

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE  
MANTENIMIENTO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁCIDO  
BASADO EN EL MANTENIMIENTO REALIZADO A LA PLANTA DE LA G.R.B.  
DE ECOPELROL S.A. POR LA EMPRESA “FECUB CÍA LTDA”**

**DANEY FERNANDO BAYONA PAEZ  
DIEGO ENRIQUE CACUA RUEDA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2013**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE  
MANTENIMIENTO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁCIDO  
BASADO EN EL MANTENIMIENTO REALIZADO A LA PLANTA DE LA G.R.B.  
DE ECOPETROL S.A. POR LA EMPRESA “FECUB CÍA LTDA”**

**DANEY FERNANDO BAYONA PAEZ  
DIEGO ENRIQUE CACUA RUEDA**

**Trabajo de grado para optar por el título de  
Ingeniero(s) Mecánico(s)**

**Director:  
NÉSTOR RAÚL D´CROZ  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2013**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Janne y Enrique, quienes incondicionalmente me apoyaron para ver realizado este primer sueño en vida profesional.

## **DEDICATORIA**

A Isabel e Isabella motores de mi voluntad, y a mis padres Bertha y Fernando que hicieron posible esta realidad con sacrificio, paciencia, amor, sabiduría, y miles de cosas más, muchas gracias.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este proyecto de grado fue construido con el apoyo incondicional de nuestras familias, nuestros amigos y nuestros docentes; a ellos todos los agradecimientos y dedicaciones posibles.

A Fecub Ltda y al Ingeniero Raúl Rueda por la confianza depositada.

Al ingeniero Néstor Raúl D´cruz, por sus correcciones y continua enseñanza.

**Daney Fernando Bayona Páez**  
**Diego Enrique Cagua Rueda**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	19
1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CONTRATISTA FECUB LTDA.....	20
1.1 LA EMPRESA.....	20
1.2 RESPONSABILIDAD CORPORATIVA .....	20
1.3 VISIÓN.....	20
1.4 CERTIFICACIONES .....	21
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA Y SUS EQUIPOS.....	22
2.1 IDENTIFICACIÓN DE ETAPAS DEL PROCESO .....	22
2.1.1 Formación de Dióxido de Azufre por la reacción de combustión de: Ácido Sulfúrico y Sulfuro de Hidrogeno .....	27
2.1.2 Purificación, Enfriamiento y Secado del Gas de Proceso Rico en Dióxido de Azufre.....	27
2.1.3 Oxidación Catalítica del Dióxido de Azufre (Conversión del Dióxido de Azufre en Trióxido de Azufre) .....	28
2.1.4 Absorción del Trióxido de Azufre en Ácido Sulfúrico .....	29
2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN CADA ETAPA DEL PROCESO.....	29
2.2.1 Formación de Dióxido de Azufre.....	29
2.2.2 Purificación, Enfriamiento y Secado del Gas de Proceso Rico en Dióxido de Azufre.....	33
2.2.3 Oxidación Catalítica del Dióxido de Azufre .....	37
2.2.4 Conversión del Trióxido de Azufre en Ácido Sulfúrico.....	41
3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO .....	43
3.1 PLANEACIÓN.....	43
3.2 PROGRAMACIÓN .....	43
3.3 LISTA DE EQUIPOS A MANTENER .....	43

3.4 EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO ESPECÍFICO A CADA EQUIPO .....	46
3.4.1 Tanque K-471 .....	46
3.4.2 Normas técnicas para el mantenimiento de tanques. ....	52
3.4.3 Tambor D-493 .....	52
3.4.4 Normas técnicas para el mantenimiento de tambores. ....	53
3.4.5 Horno H-472.....	54
3.4.6 Normas técnicas para el mantenimiento de un horno.....	57
3.4.7 Tambor D-475.....	58
3.4.8 Normas técnicas para el mantenimiento de tambores .....	60
3.4.9 Intercambiador de calor E-476 .....	61
3.4.10 Normas técnicas para el mantenimiento de intercambiadores de calor .....	62
3.4.11 Precipitador Electrostático X-479 .....	65
3.4.12 Normas técnicas para el mantenimiento de precipitadores.....	67
3.4.13 Torre de secado T-482.....	67
3.4.14 Normas técnicas para el mantenimiento de torres de secado .....	70
3.4.15 Tanque K-482 .....	70
3.4.16 Normas técnicas para el mantenimiento de un tanque .....	72
3.4.17 Reactor R-489.....	73
3.4.18 Normas técnicas para el mantenimiento de un reactor. ....	75
3.4.19 Sistema de lubricación Compresor principal .....	75
3.4.20 Normas técnicas para el mantenimiento del sistema de lubricación. ....	77
4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO. ....	79
4.1 MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN .....	79
4.1.1 Módulo corporativo.....	79
4.1.2 Módulo conceptual – “Tipos de mantenimiento” .....	81
4.1.3 Módulo “Parada de la Planta de ácido” .....	82
4.1.4 Módulo plantas de tratamiento de ácido .....	83
4.1.5 Módulo Mantenimientos programados .....	84
4.2 PROGRAMADOR DE MANTENIMIENTOS.....	84
CONCLUSIONES .....	88

RECOMENDACIONES.....89  
BIBLIOGRAFÍA.....90  
ANEXOS.....92

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapa 1. Formación del $SO_2$ .....	23
Figura 2. Etapa 2. Purificación y lavado del gas. ....	24
Figura 3. Etapa 3. Oxidación catalítica de dióxido de azufre .....	25
Figura 4. Etapa 4. Absorción del trióxido de azufre .....	26
Figura 5. Esquema del equipo .....	27
Figura 6. Esquema reactor.....	28
Figura 7. Tanque K-471 .....	30
Figura 8. Tambor D-493.....	31
Figura 9. Horno H-472 .....	32
Figura 10. Tambor D-475.....	34
Figura 11. Tambor D-477 .....	35
Figura 12. Intercambiador E-476 .....	36
Figura 13. Precipitador X-479 .....	37
Figura 14. Torre de secado T-482 .....	38
Figura 15. Tanque K-482 .....	39
Figura 16. Consola de Lubricación .....	40
Figura 17. Reactor R-489 .....	41
Figura 18. Intercambiador de Calor E-492.....	42
Figura 19. Dique en malas condiciones. ....	47
Figura 20. Dique, efectos del ácido.....	48
Figura 21. Ciego para acceso a tanque. ....	50
Figura 22. Instalación de ciegos .....	50
Figura 23. Tanque. Válvula de drenaje .....	51
Figura 24. Izaje tanque .....	51
Figura 25. Recubrimiento Externo .....	55
Figura 26. Horno desnudo .....	56

Figura 27. Manhol lado norte .....	56
Figura 28. Extractor en la entrada norte .....	57
Figura 29. Izaje del tambor .....	60
Figura 30. Intercambiadores desmontados.....	62
Figura 31. Precipitador electrostático.....	66
Figura 32. Ciego en línea asociada .....	69
Figura 33. Entrada superior. Manhole.....	69
Figura 34. Ciegos del tanque .....	71
Figura 35. Orejas para IZAJE .....	72
Figura 36. Descarbonar manholes.....	74
Figura 37. Bomba principal .....	76
Figura 38. Ciego instalado con tarjeta de seguridad.....	77
Figura 39. Símbolo de la empresa .....	80
Figura 40. Información de la empresa .....	80
Figura 41. Cálculos de Mantenimiento.....	81
Figura 42. Información parada de planta .....	82
Figura 43. Errores comunes y elementos mecánicos .....	83
Figura 44. Archivo de paradas .....	84
Figura 45. Acceso al sistema .....	85
Figura 46. Agregar equipo .....	86
Figura 47. Nuevo equipo.....	87
Figura 48. Equipos con descripción .....	87

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Listado de equipos. ....	44

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Especificaciones técnicas de la Planta de ácido sulfúrico de la G.R.B de Ecopetrol S.A. ....	93
Anexo B. Carta al comité de trabajos de grado .....	95

## GLOSARIO

**ANTI- AFERRANTE / ANTI-OXIDANTE:** producto utilizado para evitar que por efecto de corrosión, los hilos de rosca de elementos apernados se unan y traben impidiendo su funcionamiento mecánico posterior.

**BRIDA:** pieza con perforaciones simétricas equidistantes, que permite juntar por medio de pernos, de forma hermética, secciones cilíndricas, de diferentes tipos de material.

**CONTRATO:** acuerdo vinculante para las partes en el cual el contratista se obliga a proveer un producto.

**EQUIPO ESTÁTICO:** se denomina equipo estático todo aquel que transporta almacena o contenga un producto. Estos equipos pueden ser: tuberías, tanques, vasijas, recipientes a presión, entre otros.

**INSPECCIÓN:** examen o medición para verificar si una actividad, componente, producto, resultado o servicio cumple con requisitos específicos.

**INTERCAMBIADOR DE CALOR:** dispositivo diseñado para transferir calor entre dos medios, que estén separados por una barrera o que se encuentren en contacto. Son parte esencial de los dispositivos de refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

**LODOS ACEITOSOS Y/O PARAFÍNICOS (SEDIMENTOS ACEITOSOS O PARAFÍNICOS):** material de sedimento encontrado al realizar la apertura de los tanques y vasijas de procesos petroleros.

**MANHOLE:** apertura para ingreso de personal a tanques.

**MANTENIMIENTO:** serie de actividades encaminadas a la conservación de la confiabilidad e integridad de los equipos de una unidad.

**ORDEN DE TRABAJO:** documento que define las actividades específicas de un trabajo, y que es generado por el sistema de Gestión de Mantenimiento de ECOPETROL S.A (ELLIPSE).

**PARADA DE PLANTA:** detención total de las actividades productivas de una planta industrial, con el objetivo de realizar el mantenimiento programado de los equipos que hacen parte de ella.

**PROCEDIMIENTO:** conjunto de pasos necesarios para efectuar una actividad específica.

**PROCESO:** conjunto de actividades de trabajo interrelacionadas que se caracterizan por requerir ciertos insumos y tareas particulares que generan valor agregado.

**PRODUCTO:** es el resultado de una secuencia o conjunto de actividades que tienen un cliente claramente definido.

**VASIJA:** se entiende por vasija todos aquellos equipos sometidos a una presión interna, fabricados bajo el Código ASME, tales como separadores, intercambiadores, torres, drums y demás.

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁCIDO BASADO EN EL MANTENIMIENTO REALIZADO A LA PLANTA DE LA G.R.B. DE ECOPETROL S.A. POR LA EMPRESA "FECUB CÍA LTDA"\*

**AUTOR(ES):** Daney Fernando Bayona Paez  
Diego Enrique Cacua Rueda\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Parada de planta, sistema de información, diseño, planta.

### DESCRIPCIÓN:

En este trabajo se diseñó el sistema de información básica para la programación de mantenimientos en modalidad "Parada" de la planta de la G.R.B. de Ecopetrol S.A. y que la empresa contratista FECUB & CIA LTDA realizó en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2012.

El sistema de información se desarrolló basado en la indagación específica de los equipos estáticos de la planta de tratamiento de ácido, dicha información se tomó directamente de las hojas de vida de los respectivos equipos y las bases de datos de Ecopetrol S.A y Fecub y tiene como objetivo la disminución de los tiempos de programación por parte de la compañía Fecub y del mismo modo brindar al departamento de ingeniería un tiempo y programa inicial de actividades en la fase de planeación de cualquier contrato.

Este proyecto finalizó con un sistema de información bastante completo y sencillo con dos módulos principales, el primero el módulo informativo donde encontramos toda la información necesaria acerca del trabajo de una planta de ácido, equipos que componen esta planta, información de diferentes tipos de mantenimiento, galerías fotográficas y más; y el segundo módulo, el software de programación de mantenimiento, fácil de usar, con historiales fácilmente accesibles y modificables que permiten una programación de mantenimiento más rápida y más sencilla.

El Sistema de información fue revisado por la Gerencia de Fecub & Cia Ltda y aprobado por el director de obras de la empresa.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica, Ing. NéstorRaúlD´cruz.

## SUMMARY

**TITLE:** SYSTEM DESIGN INFORMATION AND MAINTENANCE SCHEDULING FOR ACID TREATMENT PLANT MAINTENANCE PERFORMED BASED ON PLANT TO G.R.B. OFECOPETROL S.A. BY THE COMPANY "FECUB CIA LTDA"

**AUTHOR (S):** Daney Fernando BayonaPaez  
Diego Enrique Cagua Rueda\*\*

**KEYWORDS:** Plant shutdown, information system design, plant.

### DESCRIPTION:

In this paper we designed the basic information system for maintenance scheduling in mode "Stop" from the floor of the GRB Ecopetrol SA and that the contractor Fecub Ltda conducted in the months of August, September, October and November of 2012.

The information system was developed based on specific inquiry static equipment of acid treatment plant, this information was taken directly from the resumes of the respective teams and databases and Fecub Ecopetrol SA and its aim at reducing programming times by the company and likewise Fecub provide engineering department time and initial program of activities in the planning phase of any contract.

This project ended with a fairly comprehensive information system and simple with two main modules, the first module information we find all necessary information about the work of an acid plant, this plant equipment comprising information from different types of maintenance , photo galleries and more, and the second module, the maintenance scheduling software, easy to use, easily accessible and modifiable histories that allow maintenance programming faster and easier.

