*	6
5	Agua desmineralizada	25020	50	397	800
6	Afluente B-2601	53496*	105	142*	800

Tabla 17. Descripción corrientes contenidas en figura 21

CORRIENTE	DESCRIPCIÓN	FLUJO MÁSICO (LB/H)	FLUJO VOLUMÉTRICO (GPM)	TEMPERATURA (°F)	Presión (psig)
1	Condensado D-2604	27522	55	120	15
2	Vapor 50 psig	1155*		350	50
3	Venteo atmosfera	201*		142*	6
4	Agua desgasificada	28476*	57	142*	6
5	Agua desmineralizada	25020	50	320	800
6	Afluente B-2601	53496*	105	142*	800

*Valores calculados a partir del diseño D-4652 hidrotratamiento presentados en la tabla 15.

Tabla 18. Datos de diseño y operación presentados por CANNON BONO ARTES para tratamiento de desgasificación condensado D-2604

FLUIDO	TEMPERATURA °F	FLUJO TOTAL (L/h)
Condensado	120	27522
Vapor alimentación	367	3264
Venteo	230	298
Agua desaireada	230	30488

Tabla 19. Características físicas desaireador propuesto por CANNON BONO ARTES para tratamiento del condensado del D-2604.

CARACTERISTICAS FISICAS	TORRE DESPOJADORA	TANQUE ACUMULADOR
TIPO	Vertical	Horizontal
DIAMETRO	800 mm	1500 mm
ALTURA	2700 mm	4000 mm
PESO VACIO	2700 Kg	2800 Kg
CABEZAS	Elíptica 2:1	Elíptica 2:1
MATERIAL	ASTM516 Gr. 60	ASTM A516 Gr. 60
ESPELOR CASCO	6 mm	8 mm
ESPELOR CABEZA FONDO/CIMA	6 mm	8 mm

Tabla 20. Propuesta desaireador CANNON BONO ARTES para tratamiento condensado D-2604.

ACCESORIOS TORRE	ACCESORIOS TANQUE	EXCLUSIONES	INCLUSIONES
Boquillas atomizadoras AISI 304 Paquete AISI304 Aislamiento y rejilla de soporte Manhole	Aislamiento y rejilla de soporte Manhole	Obra civil Aislamiento térmico Levantamiento y ensamble en el sitio Transporte al sitio de montaje Válvula de seguridad Instrumentación y válvulas Nivelador de presión Válvula de drenaje	Diseño e ingeniería (documentación técnica) Compras materiales Manufactura y trabajo de ensamble Inspecciones radiográficas al 10% Válvula venteo Tubería de distribución interna de vapor Partes de repuestos para el arranque

Anexo 1. Resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio de aguas del ICP
para caracterización condensado D-2503 y D-2604

SUBMISSION	100081320						
SAMPLE ID					200388003	200388004	
MATERIAL NAME					AGUAS	AGUAS	
MATERIAL TYPE	TODOS				AGUAS RESIDUALES	AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES	
FECHA ENTRADA CRM					09/12/2008 15:17	09/12/2008 15:17	
FECHA SALIDA CRM					10/12/2008 15:00	10/12/2008 15:00	
FECHA DE MUESTREO					09/12/2008 00:00	09/12/2008 00:00	
IDENTIFIC. MUESTRA					DEMEX D-2604	DEMEX D-2503	
DESCRIPCION MUESTRA					MTREO DEMEX - GRB	MTREO DEMEX - GRB	09-12-08
DISTRITO ECP					GRB	GRB	
SITIO DE MUESTREO					GRB	GRB	
PUNTO DE MUESTREO					D-2604	D-2503	
CAUDAL (L/S)							
TEMPERATURA AMBIENTE (GR C)					NO IDENTIFICADO	NO IDENTIFICADO	
TEMPERATURA DEL AGUA (GR C)					NO IDENTIFICADO	NO IDENTIFICADO	
PLANTA					U-2500 DEMEX	U-2500 DEMEX	
TIPO DE MUESTRA REFINERIAS							
MUESTRA TOMADA POR					LAURA GODOY	LAURA GODOY	
ENTREGADA POR					LAURA GODOY/MARIA	LAURA GODOY/MARIA PIEDAD DIAZ	
TIEMPO EN CUSTODIA(DIAS)							
FECHA DE CUSTODIA							
CANTIDAD EN CUSTODIA							
CAPACIDAD DEL RECIPIENTE EN CUSTODIA							
OBSERVACIONES					No se reporta	El pH inicial de la	
LABORATORIO	METODO	COMPONENTE	Con	UNIDAD	200388003	200388004	
LAS	ALCALINIDAD TOTAL EN AGUAS	ALCALINIDAD TOTAL	1	mg CaCO3/L *		0,6	
LAS	CLORUROS EN AGUAS POR I.C.	CLORUROS	1	mg/L	0,81	0,85	
LAS	CONDUCTIVIDAD EN AGUAS	CONDUCTIVIDAD / T	1	micromhos/cm	19.5/23.8	21.7/23.3	
LAS	DUREZA TOTAL EN AGUAS	DUREZA TOTAL	1	mg CaCO3/L	0,55	0,87	
LAS	PH / T (GR C) EN AGUAS	PH / T (GR C) EN AGUAS	1	Uni. pH	4.52/24.6°C	4.65/23.8°C	
LE	ANALISIS CUANTITATIVO DE AGUAS ICP/MS-1	SILICIO POR ICP-MS	1	microg/L	255,37		

Anexo 2. Informe del laboratorio de fenómenos interfaciales y reología ICP sobre
caracterización del condensado D-2503 y pruebas con rompedores de emulsión
como alternativa de recuperación

INSTITUTO COLOMBIANO DEL PETROLEO



SERVICIOS TÉCNICOS Y LABORATORIOS
COORDINACIÓN LABORATORIOS Y PLANTAS PILOTO REFINACIÓN Y TRANSPORTE

FIR 80845

Piedecuesta, Nov 27 de 2008

PARA: MARIA FERNANDA CAMACHO FUENTES
Gerencia Barrancabermeja

DE : LILIA RODRIGUEZ RODRIGUEZ

**REF: PRUEBAS PARA EVALUAR ALTERNATIVAS ROMPIMIENTO
EMULSION DE DEMEX**

Nos permitimos enviar el informe correspondiente a pruebas de la referencia.