The information system was reviewed by the Itdafecub Management and approved by the director of works of the company.

---

\* Degree work

\*\* School of Physics and Mechanical Engineering, School of Mechanical Engineering, Mr. NéstorRaúlD'croz.

## INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso de selección de contratistas, Ecopetrol S.A. cuantifica las cualidades técnicas y de programación que una empresa posee dentro de sus servicios y a la hora de generar la ejecución de un contrato.

El mantenimiento a plantas industriales es un servicio específico que Fecub Ltda ofrece dentro de su catálogo público y actualmente genera gran cantidad de sub procesos que a la hora de implementar pueden ser puntos clave para generar malas y buenas calificaciones en el historial de contratos por Ecopetrol.

Una forma de mantenimiento muy común en estas plantas industriales es el realizado en “paradas de planta”; que en otras palabras significa detener, previo programa, todas las actividades y procesos de la planta, para intervenir mecánicamente todos los implementos propios de ésta.

La importancia de un sistema de información que genere un plan básico de programación de mantenimiento recae en la necesidad de reducir tiempos de planeación, evaluar errores comunes y planificar el mantenimiento de cada elemento industrial, interactuando con una plataforma virtual, que permite planear con mayor eficiencia las tareas críticas de la parada.

De igual manera, el alcance del objetivo planteado en este proyecto de grado, le genera a Fecub Ltda la actualización tecnológica en sus archivos internos; brindándoles una mayor gama de presentación en su brochure de servicios y permitiendo mayor orden en la documentación técnica para las actividades de mantenimiento en cualquier planta de procesamiento de ácido.

## **1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA CONTRATISTA FECUB LTDA.**

### **1.1 LA EMPRESA**

Fecub Ltda (Fernando Cesar Uribe Blanco – Contratista) es una organización dedicada a la ejecución de proyectos industriales: en obras civiles, ingeniería, construcciones, montajes electromecánicos, mantenimientos y automatizaciones en plantas industriales de procesos, de refinación y petroquímicas.<sup>[1]</sup>

Tiene una trayectoria de más de 23 años en el mercado y sus sistemas integrados de gestión ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001 Y RUC del consejo Colombiano de seguridad, generan credibilidad y confiabilidad para sus clientes.<sup>[1]</sup>

### **1.2 RESPONSABILIDAD CORPORATIVA**

La calidad humana, las buenas prácticas empresariales y la responsabilidad social empresarial, son la base de nuestros principios éticos. Así mismo, el compromiso con nuestros clientes, la calidad de nuestros servicios como base de nuestra mejora continua.<sup>[1]</sup>

### **1.3 VISIÓN**

Constante crecimiento humano, corporativo, financiero y social, con proyección industrial hacia otras posibles alternativas de mercado. Fortalecerse aún más en tecnología, infraestructura y logística.

Continuar con la calidad en los servicios que presta. Consolidarse localmente y proyectarse a nivel nacional, con la perspectiva de incursionar en mercados internacionales a mediano y largo plazo.<sup>[1]</sup>

## **1.4 CERTIFICACIONES**

La empresa contratista cuenta con las siguientes certificaciones en su sistema de gestión:

- ISO 9001 (Gestión de la calidad)
- OHSAS 18001 (Seguridad y salud ocupacional)
- ISO 14001 (medio ambiente)
- RUC del consejo Colombiano de seguridad.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PLANTA Y SUS EQUIPOS.

### 2.1 IDENTIFICACIÓN DE ETAPAS DEL PROCESO

La planta de ácido sulfúrico de la G.R.B de Ecopetrol S.A se encuentra ubicada en la ciudad de Barrancabermeja y está diseñada para producir 90 TMD de ácido, con una calidad del 95% en peso de concentración.<sup>[2]</sup>

La planta de ácido utiliza como materias primas los siguientes compuestos:

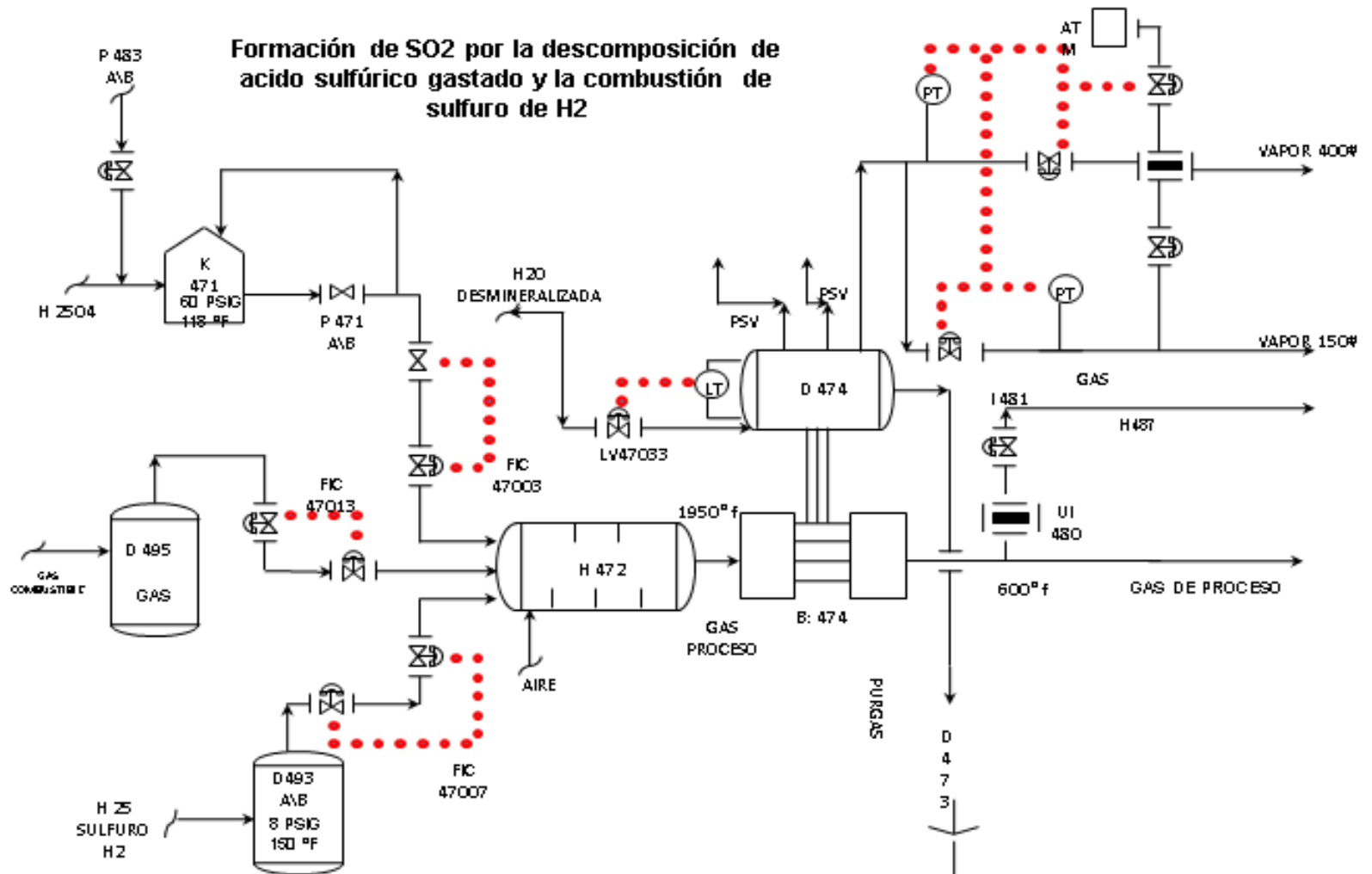
- Ácido sulfúrico.
- Gas ácido ( $H_2S$ )

La carga del ácido sulfúrico es transportada por las tuberías de comunicación impulsada por el compresor general desde la planta de alquilación y es almacenado en el tanque K-471 de la planta para ser suministrado al horno H-472.

El gas ácido  $H_2S$  como fuente de carga a la planta de ácido sulfúrico proviene de la Cracking Modelo IV y la Cracking Orthoflow, llega a la unidad a través de un cabezal existente de 6" de diámetro hasta el tambor separador D-493, de donde se suministra hacia el H-472.<sup>[2]</sup>

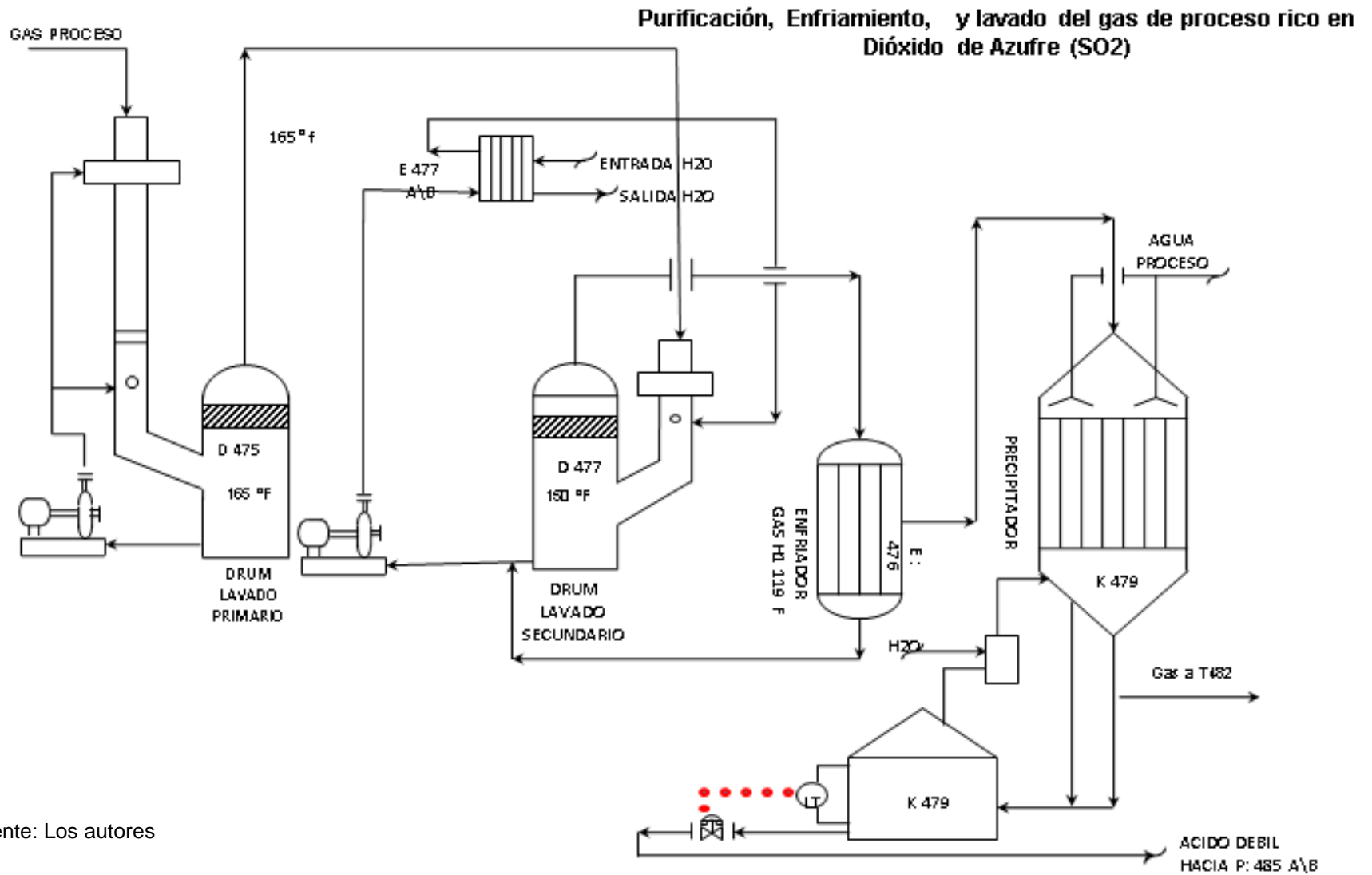
A continuación enunciaremos las etapas de tratamiento del ácido sulfúrico en ésta planta:

Figura1. Etapa 1. Formación del  $SO_2$



Fuente: Los autores

Figura 2. Etapa 2. Purificación y lavado del gas.



Fuente: Los autores

Figura 3. Etapa 3. Oxidación catalítica de dióxido de azufre

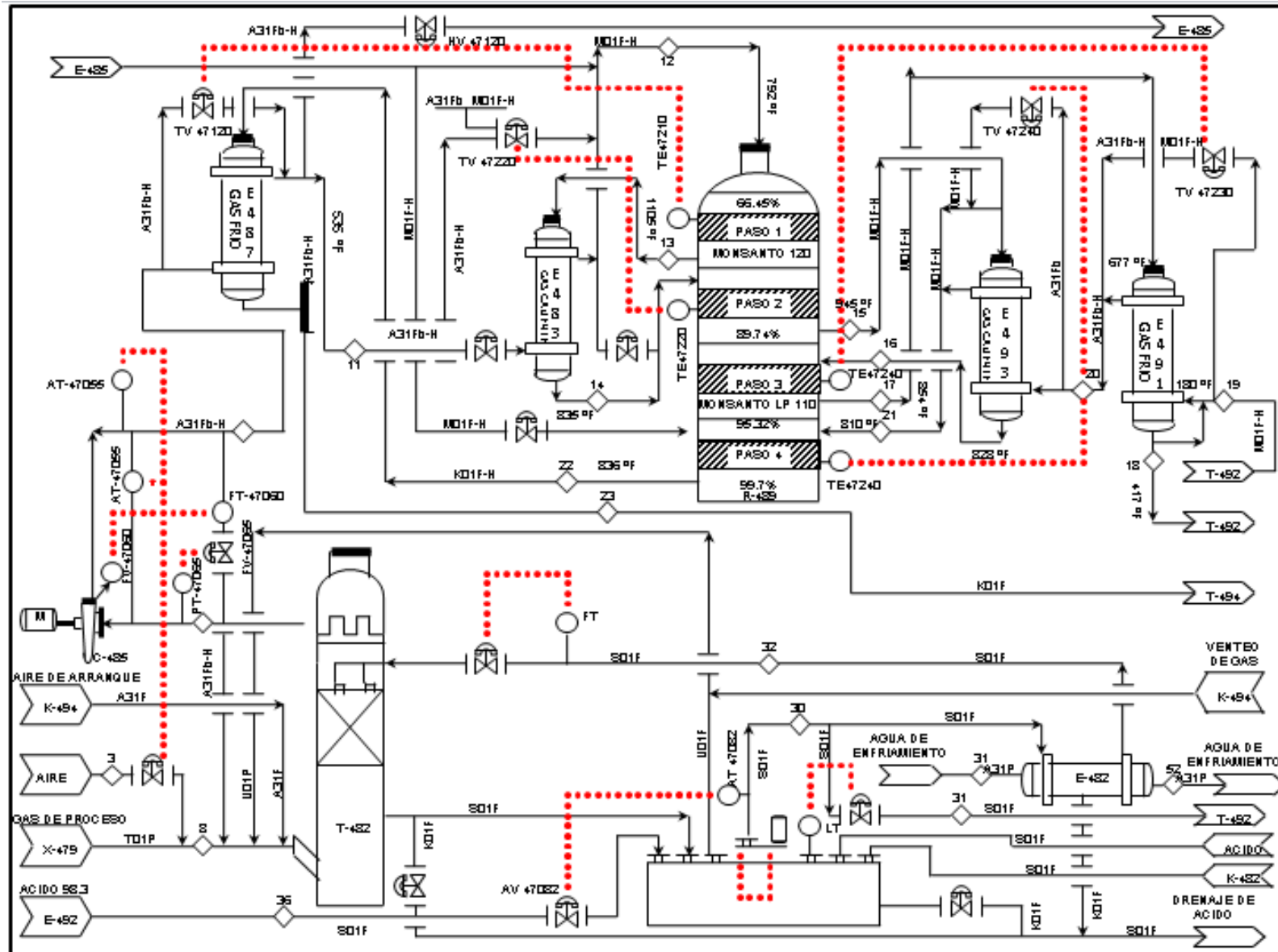
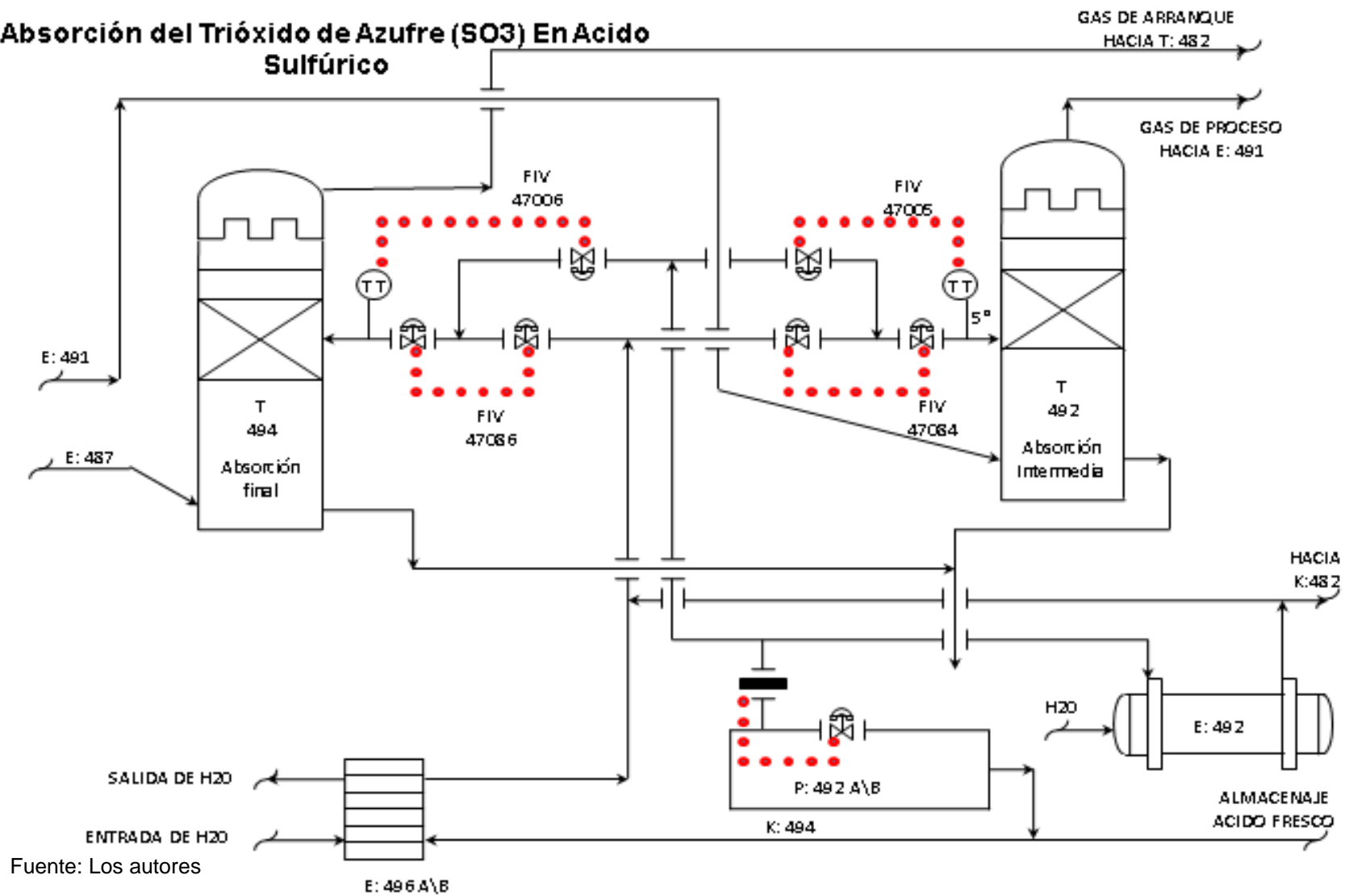


Figura 4. Etapa 4. Absorción del trióxido de azufre

### Absorción del Trióxido de Azufre (SO<sub>3</sub>) En Acido Sulfúrico



Fuente: Los autores

**2.1.1 Formación de Dióxido de Azufre por la reacción de combustión de: Ácido Sulfúrico y Sulfuro de Hidrogeno.** Las reacciones para producir el dióxido de azufre necesario para iniciar el proceso de producción de ácido sulfúrico, tienen lugar en el Horno de descomposición H-472, en el que se alimentan las materias primas junto a unas corrientes de gas combustible, aire y agua.<sup>[2]</sup>

Los gases obtenidos como producto de estas reacciones contienen dióxido de azufre, trióxido de azufre, cenizas, partículas sólidas, agua y oxígeno, además dióxido de carbono y nitrógeno.<sup>[2]</sup>

Reacción química del proceso:

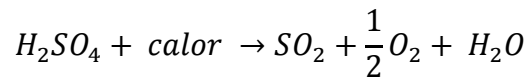
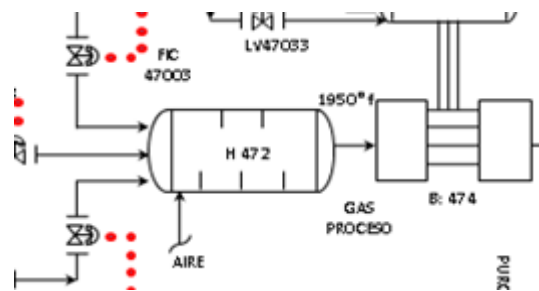


Figura 5. Esquema del equipo



Fuente: Los autores

**2.1.2 Purificación, Enfriamiento y Secado del Gas de Proceso Rico en Dióxido de Azufre.** En esta etapa se prepara la corriente de gas obtenida en la etapa anterior para permitir la conversión de dióxido de azufre en trióxido de azufre. Para esto se lleva a cabo el enfriamiento, lavado, purificación y secado de la corriente de gas que contiene el dióxido de azufre.

Los equipos propios de cada etapa, serán analizados en los siguientes numerales.

**2.1.3 Oxidación Catalítica del Dióxido de Azufre (Conversión del Dióxido de Azufre en Trióxido de Azufre).** El gas producido en el horno de descomposición, el cual ha sido posteriormente tratado, se calienta y es llevado a un reactor R-484 (Convertidor catalítico) donde se produce la reacción en cuatro etapas por contacto entre el dióxido de azufre y el oxígeno en presencia de un catalizador cuya fase activa lo constituye el pentóxido de vanadio.

Como parte de esta etapa están los procesos de transferencia de calor, en los que el calor generado por la reacción exotérmica de oxidación del dióxido de azufre es retirado para adecuar las corrientes de gas que entran a cada etapa del reactor y obtener las óptimas conversiones.<sup>[2]</sup>

Formación del trióxido de azufre:

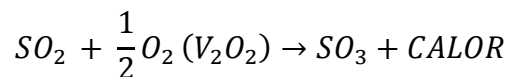
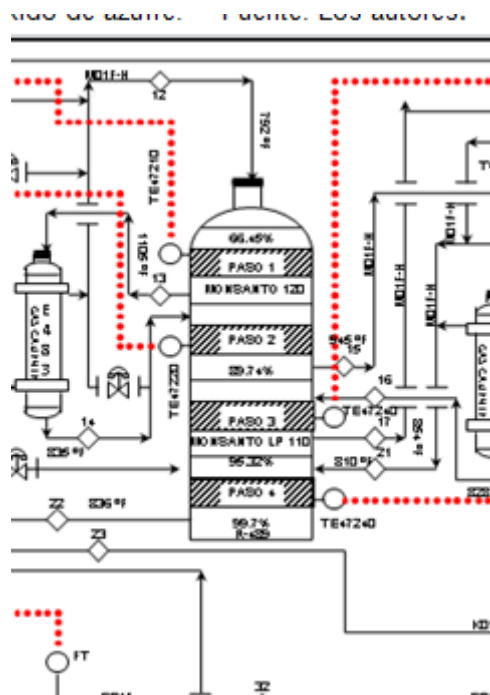


Figura 6. Esquema reactor

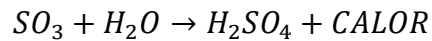


Fuente: Los autores

**2.1.4 Absorción del Trióxido de Azufre en Ácido Sulfúrico.** En esta fase del proceso de producción, el trióxido de azufre producido como resultado de la oxidación catalítica del dióxido de azufre es absorbido por el agua contenida en una corriente de ácido sulfúrico para producir la reacción de formación de ácido sulfúrico con alta concentración.

La absorción del trióxido de azufre se desarrolla en dos etapas y como resultado de ambas operaciones se obtiene el ácido sulfúrico como producto final de planta.

Reacción del proceso:



## **2.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN CADA ETAPA DEL PROCESO**

**2.2.1 Formación de Dióxido de Azufre.** En el proceso de formación del dióxido de azufre intervienen los siguientes equipos, enumerados en las gráficas de cada etapa.<sup>[2]</sup>

**a. Tanque K-471.** Al inicio de la etapa de formación de dióxido de azufre se encuentra el tanque K-471; a donde llega el **ácido sulfúrico de baja concentración.**

Figura 7. Tanque K-471



Fuente: Los autores

- **Elementos asociados al tanque K-471.** Dentro del cuerpo del tanque y anexos a él, podemos enumerar los siguientes elementos a tener en cuenta:
  - **Soporte base.** Como soporte del tanque y delimitador de perímetro se encuentran los soportes en cemento o en hierro para asegurar el nivel de dicho tanque.
  - **Medidor de nivel magnético.** Cómo su nombre lo dice, el medidor de nivel proporciona un dato concreto del fluido que contiene el tanque; del mismo modo proporciona al operador la información necesaria para abrir o cerrar las válvulas de paso al tanque.
- b. Tambor D-495.** El tambor D-495 es el encargado, en esta etapa, de recibir el gas combustible para la mezcla en el horno.

c. **Tambor D-493.** El tambor D-493 es el encargado de **recibir**, el sulfuro de hidrógeno para la combustión en el horno. Específicamente, controla el flujo de paso del sulfuro.

- **Elementos asociados al tambor D-493**

- Soporte base
- Medidor de nivel magnético
- Malla demister

Estos dispositivos sirven para separar de la forma más eficaz las finísimas gotas arrastradas por un gas o vapor, sea en una fase de ebullición, evaporización al vacío o barboteo de un líquido.