Cordialmente,

LILIA RODRIGUEZ RODRIGUEZ
Lider Laboratorio Fenómenos Interfaciales & Reología

*Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser reproducidos en forma parcial.
En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a Calidad-HSEQ.*

Página 1 de 7

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Tel: (976) 331991 - (976) 443420 Fax: (976) 443444
A.A. 4185 Bucaramanga
Kilometro 7 1/2 Piedecuesta
Santander - Colombia

FGL-11



SERVICIOS TÉCNICOS Y LABORATORIOS
COORDINACIÓN DE LABORATORIOS Y PLANTAS PILOTO DE REFINACIÓN Y
TRANSPORTE
SUBMISSION: 100038737

PRUEBAS PARA EVALUAR ALTERNATIVAS ROMPIMIENTO EMULSION DE DEMEX

Fecha(s) recepción de muestra(s): Nov 24 -2008

Fecha(s) análisis de muestra(s): Nov 24-2008

Fecha generación del informe: Nov 27-2008

CERTIFICADO DE ANALISIS

Todos los resultados analíticos contenidos en el presente reporte se han obtenido siguiendo los procedimientos estándares de análisis del Laboratorio de Fenómenos Interfaciales & Reología según resolución Resolución N° 35719 de noviembre 7 de 2002, y 2003. Adicionalmente todos los laboratorios del ICP están certificados por el ICONTEC conforme a la norma NTC ISO 9001 según código No. 642-1 de 2001.

Cualquier desviación de los procedimientos estándares será descrita en el informe anexo.

Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser reproducidos en forma parcial.

En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a Calidad-HSEQ.

Página 2 de 12

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Tel (976) 331001 - (976) 445420 Fax: (976) 445444
A.A. 4185 Bucaramanga
Kilometro 7 Via Piedecuesta
Santander - Colombia

FGL-13



1. ANTECEDENTES

En diciembre del año pasado y debido a la sequía que disminuye el flujo tratado en PTAR desde 5000 a 3000 gpm aprox., se observó la presencia de una emulsión que no se rompe con el tratamiento realizado por la empresa Clariant en la etapa de clarificación. Se determinó que la emulsión provenía del D-2503 de la planta demex por lo que se procedió a realizar análisis al condensado que arrojaron los siguientes análisis:

Flujo: 34-40 gpm

Emulsión inversa: aceite en agua

Destilación simulada. Temperaturas más bajas que las del DMO típico.
Posibles contaminantes: Componentes livianos del DMO. El condensado proviene del proceso posterior al despojo con vapor de DMO para retirar el solvente.

Se hace necesario romper la emulsión inversa para recuperar el condensado.

2. OBJETIVO

Realizar análisis para establecer el tipo y dosificación de rompedor inverso a aplicar en EMULSION de CONDENSADO DEMEX D-2503 que garantice el rompimiento de fases AGUA-HIDROCARBURO y poder recuperar el condensado.

Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser reproducidos en forma parcial.

En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a Calidad-HSEQ.

Página 4 de 12



2. PRUEBAS, METODOLOGÍA & EQUIPOS

EVALUACION EFICIENCIA ROMPEDORES

INVERSOS (Lab FIR)

Metodología: ICP.PTE. 119.013

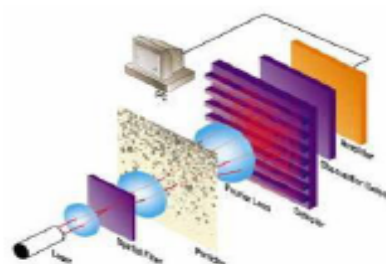
EQUIPO: Baños termostatados Haake-SW20

DISTRIBUCION Y TAMAÑO DE PARTICULA (Lab FIR)

Metodología: ICP.PTE. 119.018

EQUIPO: Analizador Mastersizer Malvern

Incertidumbre : +/- 1% (D(v; 0.50))



Principio de medición

4. MUESTRAS ANALIZADAS

Identificación:

EMULSION de CONDENSADO DEMEX D-2503

Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser reproducidos en forma parcial.

En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a Calidad-HSEQ.

Página 5 de 7

CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
Tel: (976) 551001 - (976) 445420 Fax: (976) 445444
A.A. 4185 Bucaramanga
Kilometro 7 Via Piedecuesta
Santander - Colombia

FGL-12

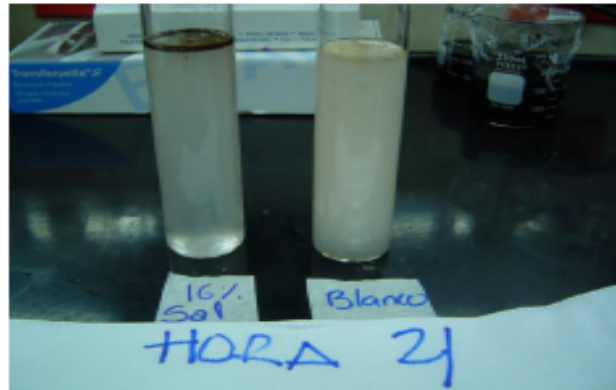
5. Evaluación con otras alternativas diferentes a rompedores inversos comerciales.