Figura 8. Tambor D-493



Fuente: Los autores

**d. Horno H-472.** La función del Horno de Descomposición es descomponer el ácido (Ácido sulfúrico al 90%) que proviene de la planta de Alquilación, quemar gas ácido  $H_2S$  proveniente de las unidades recuperadoras de vapor de las Cracking y quemar gas combustible según se requiera, para formar dióxido de azufre ( $SO_2$ ) junto con otros productos de combustión (dióxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y vapor de agua).

Figura 9. Horno H-472



Fuente: Los autores

Elementos asociados al Horno:

- **Quemadores.** Con el combustible que llega al horno, el quemador es el encargado de realizar la combustión para encender el horno y obtener la descomposición deseada.

**2.2.2 Purificación, Enfriamiento y Secado del Gas de Proceso Rico en Dióxido de Azufre.** En el proceso de purificación y enfriamiento de gas intervienen los siguientes equipos, enumerados en las gráficas de cada etapa:

**a. Tambor D-475.** El lavador primario en contracorriente (RJS1), consta de un recipiente de separación en forma cilíndrica de 24” de diámetro de dos cuerpos. La parte inferior fabricado en fibra de vidrio lleva en su interior las boquillas de lavado, la parte superior fabricado en una aleación de acero inoxidable llamada AL6XN tiene instalada una bandeja de refrigeración que sirve para contener el agua de proceso que refrigera el sistema.

La función del lavador es:

- Se suministra flujo del ácido débil y la capacidad de circulación hacia las boquillas de riego y al weir bowl.
- Controlar el nivel de ácido débil transfiriendo el exceso a la torre despojadora de efluentes según se requiera.
- Añadir agua si es necesario para el control de la concentración del ácido y/o para el control del nivel del tanque de circulación y para remover los sólidos según se requiera.

Figura 10. Tambor D-475



Fuente: Los autores

**b. Tambor D-477.** El despojador secundario en contracorriente RJS2 consta de un recipiente de separación de forma cilíndrica de 24" de diámetro, fabricado de fibra de vidrio, que contiene en su interior o zona Forth una boquilla de atomización y lavado. El tambor D-477 de almacenamiento y control de ácido débil es fabricado en fibra de vidrio y tiene una altura de 20' 4" y un diámetro de 4', está diseñado a una temperatura de 150°F y 75" agua de presión. El tambor del segundolavador posee un separador de neblina de dos etapas (Chevron) instalado cerca del borde del recipiente para reducir al mínimo las gotas de ácido arrastradas hacia el enfriador de gases húmedos (E-476) y otros equipos aguas abajo.

Figura 11. Tambor D-477



Fuente: Los autores

**c. Intercambiador de calor E-476.** El enfriador de gas húmedo es de tipo espiral y enfría los gases desde los 150°F hasta aproximadamente 119°F, su estructura interna es una lámina de metal de forma espiral doble concéntrica, por el interior fluye el agua de enfriamiento y por el lado externo pasan los gases de proceso. Tiene una longitud de 11' y un diámetro de 42". Los condensados drenan por la parte inferior donde se encuentra instalada la boquilla de descarga de 3".

Figura 12. Intercambiador E-476



Fuente: Los autores

**d. Precipitador Electrostático X-479.** El precipitador electrostático cumple la función de captar las partículas de polvo que son arrastrados por los gases, como el selenio y otros. La neblina se forma en el sistema de purificación de gases con la fracción de trióxido de azufre formada en el horno y el gran volumen de vapor de agua que están presentes cuando los gases son enfriados rápidamente en la humidificación y en las etapas de enfriamiento. El contenido de  $SO_3$  y el agua reaccionan formando neblina.

Figura 13. Precipitador X-479



Fuente: Los autores

### 2.2.3 Oxidación Catalítica del Dióxido de Azufre

**a. Torre de secado T-482.** La torre de secado es la última fase del pretratamiento de los gases; cómo se ha visto anteriormente los gases han sido lavados, enfriados y removidos de partículas y neblina y en esta etapa se remueve el vapor de agua de la corriente de gas  $SO_2$  antes de que ésta pase hacia el convertidor y a los sistemas de absorción de ácido. Si el gas de proceso no es secado adecuadamente, se producen condensados de ácido en los equipos posteriores a la torre de secado ocasionando serios daños por corrosión y formación de sulfatos, particularmente en el intercambiador de calor E-487 y en los ductos y puede causar daños en el catalizador del convertidor.

Figura 14. Torre de secado T-482



Fuente: Los autores

**b. Intercambiador de calor E-482.** El intercambiador E-482 no retornará completamente el ácido por gravedad hacia su tanque de bombeo cuando la bomba de circulación pare. Para una inspección de los equipos, se puede vaciar el enfriador con la ayuda de la bomba de drenaje P-483. El enfriador debe ser vaciado completamente en una parada prolongada.

La temperatura del ácido que entra a la torre es controlada a través del enfriador de ácido fuerte E-482, regulando el flujo de agua de enfriamiento mediante el ajuste de la válvula de ingreso.

**c. Tanque K-482.** El tanque K-482, recibe el ácido drenado de la torre de secado. Su materia de construcción es acero al carbono con recubrimiento interno de

ladrillo antiácido, tiene una altura de 90” y un diámetro interno de 126”, suministra el nivel de ácido requerido para la operación adecuada de las bombas de ácido, P-482 A/B. Existe disponible un volumen adicional para contener al ácido de retroceso de la tubería, los enfriadores y la torre durante una parada.

Figura 15. Tanque K-482



Fuente: Los autores

**d. Sistema de lubricación.** El sistema de aceite de lubricación es el mismo para el compresor principal y para el motor y consiste de un tanque de aceite, un calentador eléctrico de aceite tipo inmersión, un juego de filtros y dos enfriadores de aceite. El agua de enfriamiento para los enfriadores de aceite de lubricación es suministrada del circuito de agua de enfriamiento.

Figura 16. Consola de Lubricación



Fuente: Los autores

**e. Reactor R-489.** La función del convertidor ó reactor R-489 es efectuar la reacción química entre el dióxido de azufre ( $SO_2$ ) y el oxígeno ( $O_2$ ) para formar trióxido de azufre ( $SO_3$ ). La función del catalizador de pentóxido de vanadio ( $V_2O_5$ ) es la de acelerar la reacción, es decir, acortar el tiempo requerido para la reacción a fin de lograr un equilibrio. El catalizador no resulta afectado. El proceso de conversión es de doble catálisis la primera etapa está compuesta por los tres primeros pasos y la segunda por el cuarto paso. Esa disposición asegura a la unidad una gran estabilidad térmica y una conversión eficiente.

Figura 17. Reactor R-489



Fuente: Los autores

**2.2.4 Conversión del Trióxido de Azufre en Ácido Sulfúrico.** El trióxido de azufre producido en el convertidor, debidamente enfriado, no se combina directamente con el agua, sino que debe ser combinado indirectamente en una corriente de ácido sulfúrico al 98.5 %, a pesar que la afinidad del  $\text{SO}_3$  por el agua es grande, pero también tiene una afinidad por el vapor de agua, lo que forma neblina ácida, por esta razón se absorbe el trióxido de azufre en ácido sulfúrico concentrado.

La formación de ácido sulfúrico se lleva a cabo en las torres de absorción intermedia y final T-492 y T-494 en las cuales suficiente ácido sulfúrico al 98.5 % de concentración es puesto en contacto en contracorriente a través de un relleno de sillas Intalox de cerámica, con una corriente de gases rica en trióxido de azufre.

**a. Intercambiador de calor E-492. (Finalización del proceso).** El enfriador E-492 es de tipo carcasa y tubos de acero inoxidable Sandvik SX, para enfriar el ácido hasta la temperatura óptima para mayor eficiencia de absorción, al mismo tiempo que se minimiza la corrosión.

El enfriador de ácido E-492 no retornará completamente el ácido por gravedad hacia su tanque de bombeo cuando la bomba de circulación pare. Para una inspección de los equipos, se puede vaciar el enfriador con la ayuda de la bomba de drenaje P-483. El enfriador debe ser vaciado completamente en una parada prolongada.

Figura 18. Intercambiador de Calor E-492



Fuente: Los autores

### **3. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO**

#### **3.1 PLANEACIÓN**

Los contratos de mantenimiento a plantas industriales, en la mayoría de los casos, son expuestos a una licitación pública, en donde las empresas aspirantes deben realizar una propuesta que cumpla los objetivos que Ecopetrol identifica para dicho contrato.

Una vez evaluada y aprobada por Ecopetrol, a la empresa se le adjudica la actividad de mantenimiento y ésta debe iniciar a planear cada actividad, acompañada no solo de los procesos sino también de las personas que deben contratar, por pequeña que ésta sea.

#### **3.2 PROGRAMACIÓN**

La empresa contratista ubica, dentro del alcance de actividades que Ecopetrol S.A define en el contrato, todas las herramientas necesarias para su cumplimiento. Es por eso que el ingeniero programador adjudica a cada actividad de mantenimiento, los tiempos ideales de duración, los implementos industriales necesarios, las facilidades de infraestructura para cada intervención y los trabajadores necesarios junto a sus labores explícitas dentro de cada equipo.

#### **3.3 LISTA DE EQUIPOS A MANTENER**

El siguiente es el listado de equipos pertenecientes a la planta de tratamiento de ácido con su nomenclatura específica. Los señalados en color verde son los equipos que fueron intervenidos en el alcance de la parada.

Tabla 1. Listado de equipos.

ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
1	K-471	Tanque de almacenamiento de ácido gastado
2	P-470C/D	Bombas de alimentación de ácido gastado.
3	D-493A/B	Tambores separadores de H <sub>2</sub> S
4	D-471	Tambor de aire de Instrumentos
5	D-495	Tambor de gas combustible
6	H-472	Horno de descomposición
7	SIN TAG	Boquillas para inyección de ácido sulfúrico.
8	SIN TAG	Boquillas para inyección de agua.
9	Q-472A/B	Quemadores del H-472
10	B-474	Caldera de enfriamiento de gases..
11	D-474	Tambor de vapor de la caldera B-474
12	D-473	Separador centrifugo del sistema de purga de caldera
13	E-474	Enfriador para muestras de agua de caldera
14	UI-480	Ventilador de arranque
15	D-475	Retrolavadora primaria RJS1 (Dynawave).
16	P-475A/B	Bomba de recirculación Dynawave primario (5% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )
17	D-477	Retrolavadora secundaria RJS2 (Dynawave).
18	P-477A/B	Bomba de recirculación Dynawave secundario (5% )
		DESCRIPCIÓN
19	F-477A/B	Filtro de ácido débil de los E-477A/B.
20	E-477A/B	Enfriador de ácido débil
21	F-478A/B	Filtro de agua del enfriador E-477 A/B
22	Chevron	Equipos asociados a sistema de lavado Dynawave.
23	T-477	Torre despojadora de SO <sub>2</sub> del efluente de ácido débil
24	SS-478	Sello de seguridad
25	E-476	Enfriador de gas húmedo
26	X-479	Precipitador Electrostático
27	UF479A/B/C	Compresores de aire del precipitador electrostático
28	SS-479	Sello de seguridad del

		precipitador electrostático
29	K-479	Tanque sumidero del precipitador electrostático
30	T-482	Torre de secado
31	F-482	Eliminador de neblina torre de secado
32	K-482	Tanque de bombeo de la torre de secado
33	P-482A/B	Bombas de circulación de ácido de la torre de secado
34	E-482	Enfriador de ácido de la torre de secado
35	T-492	Torre de absorción intermedia
36	F-492	Eliminador de neblina torre de absorción intermedia
37	K-494	Tanque de bombeo de ácido torres T-492 y T-494
38	P-492A/B	Bombas de recirculación de ácido de las T-492 y T-494
39	E-492	Enfriador común de ácido (torres intermedia y final)
40	F-496 A/B	Filtro de ácido de producto, entrada a E-496A/B
41	E-496A/B	Enfriadores de ácido de producto
42	F-497 A/B	Filtro de agua del E-496 A/B.
43	T-494	Torre de absorción final
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
44	F-494	Eliminador de neblina torre de absorción final
45	P-483	Bomba de desocupación
46	C-485	Compresor principal
47	E-485A/B	Enfriador aceite de lubricación del compresor principal
48	P-486 A/B	Bombas de aceite del compresor
49	E-487	Intercambiador frío
50	E-483	Intercambiador caliente
51	E-491	Intercambiador intermedio frío
52	E-493	Intercambiador intermedio caliente
53	R-489	Reactor (Convertidor catalítico)
54	I-498	Chimenea
55	H-487	Cámara de combustión del precalentador
56	Q-487	Quemadores del H-487
57	E-481	Intercambiador de calor del precalentador
58	U-487	Ventilador del horno precalentador
59	I-481	Chimenea del horno

		precalentador
60	K-484	Tanque de almacenamiento de soda cáustica
61	MX-484	Mezclador estático (ducto de ingreso tanque de soda)
62	P-484A/B	Bombas de alimentación soda cáustica (5% NaOH)
63	K-485	Tanque de neutralización primario
64	K-486	Tanque de neutralización secundario
65	K-487	Tanque de retención de efluente neutralizados
66	AG-485	Agitador del tanque K-485 de neutralización primario
67	AG-486	Agitador del tanque K-486 de neutralización secundario
68	P-487A/B	Bomba de efluente neutralizado
ITEM	TAG	DESCRIPCIÓN
69	K-480	Fosa de aguas ácidas
70	P-485A/B	Bomba de sumidero de ácido débil
71	P-499C/D	Bomba reforzadora de agua de enfriamiento

Fuente: Autores

### 3.4 EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO ESPECÍFICO A CADA EQUIPO

La intervención realizada a cada equipo de la planta se realizó basada en el alcance de la parada y según las normas específicas internacionales y con las que trabaja la refinería de Ecopetrol.