Dentro de las opciones empleando sales, entre estas, Cloruro de Sodio, (NaCl), Sulfato de Bario, Ba_2SO_4 y Sulfato de Aluminio, (alumbre de aluminio) $Al_2(SO_4)_3$; se apreciaron efectos importantes.

De estas sales, el Cloruro de sodio, resultó el más efectivo mostrando remoción de la fase oléica; proceso que inicia a las 4 horas y a las 16 horas llega al 100%, con adiciones del 10% (100.000 ppm).

Se están realizando pruebas para optimizar cantidad de cloruro de sodio que permita con la menor dosificación mantener el 100% de la remoción .

Los resultados pueden apreciarse en los registros fotográficos (Der:).






6. CONCLUSION y RECOMENDACIONES

Se estableció que el cloruro de sodio aplicado a la emulsión a temperatura de 32°C y en adiciones hasta ahora del 10% separa efectivamente el condensado del agua, con remociones del 100% bajo condiciones estáticas y este proceso puede ser mejorado en la medida que haya movimiento de fases.

*Los datos aquí reportados corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no pueden ser reproducidos en forma parcial.
En caso de queja o reclamo favor dirigirse en comunicación escrita a quien firma el informe con copia a Calidad-HSEQ.*

Página 8 de 12

Anexo 3. Data sheet del equipo desaireador termo físico propuesto por los proveedores CANNON BONO ARTES para la recuperación del condensado del D-2604

		 Producer of Over 50 Years of Energy & Ecology Technology for the Protection of the Environment		 Sheet 1 / 5	
THERMOPHYSICAL DEAERATOR DATA SHEET					
Client		ECOPETROL		Offer	481.DM.08
Project				Date	16-dic-08
Site				Type	
DESIGN CONDITION					
1	Design Pressure tower/tank	bar-g	2.5		
2	Design Temperature tower/tank	*C	150		
3	Design code	ASME VIII div.1			
4	Design certification	None			
OPERATING CONDITION					
5	Operating Pressure	bar-g	0.44		
6	Operating Temperature	*C	110		
7	Deaerated Water Capacity	ton/h	14		
8	Maximum Residual Oxygen	ppm	0.020		
9	Make Up Water Flowrate	ton/h	12.48		
10	Make Up Water Temperature	*C	49		
11	Condensate Water Flowrate	ton/h	0.00		
12	Condensate Water Temperature	*C	n.a.		
13	Steam Flowrate	ton/h	1.481		
14	Steam Pressure	bar-a	3.44		
15	Steam Temperature	*C	186		
16	Vent rate	kg/h	133		
OVERALL DIMENSIONAL DATA					
17	Empty weight (internal excluded)	kg	3400		
18	Working weight (internal excluded)	kg	11800		
19	Hydrostatic test weight	kg	14500		
20	Overall height	mm	4600		
21	Overall length	mm	5150		
VALVES					
		DN		TYPE	
22	<input type="checkbox"/> Pressure Safety Valve				
23	<input checked="" type="checkbox"/> Vacuum breaker valve	50			
24	<input type="checkbox"/> Steam Pressure control valve				
25	<input type="checkbox"/> Make-Up control valve				
26	<input type="checkbox"/> Return condensate manual valve				
27	<input type="checkbox"/> Condensate control valve				
28	<input checked="" type="checkbox"/> Vent Valve	50		valve + orifice + by	
29	<input type="checkbox"/> ON/OFF Overflow valve				
30	<input type="checkbox"/> Self regulating steam valve				
INSTRUMENTATION					
31	<input type="checkbox"/> Pressure Transmitter				
32	<input type="checkbox"/> Temperature Transmitter				
33	<input type="checkbox"/> Level Transmitter				
34	<input type="checkbox"/> LSL, LSH				
35	<input type="checkbox"/> LSHH				
36	<input type="checkbox"/> Temperature Gauge				
37	<input type="checkbox"/> Pressure Gauge				
38	<input type="checkbox"/> Level Gauge				
39	<input type="checkbox"/> 2nd Temperature Gauge				
40	<input type="checkbox"/> 2nd Pressure Gauge				
TOWER DATA					
41	Type	vertical		Spray & Tray	
42	Diameter	mm		800	
43	Cylindrical Length	mm		2000	
44	Tower Material			A 516 gr. 60	
45	Corrosion Allowance	mm		3	
46	Wall Thickness	mm		6	
47	Head Thickness	mm		6	
48	Spray nozzle type			fixed area	
49	Empty Weight	kg		2664	
DRUM DATA					
50	Diameter	mm		1500	
51	Cylindrical Length	mm		4000	
52	Drum Material			A 516 gr. 60	
53	Corrosion Allowance	mm		3	
54	Net Volume (hl-ll)	m ³		6.9	
55	Hold Up Time	min		28.43	
56	Geometric Volume	m ³		8.1	
57	Wall Thickness	mm		8	
58	Head Thickness	mm		8	
59	Empty Weight	kg		2691	
60	Stand pipes	n.		fill in	
61	Saddles	n.		2	
NDE					
62	<input type="checkbox"/> PMI				
63	<input type="checkbox"/> HARDNESS CHECKS				
64	<input checked="" type="checkbox"/> DYE PENETRANT TEST				
65	<input type="checkbox"/> FERRITE TEST				
66	<input type="checkbox"/> MT test				
67	<input type="checkbox"/> UT test				
68	<input type="checkbox"/> PWHT				
69	<input checked="" type="checkbox"/> Radiography			spot	
FLANGES and PIPING					
70	Flange type at battery limits			ANSI#150	
71	Flange type within battery limits			ANSI#150	
72	<input type="checkbox"/> Water piping			A 106	
73	<input checked="" type="checkbox"/> Steam piping	sch. 40		A 106	
74	Manholes, g. ty / type	I/	ANSI#150	with drain	
75	Gaskets type			standard	
76	Inlet degassing steam nozzle positioned on			not defined	
77	Make-up water and condensate streams			not defined	
78	Ladders and platforms			excluded	
79	Sustaining frame			excluded	

Anexo 4. Propuesta técnica y comercial del desaireador termo físico propuesto por los proveedores CANNON BONO ARTES para la recuperación del condensado del D-2604



*Offer no.: 481.DM.08
Client: ECOPETROL
Date: 16/12/2008*

**TECHNICAL PRICED PROPOSAL
481.DM.08**

DEAERATOR Z1/12

ECOPETROL



Offer no.: 481.DM.08
Client: ECOPEPETROL
Date: 16/12/2008

2. PROCESS SPECIFICATIONS

In the Boiler Feed Water dissolved gases such as oxygen and carbon dioxide must be reduced to the lowest level in order to prevent boilers and steam circuits from corrosion.
The thermo-physical deaeration process is by far the most applied technology when a reduction of oxygen to negligible concentrations is required.

The Boiler Feed Water, if in equilibrium with the atmosphere, may contain significant levels of corrosive gases, mainly carbon dioxide and oxygen, the concentration of which has to be strictly controlled to avoid corrosion in the boiler and steam circuit.

In high-pressure power plants dissolved oxygen should be reduced to levels of negligibility. Corrosive gases can be removed by either physical or chemical means. Dissolved gases are removed by reducing the partial pressure of oxygen and carbon dioxide over the liquid surface by replacing air with steam. In order to establish the equilibrium for oxygen and carbon dioxide between the liquid and vapour phases the contact area is increased by spraying the liquid and making it fall on metallic plates. Steam is moreover employed as stripping and heating medium because of the reduced solubility of gases at higher temperature.

Therefore operation at pressures higher than the atmosphere enables the establishing of more favourable equilibrium conditions because of the decreasing solubility of gases at increasing temperature.

The degassing process is achieved in the deaerating tower where make-up water or oxygen-rich condensate are firstly atomised through spray-nozzles in contact with the out-coming steam. Water then falls on a set of special stainless steel packing that increases the contact surface between water and steam. Oxygen and carbon dioxide are stripped by the steam flow and vented through a calibrated orifice or a throttling valve.

Deaerated water is collected in the storage tank so as to assure an adequate "Hold-up" time for the boilers downstream.

Operating pressure in the Deaerator is maintained by a self-actuated valve, or by a control valve on the steam line, regulated by a pressure transmitter (outside of scope of supply).

Due to the possible "lifting" action done by steam on falling water, the deaerating tower has to be carefully designed in order to prevent occurrence of "flooding".

Since strictly related to the process conditions the following accessories are normally supplied together with the deaerator:

- Spray nozzles
- Tower packing
- Venting control device

According to the design capacity and steam flow, the deaerating tower is arranged on an vertical geometry so as, in the latter case, a larger surface of mass and heat transfer is implemented while not exceeding the shipping limitations.

Deaerators are designed by BONO Artes on its own proprietary deaerating technology developed with dedicated heat & mass.-transfer simulation models leading to the complete understanding of the most variegated process conditions.



Offer no.: 481.DM.08
 Client: ECOPETROL
 Date: 16/12/2008

Further a wide experience has been developed providing stainless-steel deaerating towers and tanks where particular design conditions are requesting the same.

3. TECHNICAL DATA

3.1 OPERATING & DESIGN DATA

The Deaerator has been designed on the following conditions

PHASE 1

FLUID	TEMPERATURE °F	TOTAL FLOW RATE L/h
Make up inlet	120	27522
Steam Inlet	367	3264
Vent losses	230	298
Deaerated water	230	30488

Mechanical parts are designed on the following data:

- maximum design temperature : 150°C
- design pressure : 0.25 MPa-g
- corrosion allowance : 3 mm
- Pressure Vessels : ASME VIII div.1

3.2 PROCESS GUARANTEES

- Max. O₂ residual content : 0,02 ppm
- Max. CO₂ residual content : 0,01 ppm

3.3 DEAERATING TOWER

- arrangement : vertical
- diameter : 800 mm
- height : 2000 mm
- preliminary empty weight : 2700 kg
- heads : elliptical 2:1
- material : ASTM516 Gr.60
- shell THK : 6 mm
- bottom/top head THK : 6 mm

Accessories:

- spray nozzles AISI304 made
- plates pack AISI304 made
- insulation & ladder supports
- manhole



Offer no.: 481.DM.03
Client: ECOPETROL
Date: 16/12/2008

3.4 STORAGE TANK

- arrangement	:	horizontal
- diameter	:	1500 mm
- length	:	4000 mm
- preliminary empty weight	:	2800 kg
- heads	:	elliptical 2:1
- material	:	ASTM A516 Gr.60
- shell THK	:	8 mm
- heads THK	:	8 mm

Accessories:

- insulation & ladder supports
- manhole

4. EXCLUSIONS

- all civil works
- thermal insulation
- erection and assembling on site
- transport to site
- everything not expressly mentioned
- Safety valve
- Instrumentation & valves
- Overflow valve
- Vacuum breaker

5. INCLUSIONS

- Design & engineering (technical documentation)
- Materials purchasing
- Manufacturing and workshop assembling
- 10% X-Rays Inspections
- Vent Valve
- Internal steam distribution pipe
- Spare parts for commissioning