**3.4.1 Tanque K-471.** El mantenimiento realizado al tanque K-471 se realiza de manera “correctiva” ya que según su tiempo de vida útil debe ser repuesto en su totalidad. A continuación identificamos el procedimiento general de mantenimiento a un tanque, de manera correctiva y según norma.<sup>[4,5,6]</sup>

Todo tanque tiene un sistema de soporte para equilibrar su peso y así obtener una posición estable. Este sistema puede ser de diferentes materiales y puede tener distintas configuraciones.

Recibe el nombre de Base o dique de soporte. Como en esta planta se maneja ácido y los diques pueden ser de cemento o hierro se recomienda **INSPECCIONAR visualmente** y de ser necesario **INTERVENIR y RECUPERAR el dique** por medio de procesos mecánicos.

- Rectificar con pulidora o aplicar anticorrosivo (si es de hierro)
- Recuperar civilmente el dique de cemento.

Figura 19. Dique en malas condiciones.



Fuente: Los autores

Figura 20. Dique, efectos del ácido



Fuente: Los autores

Como siguiente paso es necesaria la **INSTALACIÓN de FACILIDADES de mantenimiento.**

Este punto hace referencia al uso de herramientas que ayuden al desarrollo de la actividad de mantenimiento.

- Escaleras.
- Andamios.
- Luces portátiles.
- Seguridad de alturas.
- Seguridad para trabajo con ácido.

Para continuar el proceso de cambio del tanque, es necesaria la **instalación de CIEGOS** tanto en las líneas que llegan a éste como en los manholes del mismo.

- Se instalan ciegos en este tanque luego de haber sido inspeccionado internamente y vaciado.
- También se instalan ciegos en las líneas que llegan al tanque para evitar cualquier fuga de ácido.
- Cómo este tanque será **IZADO** para su cambio, debe ir **TOTALMENTE** sellado.

- **Retiro de instrumentación asociada al equipo.** Este tanque, como la mayoría, tiene instrumentos de medición de variables tanto mecánicas como electrónicas, y necesitan ser retirados para el montaje del nuevo tanque.

- **RETIRO** del medidor de nivel magnético.

Para el izaje del tanque, el ingeniero debe asegurarse que las **orejas de anclaje se encuentren en buen estado**, de lo contrario debe rectificarlas mecánicamente.

- Soldadura y limado.
- Soltar plataformas superior e inferior.
- Izar el tanque para ser reemplazado por el nuevo.
- Instalación del tanque nuevo.

Es necesario que por procedimientos mecánicos se recuperen y se alineen los soportes al nuevo tanque.

- Instalación de instrumentación asociada al equipo.
- Cierre y torqueado de manholes y conexión de líneas afines.

Figura 21. Ciego para acceso a tanque.



Fuente: Los autores

Figura 22. Instalación de ciegos



Fuente: Los autores

Figura 23. Tanque. Válvula de drenaje



Fuente: Los autores

Figura 24. Izaje tanque



Fuente: Los autores

### 3.4.2 Normas técnicas para el mantenimiento de tanques.

- Procedimiento para preparación de superficie y aplicación de pintura:
  - Steel Structures Painting Council “SSPC”.
  - Código de Colores de ECOPETROL S.A.
  - Norma ASTM D 4541 Standard Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
  - SSPC – VIS1-89 Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel.
  - Método ASTM D 3359 Pruebas de Adherencia en Recubrimientos.
  
- Procedimiento para limpieza de tanques y tambores:
  - NACE Standard RP0294-94: Diseño, fabricación e inspección de recipientes.
  - ASME SECC. VIII.
  
- API 650: (Welded Steel Tanks For Oil Storage.)
- API 653: (Tank Inspection, Repair, Alteration And Reconstruction.)
- API SPEC 12B: (Bolted Steel Tanks.)
- API Std 2000: (Venteo atmosférico en tanques de almacenamiento de baja presión no refrigerados.)
- API Std 2015: (Entrada y limpieza segura de tanques de almacenamiento de petróleo.)
- API Std 2016: (Práctica Recomendada para el ingreso y limpieza de tanques.)
- API Std 2550: (Measurement and Calibration of Upright Cylindrical Tanks.)
- API 598: (Valve Inspection and Testing.)

**3.4.3 Tambor D-493.** Debido al tiempo de vida y a las horas de uso, así como a las mediciones de espesor y desgaste que Ecopetrol S.A. hace a este equipo el mantenimiento que se realizó en éste fue programado como preventivo.<sup>[4,5,6]</sup>

- Instalación de facilidades y retiro de instrumentación asociada al equipo.
- Se debe sellar las líneas asociadas al equipo.
- Apertura de manhole inferior y montaje de facilidades internas para INSECCIÓN VISUAL y emisión de recomendaciones.
- Retirar lodos (residuos) y hacer INSPECCIÓN VISUAL de válvulas de drenaje y si es necesario enviar para mantenimiento al taller.
- Retirar medidor de nivel magnético y realizar mantenimiento según norma, si es necesario.
- Retirar los tapones roscados y realizar inspección.
- Retirar la malla demister.
- Inspección interna del equipo y lavado.
- Prueba de dureza de la capa interior.
- Si es NECESARIO realizar reparaciones en la estructura de soporte de la malla demister.
- Para los trabajos exteriores comúnmente se **realiza grateo de la superficie** para mantener uniforme el cuerpo del tambor.
- Realizar montaje de la malla rectificadora.
- Instalar instrumentación del equipo.
- Cerrar y torquar manholes.
- Montaje de facilidades para pintura externa, según norma.

#### **3.4.4 Normas técnicas para el mantenimiento de tambores.**

- Las normas que deben ser aplicadas en los trabajos de preparación de superficie para aplicación de pinturas se realizarán conforme a las siguientes normas y manuales:
  - SSPC-SP2, SSPC-SP3 (The Society for Protective Coatings)
  - SSPC-SP10 (The Society for Protective Coatings).
  - Prácticas recomendadas (NACE Standard RP-01).

- Causas y prevención de fallas en recubrimientos (NACE Publication 6D170).
- Preparación de la superficie (NACE Surface Preparation Handbook).
- Los trabajos de aplicación pinturas se efectuarán de acuerdo con las siguientes normas:
  - American Society for Testing and Materials (ASTM) Volumen 06.01 "Paint - Test for.
- Procedimiento de apriete de juntas bridadas:
  - ANSI B16.5 bridas en tuberías de acero, accesorios y válvulas bridadas.
  - ASTM A-193 B7 materiales de tornillos Y espárragos de acero al carbono.
  - ASTM A-194 2H materiales de tuercas.

**3.4.5 Horno H-472.** Dentro del mantenimiento de este horno es necesario tener en cuenta el enfriamiento por medio de equipos externos (extractores) y de igual manera la rectificación de las tapas norte y sur, así como el reemplazo de los refractarios de cada capa.<sup>[4,5,6]</sup>

- Montar facilidades de acceso y de trabajo en alturas.
- INSTALAR CIEGOS en las líneas de alimentación del horno y realizar las purgas respectivas.
- Por el tiempo de uso de este equipo se debe retirar todo el aislamiento térmico de los manholes y las bridas, para ser reemplazado, no sin antes hacer rectificación (si es necesario) a las bridas.
- Retiro de la instrumentación asociada al equipo.
  - Medidores de Presión.

- Medidores de temperatura.
- Instalación de extractores y enfriamiento interno del horno.
- Limpieza interna e inspección visual.
- Limpieza cámaras internas y ducto al intercambiador.
- Gratear deformación del casco.
- Una vez retirados los quemadores de las boquillas respectivas, realizar rectificación y grateo de los mismos.
- Emisión de recomendaciones para los quemadores.
- Abrir ducto de succión lado norte.
- Retirar juntas de lona de ducto de succión.
- Inspección y limpieza del ducto de succión.
- Instalación de instrumentación y equipos retirados.
- Desmontaje de facilidades.

Figura 25. Recubrimiento Externo



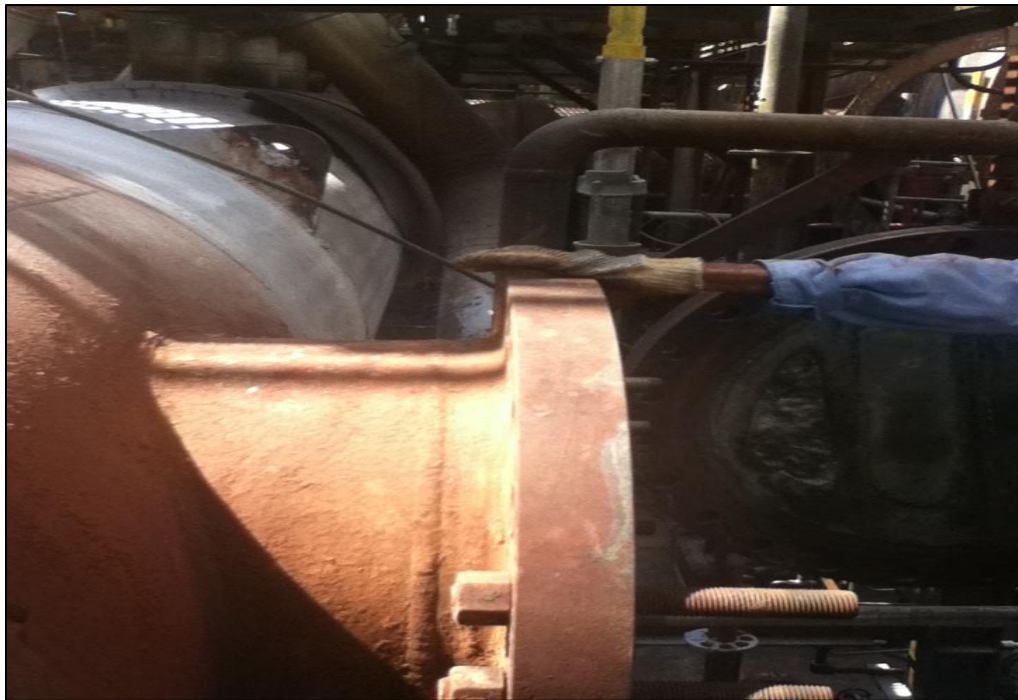
Fuente: Los autores

Figura 26. Horno desnudo



Fuente: Los autores

Figura 27. Manhol lado norte



Fuente: Los autores

Figura 28. Extractor en la entrada norte



Fuente: Los autores

### 3.4.6 Normas técnicas para el mantenimiento de un horno

- Procedimiento para preparación de superficie y aplicación de pintura:
  - Anexo 2.3 Condiciones Técnicas Específicas del Contrato.
  - Fichas técnicas de pintura y recubrimiento.
  - Steel Structures Painting Council “SSPC”.
  - Código de Colores de ECOPETROL S.A.
  - Norma ASTM D 4541 Standard Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
  - SSPC – VIS1-89 Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel.
  - Método ASTM D 3359 Pruebas de Adherencia en Recubrimientos.

- Procedimiento para retiro e instalación de aislamiento térmico:
  - Especificación Técnicas Anexo 2.2 y 2.3
  - ASTM A167-87 Stainless and Heat-Resisting Chromium-iron Plate, Sheet and Rod.
  - ASTM B-209M-84 Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate.
  - ASTM C177-85 Test Method for Steady State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate.
  - ASTM C-450. ASTM C-585.
  
- Procedimiento de apriete de juntas bridadas:
  - ANSI B16.5 bridas en tuberías de acero, accesorios y válvulas bridadas.
  - ASTM A-193 B7 materiales de tornillos Y espárragos de acero al carbono.
  - ASTM A-194 2H materiales de tuercas.
  
- Procedimiento para limpieza de calderas:
  - ASME B16.5 Bridas de Tubería y Conexiones Bridadas
  - Especificaciones técnicas.
  
- Procedimiento para retiro e instalación de refractario:
  - IP 19-3-2 Exxon, International practice Refractory Lining For pressure Vessels and Piping.
  - UOP, Standard 3-25-4 Abrasion Resistant Refractory Lining Hexagonal Mesh Reinforce. Y UOP standard Specification 3.22-4 Gunned Refractory Lining

**3.4.7 Tambor D-475.** Este equipo, según la información recopilada por Ecopetrol S.A. tiene el mantenimiento más complejo ya que su uso se centra en el enfriamiento del gas y por consiguiente el desgaste por efectos ácidos es mayor.