Offer no.: 481.DM.08
 Client: ECOPEPETROL
 Date: 16/12/2008

6. MAIN VENDOR LIST

No	Item	Subvendor
1	Pressure Vessels	ARTES INGEGNERIA SPA
2	Plate manufacturers	CORUS, VITKOVICE STEEL, OUTOKUMPO or equivalent on the basis of market availability
3	Pipe (carbon & alloy steel – SMLS & seam)	DALMINE S.P.A., PIETRA, DALMINE (TENARIS), VALLOUREC INTERNATIONAL, TUBOS REUNIDOS or equivalent on the basis of market availability
4	Pipe (stainless steel)	AVESTA SANDVIK, VALLOUREC INTERNATIONAL or equivalent on the basis of market availability
5	Fitting (carbon & alloy steel – SMLS & seam)	FILPEMTO, FERRARI, RACCORTUBI or equivalent on the basis of market availability
6	Fitting (stainless steel SMLS & seam)	FILPEMTO, FERRARI, RACCORTUBI or equivalent on the basis of market availability
7	Fitting (forged steel CS Alloy SS)	FILPEMTO, FERRARI, RACCORTUBI or equivalent on the basis of market availability
8	Flanges (CS Alloy & SS)	FILPEMTO, FERRARI, FRIULANA FLANGE e or equivalent on the basis of market availability
9	Gaskets	TEADIT, SEVAL or equivalent on the basis of market availability
10	Bolt & Nuts	BULLONERIA VILLA, NUOVA BULLONERIA ITALIANA or equivalent on the basis of market availability
11	Paint Manufacturers	JOTUN PAINTS, VENEZIANI, CARBOLINE



Offer no.: 481.DM.08
Client: ECOPETROL
Date: 16/12/2008

7. CLARIFICATION LIST

Pos.	Description
1	Ladders and platform quoted as price per kg. Design to be agreed during detailed engineering.

8. SPARE PARTS

8.1 SPARE PARTS FOR COMMISSIONING AND START UP (INCLUDED IN THE SCOPE OF SUPPLY)

Pos.	Description
1	10 % Bolts and Nuts
2	200 % Gaskets

9. GUARANTEE

The Deareator is guaranteed for 18 months since the site-acceptance date of the Unit, no longer 36 months since the date of goods ready for shipping.

Artes Ingegneria SpA assures that the equipment shall be in conformity with the present technical description. All parts included in the package shall be free from defects.

All parts found defective in design, manufacturing or assembling will be replaced ex our works. All consumables are excluded from the mechanical guarantees

ARTES Ingegneria S.p.A.
Bono Group
Mauro MONTI



Offer no.: 481.DM.08
Client: ECOPETROL
Date: 16/12/2008

COMMERCIAL PROPOSAL
481.DM.08

DEAERATOR Z1/12

ECOPETROL



Offer no.: 481.DM.08
Client: ECOPEPETROL
Date: 16/12/2008

1. PRICE

DEAREATOR

- Scope of supply as per the Technical Bid 481.DM.08
€ (EUR) 55'000.-
- Ladders and platform
€ (EUR)/kg 4,5 .-

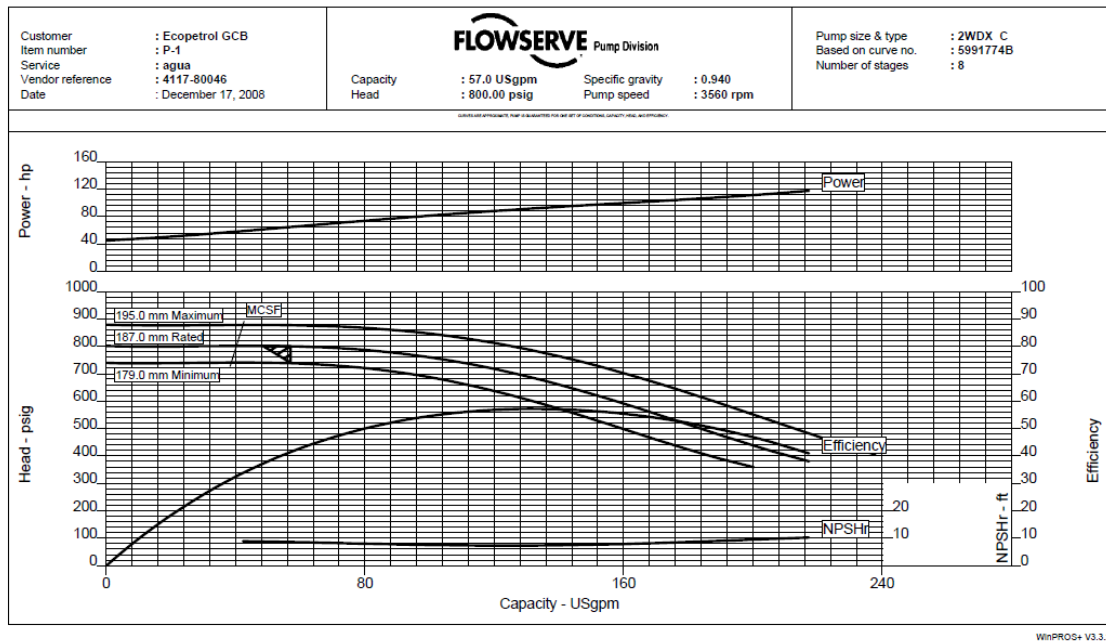
ON SITE ACTIVITIES including erection, commissioning and start-up supervision
(travel, lodging, hotel accommodations excluded).
€ (EUR) 1'200 .-day/person

COMMERCIAL CONDITIONS

- ☐ Offer validity : 90 days
- ☐ Delivery terms : - EXW Oliveto Citra (SA - Italy) – Artes' workshop
- ☐ Delivery time : 6 months after order
- ☐ Payment terms : to be agreed.

ARTES Ingegneria S.p.A.
BONO Group
Mauro MONTI

Anexo 5. Información técnica de la bomba requerida para la propuesta de tratamiento del condensado del D-2604 esquematizada en la figura 20 y 21 presentada por los proveedores FLOWSERVE Pump division



Customer	: Ecopetrol GCB	Pump / Stages	: 2WDX C / 8
Customer reference	: agua bomba	Based on curve no.	: 5091774B
Item number	: P-1	Vendor reference	: 4117-80046
Service	: agua	Date	: December 17, 2008
Operating Conditions		Materials / Specification	
Capacity	: 57.0 USgpm	Material column code	: M2
Water Capacity (CQ=1.00)	: -	Pump specification	:
Normal capacity	: -	Other Requirements	
Total Developed Head	: 800.00 psig	Hydraulic selection : No specification	
Water head (CH=1.00)	: -	Construction : No specification	
NPSH available (NPSHa)	: Ample	Test tolerance : API-610 8th Edition	
NPSHa less NPSH margin	: -	Driver Sizing : Max Power(MCSF to EOC)with SF	
Maximum suction pressure	: 6.0 psig		
Liquid			
Liquid type	: Other		
Temperature / SG	: 200 °F / 0.940		
Solid Size - Actual / Limit	: - / 0.00 mm		
Viscosity / Vapor pressure	: 0.3 cP / 0.05 psia		
Performance			
Hydraulic power	: 26.6 hp	Impeller diameter	
Pump speed	: 3500 rpm	Rated	: 187.0 mm
Efficiency (CE=1.00)	: 41.4 %	Maximum	: 195.0 mm
		Minimum	: 179.0 mm
NPSH required (NPSHr)	: 8.6 ft	Suction specific speed	: 9510 US units
Rated power	: 64.1 hp	Minimum continuous flow	: 40.4 USgpm
Maximum power	: 118 hp	Maximum head @ rated dia	: 801.0 psig
Driver power	: 125 hp / 93.2 kW	Flow at BEP	: 132.0 USgpm
Casing working pressure	: 805.5 psig	Flow as % of BEP	: 43.2 %
(based on shut off @ out dia)		Efficiency at normal flow	: -
Maximum allowable	: 928.3 psig	Impeller dia ratio (rated/max)	: 95.9 %
Hydrostatic test pressure	: 1302.3 psig	Head rise to shut off	: 0.1 %
Est. rated seal chamb. press.	: -	Total head ratio (rated/max)	: 91.2 %

Customer	: Eco petrol GCB			Pump / Stages	: 2WDX C / 8	
Customer reference	: agua bomba			Based on curve no.	: 50917748	
Item number	: P-1			Vendor reference	: 4117-80046	
Service	: agua			Date	: December 17, 2008	
Construction					Driver Information	
Nozzles	Size	Rating	Face	Pos'n	Manufacturer	: TEFV FPD choice
Suction	3"	ANSI #250	RF	Top	Power	: 125 hp / 83.2 kW
Discharge	2.0	ANSI #300	RF	Top	Service factor (req'st / act)	: 1.15 / 1.15
Casing mounting					Speed	: 3600 rpm
Casing split					Orientation / Mounting	: Horizontal / Foot
Impeller type					Driver Type	: NEMA Motor
Bearing Type (Rad/Thr)					Frame-size / material	: 444TS / Iron
Bearing lubrication					Enclosure	: TEFC-PE
Rotation (view from cplg)					Hazardous area class	: -
					Explosion "T" rating	: -
					Volts / Phase / Hz	: 460 / 3 / -
					Amps-full load/locked rotor	: 147.00 / 948.00
					Motor starting	: Direct on line (DOL)
					Insulation	: F
					Temperature rise	: 80 °C
					Motor mounted by	: Factory
Materials					Seal, Gland and Piping	
Casing	: Ductile iron disch.				Arrangement	: Cartridge seal
Impeller	: 316 St.St.				Size	: 1.38/1.50
Case wear ring	: N/A				Manufacturer / Type	: Borg Warner / T5610
Impeller wear ring	: N/A				Material code (Manf/API)	: ER2EF/VV / -
Inducer	: N/A				Internal neck bushing	: -
Shaft	: 13% chrome steel				Gland material	: S.S.
Sleeve	: 13% chrome steel				Flush	: .38 inch NPT
Baseplate, Coupling and Guard					Vent	: None
Baseplate type					Drain	: None
Baseplate material					Auxiliary sealing device	: -
Coupling manufacturer					Seal flush plan	: Plan 1
Coupling size					Seal flush material	: -
Coupling / Shaft guard					Aux seal flush plan	: -
					Aux seal flush material	: -
Weights (Approx.)						
Bareshaft pump(net)					: 231.0 kg	
Baseplate(net)					: 230.0 kg	
Driver(net)					: 703.1 kg	
Shipping gross weight/vol.					: 1273.2 kg / -	
<p>Notes:</p> <ol style="list-style-type: none"> CONSULT INSTRUCTION BOOK BEFORE INSTALLING PUMP. Pipe taps are NPT standard All bolt holes in flanges straddle centerlines. Allow .25"(6mm) for variation of nozzle faces, centerline height, foundation holes, and other nominal dimensions. Foundation bolts and piping should not be rigidly set until receipt of equipment. Allow .75"(19mm) under baseplate for adjustment and grouting. Recheck alignment after unit reaches operating temperature. Driver dimensions shown are approximate. Refer to certified driver drawings for exact dimensions. Piping and foundation design is the responsibility of others. 						
<p>Version: WDXR Rotation: CW (Coupling End) Nozzle Position from Coupling End: Top Suction/Top Discharge</p>			<p>Industrial Baseplate</p> <p>(4) 25 Anchor Bolt Holes</p> <p>DIMENSIONS CERTIFIED FOR CONSTRUCTION WHEN PROPERLY ENDORSED REFER TO FACTORY FOR ANY (*) DIMENSION</p>			
<p>All dimensions are in millimeters unless otherwise specified</p>						