[4,5,6]

- Instalación de facilidades para trabajo de alturas y desacople de líneas afines al tambor.
- Instalación de ciegos en las líneas.
- Retiro de instrumentación asociada al equipo.
- Retirar manholes superior e inferior.
- Se debe instalar equipos auxiliares (extractores) para enfriar el ambiente interior.
- Retirar lodos. Válvulas de drenaje y seguridad para rectificación o reemplazo.
- Por facilidad de trabajos y seguridad, el equipo es izado y llevado al taller de Ecopetrol S.A.
- Desmontaje del eliminador de neblina para inspección y rectificación.
- Desmontaje y limpieza de mallas.
- Limpieza interna del equipo en el taller.
- Hidrojet.
- Pruebas mecánicas e hidráulicas.
- Cambiar empaques del equipo.
- Mantenimiento de fibra de vidrio por parte de la contratista.
- Instalación de eliminador de neblina.
- Izaje y montaje en la planta del equipo.
- Acoplar ductos y líneas afines.
- Cambiar juntas de expansión.
- Cambiar válvulas de emergencia de agua.
- Cierre de manholes y torquedo.
- Retiro de ciegos.

Figura 29. Izaje del tambor



Fuente: Los autores

### **3.4.8 Normas técnicas para el mantenimiento de tambores**

- Las normas que deben ser aplicadas en los trabajos de preparación de superficie para aplicación de pinturas se realizarán conforme a las siguientes normas y manuales:
  - SSPC-SP2, SSPC-SP3 (The Society for Protective Coatings)
  - SSPC-SP10 (The Society for Protective Coatings).
  - Prácticas recomendadas (NACE Standard RP-01).
  - Causas y prevención de fallas en recubrimientos (NACE Publication 6D170).
  - Preparación de la superficie (NACE Surface Preparation Handbook).
  
- Los trabajos de aplicación pinturas se efectuarán de acuerdo con las siguientes normas:

– American Society for Testing and Materials (ASTM) Volumen 06.01 "Paint - Test for.

- Procedimiento de apriete de juntas bridadas:
  - ANSI B16.5 bridas en tuberías de acero, accesorios y válvulas bridadas.
  - ASTM A-193 B7 materiales de tornillos Y espárragos de acero al carbono.
  - ASTM A-194 2H materiales de tuercas.

*Nota: El proceso de mantenimiento del tambor D-477 por el uso del mismo tiene las mismas actividades descritas en el mantenimiento del D-475.*

**3.4.9 Intercambiador de calor E-476.** El proceso de mantenimiento en esta sección se propone preventivo, según las medidas de espesores y de pruebas mecánicas realizadas por Ecopetrol S.A.

- Armar facilidades para trabajo.
- Instalar ciegos en líneas de gas y agua de enfriamiento.
- Retirar pieza de drenaje para su mantenimiento o reemplazo.
- RECIRCULAR vapor del lado de agua de enfriamiento.
- RETIRAR válvula de seguridad de presión y hacer mantenimiento en el taller. (procedimientos mecánicos).
- RETIRAR medidor de nivel magnético.
- Gratear tapas.
- Inspeccionar boquillas.
- Rectificar boquillas.
- Instalar el medidor de nivel magnético.
- Instalar válvula de seguridad de presión.

Figura 30. Intercambiadores desmontados.



Fuente: Los autores

#### **3.4.10 Normas técnicas para el mantenimiento de intercambiadores de calor**

- Retiro de intercambiador de calor:
  - Especificaciones Técnicas de ECOPETROL S.A.
  
- Montaje de partes de intercambiador de calor.
  - Norma ASTM A-194 Gr.2H, para altas temperaturas.
  - Norma ASTM 320-79 Gr. LT, para bajas temperaturas.
  - Especificaciones Técnicas de ECOPETROL S.A.

- Cambio parcial de tubos del intercambiador:
  - Especificaciones Técnicas de ECOPETROL S.A.
  
- Expansión de tubería en intercambiador:
  - Especificaciones Técnicas de ECOPETROL S.A.
  
- Procedimientos para realizar pruebas hidrostáticas:
  - Especificaciones Técnicas de ECOPETROL.
  - Planos e Isométricos de Referencia.
  - Código ANSI/ASME B31.3 – Tuberías de Proceso.
  
- Limpieza con hidrojeteo a equipo estático:
  - Especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.
  - Catálogos de máquinas marca WOMA.
  - TECHNICAL DATA WOMA
  
- Procedimiento Pruebas de líquidos penetrantes:
  - Especificaciones Técnicas del Cliente.
  - Norma ASTM-E 165 “Prácticas Recomendadas para la Inspección con Líquidos Penetrantes”.
  - Planos e Isométricos de Referencia.
  - Código ANSI/ASME B31.3 – Tuberías de Proceso.
  
- Procedimiento para preparación de superficie y aplicación de pintura:
  - Anexo 2.3 Condiciones Técnicas Específicas del Contrato.
  - Fichas técnicas de pintura y recubrimiento.
  - Steel Structures Painting Council “SSPC”.
  - Código de Colores de ECOPETROL S.A.

- Norma ASTM D 4541 Standard Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
- SSPC – VIS1-89 Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel.
- Método ASTM D 3359 Pruebas de Adherencia en Recubrimientos.
  
- Procedimiento para retiro e instalación de aislamiento térmico:
  - Especificación Técnicas Anexo 2.2 y 2.3
  - ASTM A167-87 Stainless and Heat-Resisting Chromium-iron Plate, Sheet and Rod.
  - ASTM B-209M-84 Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate.
  - ASTM C177-85 Test Method for Steady State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate.
  - ASTM C-450. ASTM C-585.
  
- Procedimientos para realización de pruebas radiográficas:
  - Complejo Industrial de Barrancabermeja. Manual de Normas de seguridad. Permisos de trabajo toma de radiografías Industriales. Julio de 1995.
  - Osorio, Jorge Iván. División de Salud Ocupacional del Instituto de Seguros Sociales. Protección contra radiaciones ionizantes. Medellín, 1993.
  - OSHA Occupational Safety and Health Administration. 1910.1096. Standards - 29 CFR. Ionizing radiation.
  
- Procedimiento para prefabricación y montaje de tuberías:
  - Memoria Descriptiva para el Montaje Electromecánico
  - Plan de Calidad de Construcciones del Proyecto
  - Almacenamiento, fabricación, prefabricación, montaje, inspección y pruebas para tuberías metálicas WM-PR-377
  - Soldadura de Tuberías – General WM-PR-355
  - Soldadura de Tuberías Acero al Carbono WM-PR-356

- Soldadura de Tuberías Acero Inoxidable WM-PR-357
  - Ejecución de pintura industrial en obras de White Martins WM-PR-1012
  - Prueba Hidráulica de Tuberías WM-PR-330
  - Prueba Neumática de Tuberías WM-PR-342
  - Código AWS - American Welding Society.
  - Código ASME B31.3 – Tuberías de Proceso.
  - Código ASME Sección IX – Calificación de Soldadores.
- Procedimiento para retiro e instalación de válvula de seguridad:
    - API 598 Inspección y Prueba de Válvulas.
    - ASME B16.5 Bridas de Tubería y Conexiones Bridadas.
    - ASME B16.34 Válvulas Bridadas, Roscadas y Soldables a tope.
    - Especificaciones técnicas.

**3.4.11 Precipitador Electrostático X-479.** El mantenimiento realizado en esta etapa del proceso se denomina preventivo, ya que Ecopetrol S.A. cuenta con los datos de vida útil y tiempo de uso de los componentes del equipo.<sup>[4,5,6]</sup>

- Para iniciar con el proceso de mantenimiento es necesaria la instalación de CIEGOS de seguridad en las líneas afines a este equipo.
- Para poder instalar facilidades internas es necesaria la APERTURA DE MANHOLES.
- Retiro y mantenimiento del medidor de nivel magnético.
- INSPECCIÓN VISUAL del interior del precipitador.
- Limpieza interior.
- Cambiar junta de expansión de la salida del precipitador.
- Realizar LIMPIEZA al sistema de fogging y al sistema de lavado.
- Cambiar boquillas de fogging y boquillas de lavado.
- Limpieza externa y pintura.

- Retirar facilidades del precipitador.
- Montaje del medidor de nivel magnético.
- Cierre y torqueo de manholes.
- Retirar ciegos.

Figura 31. Precipitador electrostático



Fuente: Los autores

### **3.4.12 Normas técnicas para el mantenimiento de precipitadores.**

- Procedimiento para retiro e instalación de refractario:
  - IP 19-3-2 Exxon, Internacional practice Refractory Lining For pressure Vessels and Piping.
  - UOP, Standard 3-25-4 Abrasion Resistant Refractory Lining Hexagonal Mesh Reinforce. Y UOP standard Specification 3.22-4 Gunned Refractory Lining
  
- Procedimiento de apriete de juntas bridadas:
  - ANSI B16.5 bridas en tuberías de acero, accesorios y válvulas bridadas.
  - ASTM A-193 B7 materiales de tornillos Y espárragos de acero al carbono.
  - ASTM A-194 2H materiales de tuercas.
  
- Procedimiento para realizar pruebas hidrostáticas:
  - Especificaciones Técnicas de ECOPETROL
  - Planos e Isométricos de Referencia.
  - Código ANSI/ASME B31.3 – Tuberías de Proceso.

**3.4.13 Torre de secado T-482.** La importancia del mantenimiento de este equipo recae en la necesidad de asegurar que el gas del proceso pueda ser secado de manera correcta y así evitar daños a los equipos anexos a éste, por corrosión y otros efectos ácidos.<sup>[4,5,6]</sup>

- Instalar facilidades de trabajo en alturas.
- Instalar CIEGOS a las líneas afines a la torre.
- Abrir manholes de cámara superior y de secado.
- Instalación de facilidades internas para trabajo.
- Retirar eliminadores de neblina.
- Limpieza e inspección a eliminadores de neblina.

- Emisión de recomendaciones de eliminadores de neblina.
- Una vez analizadas las recomendaciones, realizar rectificación a los eliminadores.
- INSPECCIÓN VISUAL a la cámara de secado.
- Realizar mantenimiento a la cámara de secado, UNA VEZ SE ALLA EMITIDO LAS RECOMENDACIONES LUEGO DE LA INSPECCIÓN.
- INSPECCIÓN VISUAL distribuidor de ácido.
- Limpieza y mantenimiento del distribuidor, luego de la inspección.
- Instalar facilidades para INSPECCIÓN VISUAL de las líneas asociadas al equipo.
  
- Mantenimiento a las líneas.
  - Pruebas hidrostáticas.
  
- Instalar eliminadores.
- Cerrar y torquear manohles.
- Desinstalar facilidades.

Figura 32. Ciego en línea asociada



Fuente: Los autores

Figura 33. Entrada superior. Manhole



Fuente: Los autores

#### **3.4.14 Normas técnicas para el mantenimiento de torres de secado**

- Procedimiento para retiro e instalación de refractario:
  - IP 19-3-2 Exxon, International practice Refractory Lining For pressure Vessels and Piping.
  - UOP, Standard 3-25-4 Abrasion Resistant Refractory Lining Hexagonal Mesh Reinforce. Y UOP standard Specification 3.22-4 Gunned Refractory Lining
  
- Procedimiento de apriete de juntas bridadas:
  - ANSI B16.5 bridas en tuberías de acero, accesorios y válvulas bridadas.
  - ASTM A-193 B7 materiales de tornillos Y espárragos de acero al carbono.
  - ASTM A-194 2H materiales de tuercas.
  
- Procedimiento para prefabricación y montaje de estructuras:
  - CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES
  - Planos de Referencia.
  - ANSI/AWS - American Welding Society.

**3.4.15 Tanque K-482.** Este tanque es renovado completamente ya que por su uso, el espesor de paredes, las bases y los refractarios están completamente desgastados.<sup>[4,5,6]</sup>

- Las bases y el dique de soporte de este tanque, gracias a la atmósfera ácida, se desgastaron, es por eso que se necesita la recuperación total, previa neutralización.
  - Recuperación civil.
  
- Instalar facilidades para trabajo en alturas.
- Instalar ciegos en líneas anexas.

- INSTALAR CIEGOS EN MANHOLES DEL TANQUE, para su izada y reemplazo.
- Desinstalar instrumentación asociada al equipo.
- Desacoplar motor.
- IZAJE DE EQUIPO.
- Abrir manholes y descontaminar tanque.
- Retiro de lodos y refractario.
- Retiras medidor de nivel magnético.
- Montaje de nuevo tanque.
- Conexión de instrumentación asociada.
- Montaje de motor.
- Retiro de ciegos y conexión de líneas asociadas.

Figura 34. Ciegos del tanque



Fuente: Los autores

Figura 35. Orejas para IZAJE



Fuente: Los autores

#### **3.4.16 Normas técnicas para el mantenimiento de un tanque**

- Procedimiento para preparación de superficie y aplicación de pintura:
  - Steel Structures Painting Council “SSPC”.
  - Código de Colores de ECOPETROL S.A.
  - Norma ASTM D 4541 Standard Method for Pull-Off Strength of Coatings Using Portable Adhesion Testers.
  - SSPC – VIS1-89 Visual Standard for Abrasive Blast Cleaned Steel.
  - Método ASTM D 3359 Pruebas de Adherencia en Recubrimientos.
  
- Procedimiento para limpieza de tanques y tambores:
  - NACE Standard RP0294-94: Diseño, fabricación e inspección de recipientes.