Anexo 6. Cotización la bomba requerida para la propuesta de tratamiento del condensado del D-2604 esquematizada en la figura 20 y 21 presentada por los proveedores FLOWSERVE Pump division



**Pricing Sheet /
Scope of supply**


Customer: Ecopetrol GCB
Cust / Proj Ref: agua bomba
Item Number: P-1
Service: agua

Pump / Stg: 2WDX C / 8
Curve Number: 5991774B
FPD Reference: 4117-80046
Date: Dic 17, 2008

Qty	Description	Average Unit Price	Extended Price
1	2WDX C FPD - M2 Outside Europe ATEX does not apply Industrial baseplate (Chesapeake) Gray cast iron suction casing Ductile cast iron discharge casing Gray cast iron stage casing Ethylene propylene gaskets & "O" rings 316 st. steel diffusers 316 st. steel impellers 13% chrome steel shaft 13% chrome steel shaft sleeve Suction flange rating ANSI #250 Discharge flange rating ANSI #300 Top suction & top discharge US (gpm, ft) nameplate WDXR: 2 bearing housings (CW) Grease lube Labyrinth ring seal Chesapeake seal choices Cartridge seal Flowserve cartridge seal BX-Lube Seal mat'l 9U4X Falk, type T10 non spacer coupling [1070T10] Std steel coupling guard (OSHA) Without balancing test certificat Without test Without Noise test Unwit. hydrostatic test (component only) FPD standard painting Exporting boxing Ex works factory STD Software Custom GA Drawing	US \$ 63213	US \$ 63213
1	Driver NEMA Motor Chesapeake supplied NEMA motor Mtr Premium Effy TEFC [125 hp 3600 RPM 444TS] 460 Volt 3 Phase	US \$ 5977	US \$ 5977

** - additional pricing to follow Feature quantities match pump quantity unless otherwise noted. 1 of 2
Prices may be subject to exchange rate fluctuations. Proposal is valid for 90 days.

Anexo 7. Formatos fase I Modelo de maduración de proyectos ECOPETROL S.A

	DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE PROYECTOS - DPY	Fecha del Comité: Día Mes <u>Noviembre</u> Año <u>2008</u>	ECP-DPY-F-001
	Documento Soporte de Decisión - DSD	Versión: 002	Fecha revisión versión: 31-05-07
NOMBRE DEL PROYECTO: Recuperación del condensado del D-2503 de la planta DEMEX y del D-2604 de la planta de Hidrógeno del Departamento de Refinación de Fondos			
DATOS GENERALES			
Oportunidad de Negocio: ON - _____ - _____		Código *PEP de SAP (PS): _____	
Tipo de Oportunidad: ON <input checked="" type="checkbox"/> RO <input type="checkbox"/> CO <input type="checkbox"/> DA <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>		*PEP = Plan de Estructura del Proyecto	
Status del Proyecto: Fase 1 <input checked="" type="checkbox"/> Fase 2 <input type="checkbox"/> Fase 3 <input type="checkbox"/>		Convención:	
Tipo de Proyecto según Clasificación: A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> Especial <input type="checkbox"/>		ON = Oportunidad Negocio	
Tiene presupuesto el Proyecto? SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Centro de costos: _____		RO = Requerido para Operar	
		CO = Continuidad Operativa	
		DA = Desinversión de Activos	
		E = Estudios	
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO			
Objetivos: <input type="checkbox"/> Recuperar el condensado del D-2503 de la planta DEMEX y el condensado del D-2604 de la planta de Hidrógeno del Departamento de Refinación de Fondos <input type="checkbox"/> Minimizar costos asociados a la disposición actual de los condensados por tratamiento en la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR <input type="checkbox"/> Disminuir el impacto ambiental por contaminación de los condensados en el río Magdalena <input type="checkbox"/> Reducir el riesgo de los trabajadores por exposición a los condensados anteriormente mencionados			
Alineación con Estrategia de Negocio: <ul style="list-style-type: none"> • Optimización de costos operacionales por reutilización de agua tratada. • Cumplimiento del plan de producción maximizando la eficiencia. 			
Justificación: - <u>Condensado D-2503</u> 1. Aporta entre 34 a 40 gpm de los 1300 gpm de exceso de aguas tratadas en la PTAR 2. Debido a ineficiencias en el tratamiento realizado en PTAR (condensado con emulsión inversa, aceite en agua), genera contaminación ambiental por vertimiento de hidrocarburo al río Magdalena 3. Pérdida económica por subutilización de agua suavizada tratada en servicios industriales balance 4. Emisión de vapores de solvente a la atmosfera con riesgo de incendio en el área de exposición. - <u>Condensado D-2604</u> 1. La inclusión del condensado a medios acuíferos afecta notoriamente el equilibrio de flora y fauna por PH altamente ácido 2. El carácter ácido del condensado (Acido Carbónico) incrementa la corrosión en el sistema de aguas lluvias. 3. Pérdida económica por subutilización de agua de suministro a calderas tratada en servicios industriales balance.			