- ASME SECC. VIII.
- API 650: (Welded Steel Tanks For Oil Storage.)
- API 653: (Tank Inspection, Repair, Alteration And Reconstruction.)
- API SPEC 12B: (Bolted Steel Tanks.)
- API Std 2000: (Venteo atmosférico en tanques de almacenamiento de baja presión no refrigerados.)
- API Std 2015: (Entrada y limpieza segura de tanques de almacenamiento de petróleo.)
- API Std 2016: (Práctica Recomendada para el ingreso y limpieza de tanques.)
- API Std 2550: (Measurement and Calibration of Upright Cylindrical Tanks.)
- API 598: (Valve Inspection and Testing.)

**3.4.17 Reactor R-489.** Debido a que el catalizador utilizado en el reactor es altamente cancerígeno el mantenimiento de éste es de sumo cuidado y es de vital importancia utilizar los implementos adecuados para el mismo.<sup>[4,5,6]</sup>

- Instalar facilidades para trabajo en alturas.
- Instalación de ciegos.
- Retirar aislamiento exterior y de boquillas.
- Limpieza con grata exterior por áreas marcadas por corrosión.
- Grateo en zonas abombadas.
- Decarbonar manholes.
- Retiro del catalizador por parte de la empresa contratista.
- Limpieza interna.
- INSPECCIÓN VISUAL del interior y emisión de recomendaciones.
- Cambiar rejillas fracturadas del soporte del catalizador.
- Cambiar refractario de zona de rejillas.
- Reparar ladrillo antiácido
- Cambiar tapas de manholes.

- Aplicar metalizado interno de aluminio.
- Carga de catalizador por parte de la empresa.
- Cerrar manholes y torquear.
- Retiro de ciegos.
- Desinstalar facilidades.

Figura 36. Descarbonar manholes.



Fuente: Los autores

### **3.4.18 Normas técnicas para el mantenimiento de un reactor.**

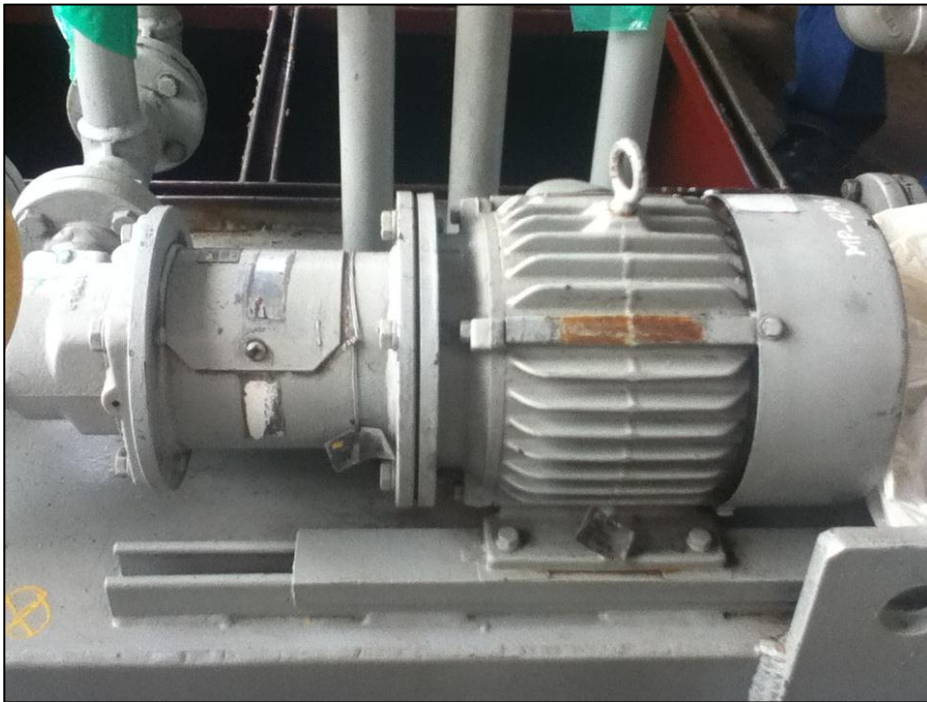
- Procedimiento para retiro e instalación de aislamiento térmico:
  - Especificación Técnicas Anexo 2.2 y 2.3
  - ASTM A167-87 Stainless and Heat-Resisting Chromium-iron Plate, Sheet and Rod.
  - ASTM B-209M-84 Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate.
  - ASTM C177-85 Test Method for Steady State Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded Hot Plate.
  - ASTM C-450. ASTM C-585.
  
- Procedimiento para retiro e instalación de refractario:
  - IP 19-3-2 Exxon, International practice Refractory Lining For pressure Vessels and Piping.
  - UOP, Standard 3-25-4 Abrasion Resistant Refractory Lining Hexagonal Mesh Reinforce. Y UOP standard Specification 3.22-4 Gunned Refractory Lining
  
- Las otras normas utilizadas son de la empresa privada encargada de este cambio.

**3.4.19 Sistema de lubricación Compresor principal.** El mantenimiento de este sistema se centra en la purga, y cambio de aceite, así como en la recuperación de las tuberías de lubricación.<sup>[4,5,6]</sup>

- Instalación de ciegos a todas las líneas afines a la consola de lubricación.
- Retirar tapas.
- Limpiar internamente.
- Retiro de la instrumentación asociada.
- Retiro y MANTENIMIENTO del medidor de nivel magnético.

- CAMBIO de filtros internos.
- Revisar válvulas de drenaje, venteo.
- Revisar válvulas de transferencia de enfriadores.
- Revisar funcionamiento de válvula termostática.
- Limpieza de mirillas de nivel.
- Revisar funcionamiento de los cheques de las bombas.
- Revisar funcionamiento de válvulas tipo aguja.
- Limpieza mecánica y flushing de la tubería.
- Instalar nivel magnético.
- Instalar tapas.
- Instalar instrumentación.
- Retirar ciegos.

Figura 37. Bomba principal



Fuente: Los autores.

Figura 38. Ciego instalado con tarjeta de seguridad



Fuente: Los autores

### 3.4.20 Normas técnicas para el mantenimiento del sistema de lubricación.

- Procedimientos para realizar pruebas hidrostáticas:
  - Especificaciones Técnicas de ECOPEPETROL.
  - Planos e Isométricos de Referencia.
  - Código ANSI/ASME B31.3 – Tuberías de Proceso.
  
- Procedimiento para mantenimiento de la consola C-485:
  - CONDICIONES TÉCNICAS GENERALES (manual)
  
- Procedimiento para prefabricación y montaje de tuberías:
  - Memoria Descriptiva para el Montaje Electromecánico
  - Plan de Calidad de Construcciones del Proyecto

- Almacenamiento, fabricación, prefabricación, montaje, inspección y pruebas para tuberías metálicas WM-PR-377
- Soldadura de Tuberías – General WM-PR-355
- Soldadura de Tuberías Acero al Carbono WM-PR-356
- Soldadura de Tuberías Acero Inoxidable WM-PR-357
- Ejecución de pintura industrial en obras de White Martins WM-PR-1012
- Prueba Hidráulica de Tuberías WM-PR-330
- Prueba Neumática de Tuberías WM-PR-342
- Código AWS - American Welding Society.
- Código ASME B31.3 – Tuberías de Proceso.
- Código ASME Sección IX – Calificación de Soldadores.
- Código ASME Sección V – Ensayos No Destructivos
- Especificaciones del Procedimiento de Soldadura (WPS): FTR
- Registro de Calificación de Procedimientos (PQR).

## 4. DISEÑO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE MANTENIMIENTO.

La recopilación de información durante la parada de la planta de ácido sulfúrico de la G.R.B. tuvo como objetivo principal diseñar los módulos del sistema de información para programación de actividades de mantenimiento y reducir así el tiempo necesario para la organización de un proceso. A continuación se presenta el diseño de este software de información y se explica de manera general su uso.

Para poder apreciar de manera externa el sistema de información, antes de ser instalado en la plataforma virtual puede acceder a:  
<http://www.nuestroconjunto.com/paginas/fecub/index.php>

### 4.1 MÓDULOS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN

Este sistema de información cuenta con la posibilidad de acceder a toda la información técnica utilizada en la parada de planta de ácido sulfúrico; descripción de actividades de mantenimiento, normas utilizadas por equipo, facilidades necesarias para la programación y ejecución del mantenimiento, fotografías de los equipos, errores comunes en el funcionamiento de los elementos mecánicos y su solución, entre otros.

**4.1.1 Módulo corporativo.** Toda la información referente a la empresa que maneje los derechos de esta aplicación se incluyen en este módulo.

- Misión.
- Visión.
- Políticas corporativas.
- Servicios.
- Certificaciones

Figura 39. Símbolo de la empresa

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
Recuperación del dique	Obra civil en alistamiento.	1 Días
Instalar ciegos K - 485	Lo mas importante en este equipo es el alistamiento previo que debe tener el equipo antes de ser "cegado". El drenaje debe ser inspeccionado minuciosamente antes de iniciar con los ciegos	0.5 Días
Desconectar electricamente el motor del agitador 485	Los instrumentos importantes de los equipo a mantener, son llevados a los talleres de ecopetrol, no son llevados a talleres por fuera de refinería, existen 2 talleres que quedan fuera de la Refinería de Barrancabermeja, pero son talleres de Ecopetrol	0.08 Días
Desacoplar y retirar el motor del Agitador 485	Este proceso necesito izaje	0.25 Días
Desacoplar y retirar el Agitador 485	Este proceso necesito izaje	0.75 Días

Fuente: Los autores

Figura 40. Información de la empresa

**Quiénes Somos**

Fecha de una organización dedicada a la ejecución de proyectos industriales: en obras civiles, ingeniería, construcciones, mantenimientos y automatizaciones en plantas industriales de procesos, de refinación y

los en el mercado y nuestros sistemas integrados de gestión de ISO 9001, CHSAS 18001, ISO 14001 y OHSAS 18001, generan credibilidad y confiabilidad para nuestros clientes.

**Nuestro Compromiso**

La organización dispone de infraestructura, tecnología y recursos adecuados, necesarios para la realización de nuestros proyectos, garantizando la satisfacción de nuestros clientes en cuanto a los tiempos de ejecución, Calidad de los trabajos ejecutados y el cumplimiento de normativas técnicas de la industria, ambientales y de seguridad industrial y salud ocupacional.

Admin Todos | derechos reservados Fecub. | Desarrollado por Corpodas.com

Fuente: Los autores

La edición de este módulo la realizará el administrador, entrando en la opción “administrar” en la parte inferior izquierda de la pantalla.

**4.1.2 Módulo conceptual – “Tipos de mantenimiento”.** De manera académica, éste sistema de información le brinda la oportunidad al estudiante o al ingeniero recién egresado, de recordar conceptos de mantenimientos básicos.

- RCM
- Correctivo
- Preventivo
- Predictivo

De igual manera, el usuario puede realizar cálculos de tiempos muertos, tiempo de vida de la máquina, entre otros, en éste módulo.

Figura 41. Cálculos de Mantenimiento

**Cálculos**

Inicio

Empresa

Tipos de Mantenimiento

Parada de Planta Acido

Planta de Tratamiento de Ácido

Mantenimientos programados

**Tiempo medio para mantenimientos preventivos**

TPMP = Tiempo medio para mantenimientos preventivos  $\Sigma$  HRMP = Duración en horas de la intervención preventiva de un ítem específico NTPM = Número total de intervenciones preventivas efectuadas en esos ítems en el periodo observado.

$\Sigma$  HRMP

NTPM

Enviar Resultado:

Tiempo de falla observada

No conformidades de mantenimiento

Sobrecarga de servicios de mantenimiento

Alivio de Servicios de Mantenimiento

Admin. Todos los derechos reservados Fecub. Desarrollado por Corpideas.com

Fuente: Los autores

**4.1.3 Módulo “Parada de la Planta de ácido”.** En este módulo el usuario puede encontrar la información completa de la parada realizada por Fecub Ltda a la planta de ácido de la G.R.B de Ecopetrol S.A; descripción de equipos industriales, partes y funcionamiento, objetivo del equipo en la planta, entre otros. Además puede archivar los programas de mantenimiento realizados con anterioridad.

La edición de éste módulo se puede realizar entrando con contraseña al área de administración.

Figura 42. Información parada de planta

The screenshot shows the Fecub web application interface. At the top left is the Fecub logo with the tagline 'ENERGY, OIL AND GAS SOLUTIONS'. Below the logo is a black header with the text 'Parada Planta De Ácido - Generalidades'. The main content area is divided into a left sidebar with a navigation menu and a main content area. The navigation menu includes items like 'Inicio', 'Empresa', 'Tipos de Mantenimiento', 'Parada de Planta Ácido', 'Planta de Tratamiento de Ácido', and 'Mantenimientos programados'. The 'Parada de Planta Ácido' item is expanded to show sub-items: 'Generalidades', 'Funcionamiento', 'Materias Primas', 'Especificaciones del Producto', 'Imagen', 'Programador Parada Realizada', and 'Galería de Imágenes'. The 'Generalidades' sub-item is selected, displaying the following information:

**2.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA Y DATOS DEL SITIO.**  
 La Planta de Ácido sulfúrico pertenece a la Gerencia Complejo Industrial de Barrancabermeja, localizada en la jurisdicción de Barrancabermeja, Departamento de Santander- Colombia.