<p>Antecedentes:</p> <p><input type="checkbox"/> <u>Condensado D-2503:</u> El condensado proviene del vapor (50 psig) de despojo de solvente, de la sección de recuperación de solvente tanto del DMO (T-2502) como de los fondos Demex (T-2522). Después de un lavado con DMO (T-2504) para retirar posibles trazas en la corriente vapor de agua-solvente, se condensa el agua generándose una emulsión inversa (livianos de DMO en agua) en los E-2506 y se separa el solvente de esta emulsión en el D-2503. Antes del año 1998, se realizaba una posterior desgasificación en la T-2506 mediante calentamiento externo y con serpentín. Esta torre se sacó de operación debido a que los gases de solvente enviados al H-2501 generaban inconvenientes por arrastre de vapor de agua e hidrocarburo que se condensaba durante el trayecto. Actualmente y desde la puesta en marcha de la planta DEMEX, el condensado se envía al sistema de aguas aceitosas y posteriormente a la planta de tratamiento de aguas residuales PTAR.</p> <p><input type="checkbox"/> <u>Condensado D-2503:</u> Este condensado proviene del exceso de vapor de 400 psig utilizado en el proceso de reformado con vapor para la generación de hidrógeno. En años anteriores al 2000 se enviaba a la T-2604 de la planta de producción de Nitrógeno del bloque III de balance y posteriormente a los DH-2951 y DH-2953 para suministro a calderas de servicios industriales balance. A partir de ese año y después de sacar de servicio la planta de Nitrógeno se detuvo también el funcionamiento de la T-2604 por falta de suministro de oxígeno para realizar el despojo. Debido a que los desaireadores DH-2951-53 no reciben agua con niveles superiores a 30 ppm de CO₂ y teniendo en cuenta que el condensado contiene alrededor de 800 ppm de CO₂ a la salida del D-2604, no se pudo continuar el envío del condensado a los desaireadores, de manera que se adecuó una manguera para enviar el condensado al sistema de aguas lluvias porque además el sistema de aguas aceitosas presenta taponamiento.</p>	
<p>Planteamiento de las alternativas:</p> <p><input type="checkbox"/> Condensado D-2503:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Instalación de un filtro coalescedor y accesorios a la T-2506. 2. Evaluación y puesta en servicio de la T-2506 para eliminar solvente y redireccionamiento del condensado emulsionado a la succión de la P-2657 de la planta UNIBÓN para disolver sales contenidas en el hidrógeno y evitar incrustación en los E-2656. <p><input type="checkbox"/> Condensado D-2604:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Montaje de una columna para tratamiento con resina aniónica fuerte. 2. Montaje de una torre despojadora con vapor. 3. Implementación de una torre despojadora con aire y posterior tratamiento con secuestrante de oxígeno 	
<p>Alcance</p> <p>Planteamiento del problema, presentación de alternativas, ingeniería detallada de la alternativa seleccionada, compras, montaje y puesta en servicio</p>	
<p>Relación con otros proyectos:</p> <p>N/A</p>	
<p>Permisos & Licencias:</p> <p>N/A</p>	
<p>Alcance</p> <p>Planteamiento del problema, presentación de alternativas, ingeniería detallada de la alternativa seleccionada, compras, montaje y puesta en servicio</p>	
<p>Relación con otros proyectos:</p> <p>N/A</p>	
<p>Permisos & Licencias:</p> <p>N/A</p>	
<p>Necesidad de Adquisición de tierras: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p>	
<p>Resultado Índice de Definición del Proyecto (IDP): Acciones IDP por cerrar: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Fecha Cierre: _____</p> <p>Responsable: NEGOCIO <input type="checkbox"/> DPY <input type="checkbox"/></p> <p>N/A</p>	
<p>Aplicación de Lecciones aprendidas existentes SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/></p> <p>Cuales?</p> <p style="text-align: right;">Aplica para Todas las fases</p>	
ANÁLISIS DE RIESGOS	
Identificación de riesgos:	Control Recomendado:
Sobrecostos por alcance de alternativa.	Desarrollar una reevaluación de factores que pueden afectar los costos
Afectación a los procesos asociados a la alternativa de reutilización de condensado.	Realizar estudio detallado e involucrar personal y procesos afectados por la implementación de la alternativa.
Ineficiencia de la alternativa implementada por variación en la calidad del condensado originado a su vez por cambios en las condiciones de operación.	Efectuar el estudio de la variación histórica y posibles modificaciones futuras de las condiciones de operación de las plantas y relacionar los resultados con las alternativas propuestas.
Insuficiente impacto de la alternativa implementada.	Realizar seguimiento al cumplimiento de las recomendaciones generadas.
Retrasos en la elaboración de la ingeniería básica y detallada	Efectuar controles durante el desarrollo de las fases del modelo de maduración de proyectos

PROGRAMACIÓN
<p>Cronograma Planteamiento del problema- Julio a Octubre 2008 Identificación de alternativas- Julio a Octubre 2008 Evaluación de alternativas- Ingeniería conceptual (Fase II)- Noviembre a diciembre 2008 Definición del Proyecto- Ingeniería Básica (Fase III)- Enero a abril 2009 Ejecución del Proyecto- Contratación/ Ingeniería de detalle/ Construcción y montaje- Junio a Octubre 2009 Operación- Noviembre a diciembre 2009</p>
<p>Actividades críticas y Planes de manejo N/A</p>
EQUIPO DEL PROYECTO
<p>Néstor Saúl Figueroa Vecino- Jefe Departamento Refinación de Fondos Alvaro Andrés Herrera Serrano- Ingeniero de Proceso Departamento Refinación de Fondos Gleidy Valbuena Moreno- Ingeniero de Proceso Departamento Refinación de Fondos María Fernanda Camacho Fuentes- Estudiante en Práctica Departamento Refinación de Fondos</p>
PLAN PARA LA SIGUIENTE FASE
<p>Actividades previstas: <input type="checkbox"/> Evaluación de la T-2506 para posterior puesta en funcionamiento. <input type="checkbox"/> Evaluación de las alternativas propuestas</p>
<p>Duración estimada: 1 mes</p>