Ubicación	Barrancabermeja – Colombia
Altura	79 metros (259 pies).
Presión barométrica	752 mm de Hg
Humedad relativa	80 – 90 %
Viento máximo	122 Km/hr
Viento Promedio	3.2 Km/hr
Código UBC (Terremoto)	3
Nieve	Ninguno

Fuente: Los autores

**4.1.4 Módulo plantas de tratamiento de ácido.** Como sistema, este módulo, le brinda alta importancia dentro de la programación de mantenimientos, ya que no solo le aporta al ingeniero planeador datos conceptuales de una planta de ácido, sino que le indica los errores más comunes, su causa y la solución más cercana a la realidad.

Además, le da la posibilidad al estudiante de investigar la información requerida para su academia, siendo este módulo una fuente de conceptos y definiciones de todos los elementos mecánicos que interactúan en una planta de tratamiento de ácido.

Figura 43. Errores comunes y elementos mecánicos

GUÍA PARA SOLUCION DE PROBLEMAS OPERACIONALES			
	CAUSA	CORRECCION	INSTRUMENTACION DE CONTROL
Definición Elementos Mecánicos			
1. Sublimación de azufre	Insuficiente Oxígeno por: 1. Bajo flujo de aire. 2. Cambio en flujo y o composición del gas combustible, H2S o ácido gastado. 3. Mal funcionamiento de la instrumentación.	1. Incremente el flujo de aire de proceso abriendo venas guía del compresor. 2. Bajar carga de gases. 3. Si es demasiado severo, la planta se debe parar para limpiar el sistema. 4. Revise los analizadores de O2 por cromatografía de gases	1. Analizadores de oxígeno AE-47044/45/46 2. Apertura de venas guías del compresor IGVC-47066. 3. Flujo de gas combustible FT-47013 4. Flujo de H <sub>2</sub> S FT-47007 5. Flujo de ácido gastado FT-47003 6. Interlock: Causa 2, corta cargas 7. PDI-47015, PDI-47035; PDI-47012

Fuente: Los autores

**4.1.5 Módulo Mantenimientos programados.** Este módulo realiza la tarea de “archivador”, ya que guarda toda la información de las actividades de mantenimiento, que el administrador ingrese al software, dándole la posibilidad de consultar una base de datos creada por la empresa misma.

Figura 44. Archivo de paradas

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DURACIÓN
Recuperación del dique	Obra civil en alistamiento.	1 Días
Instalar ciegos K - 485	Lo mas importante en este equipo es el alistamiento previo que debe tener el equipo antes de ser "cegado". El drenaje debe ser inspeccionado minuciosamente antes de iniciar con los ciegos	0.5 Días
Desconectar electricamente el motor del agitador 485	Los instrumentos importantes de los equipo a mantener, son llevados a los talleres de ecopetrol, no son llevados a talleres por fuera de refinería, existen 2 talleres que quedan fuera de la Refinería de Barrancabermeja, pero son talleres de Ecopetrol	0.08 Días
Desacoplar y retirar el motor del Agitador 485	Este proceso necesito izaje	0.25 Días
Desacoplar y retirar el Agitador 485	Este proceso necesito Izaje	0.75 Días
Abrir brida de drenaje y retirar lodos	La brida necesita inspección de ultrasonido y corrientes inducidas. Para el retiro de lodos el equipo que vaya a hacer ese trabajo necesitará equipo 100% para trabajo en ambientes acidos, auxiliar HSE de inspección 100% y personal de rescate en caso de alguna emergencia	0.16 Días
Instalar Facilidades escalera - luz - Ventilación	Las facilidades han sido contratadas por aparte para tener el recurso disponible en cualquier momento	0.08 Días
La inspección de los equipos e instrumentos es realizada por el		

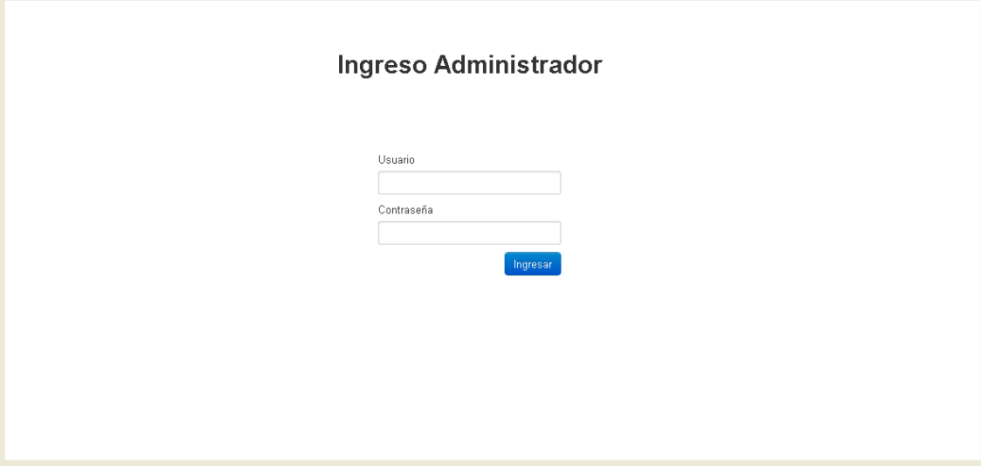
Fuente: Los autores

## 4.2 PROGRAMADOR DE MANTENIMIENTOS

La esencia de este sistema de información se encuentra en la programación y visualización de mantenimientos reales, con el respectivo tiempo ideal de la actividad.

El ingeniero puede acceder a la plataforma de programación con un Usuario y contraseña proporcionados por la empresa para poder iniciar la edición del sistema de actividades.

Figura 45. Acceso al sistema



The image shows a login form titled "Ingreso Administrador". It features two input fields: "Usuario" and "Contraseña". Below the "Contraseña" field is a blue button labeled "Ingresar". The form is centered on a white background, which is itself centered within a larger, light beige rectangular frame.

Fuente: Los autores

Luego de acceder al sistema, el ingeniero debe seguir los siguientes pasos:

- Acceder a la pestaña "items", para iniciar la adjudicación de elementos.
- Acceder a la pestaña "agregar equipo"
- Realizar la descripción del elemento en la pestaña "descripción"
- Click en "enviar"
- Una vez enviado el elemento, acceder a la pestaña "Programar mantenimiento".
- Se abrirá una ventana nueva donde le pedirá la descripción de las actividades a realizar y los tiempos, en horas, de duración.

- Al seleccionar la opción “enviar” se abrirá una ventana donde especifica las actividades programadas para ése elemento (según la categoría estática o rotativa) y el tiempo necesario para dicha actividad, además de la fecha de inicio de mantenimiento.

Figura 46. Agregar equipo

Panel de Administración Carrusel Informativas Noticias Items Cerrar sesión Admin

## Equipos

Agregar Equipo

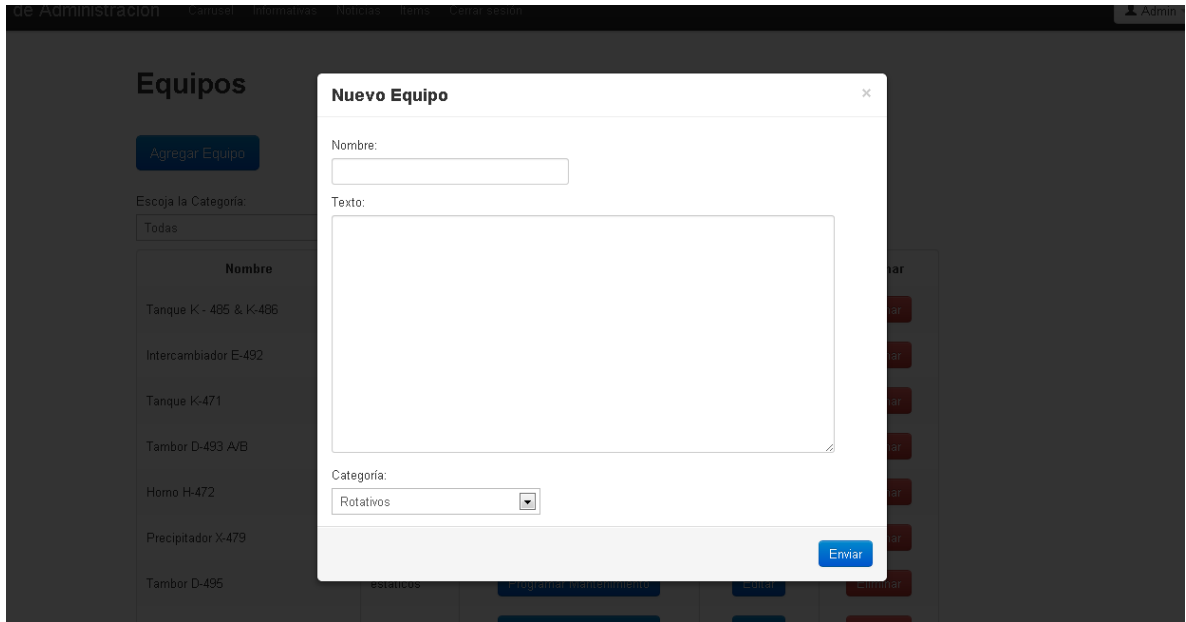
Escoja la Categoría:

Todas

Nombre	Categoría	Mantenimiento	Editar	Eliminar
Tanque K - 485 & K-486	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar
Intercambiador E-492	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar
Tanque K-471	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar
Tambor D-493 A/B	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar
Horno H-472	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar
Precipitador X-479	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar
Tambor D-495	estaticos	Programar Mantenimiento	Editar	Eliminar

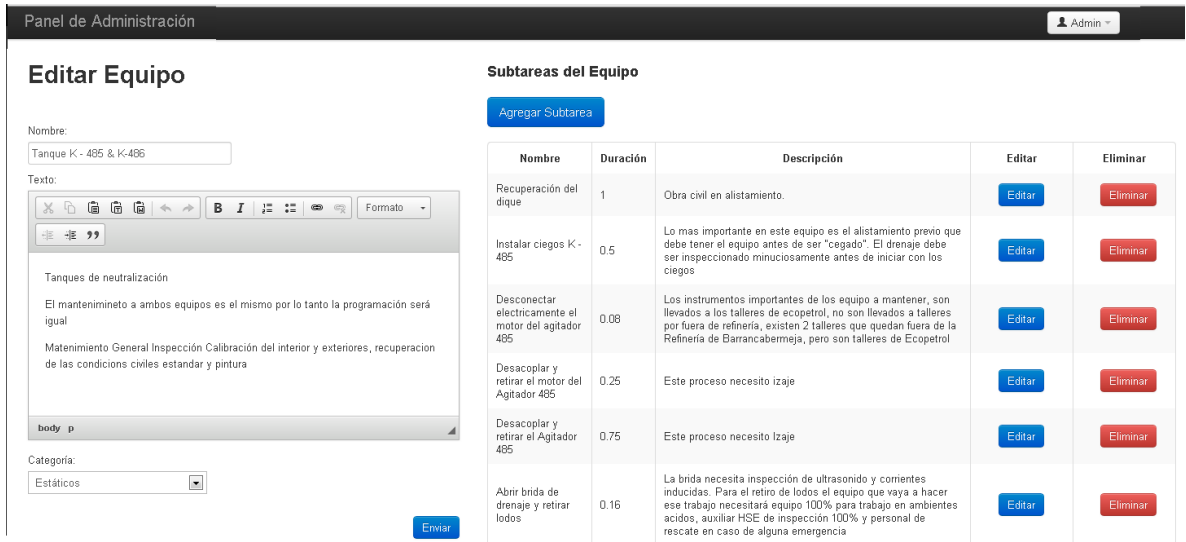
Fuente: Los autores

Figura 47. Nuevo equipo



Fuente: Los autores

Figura 48. Equipos con descripción



Fuente: Los autores

## **CONCLUSIONES**

Dentro de la realización de la parada se logró diseñar un sistema de información capaz de programar fácilmente la actividad de mantenimiento de un equipo mecánico, previa reunión.

La interfaz del sistema le brinda la oportunidad al ingeniero o estudiante, de recordar conceptos de mantenimiento y conocer detalladamente el funcionamiento de una planta de tratamiento de ácido, para un mejor desarrollo de su trabajo como programador.

Es imperativa la participación activa de supervisores y los ingenieros a la hora de programar en el sistema, para poder idealizar de manera correcta los tiempos calculados.

El desarrollo de este sistema le brinda a la compañía la capacidad de reducir tiempos de planeación, dándole una mayor competitividad dentro del mercado industrial y trabajando con las premisas de seguridad y calidad.

## RECOMENDACIONES

El usuario del software debe estar relacionado con conceptos básicos de mantenimiento, teniendo la capacidad de decidir qué tipo de mantenimiento es el correcto para aplicar en determinado equipo y en qué orden deben ir las tareas a programar ya que es necesario y de gran importancia conocer bien los equipos antes de empezar a planear un mantenimiento.

El usuario debe tener competencias en manejo de equipos de cómputo.

El usuario del planeador de mantenimiento debe tener conocimiento del estado real de los equipos a planear, por eso es necesaria una inspección previa a la planta de ácido.

Este software tiene como función principal, entregar la información de procesos de la planta de ácido, experiencias en paradas de planta e historia de mantenimientos programados; además de tener una sección dedicada a la planeación de mantenimientos para cualquier equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] FECUB LTDA. Fernando Cesar Uribe Blanco – Contratista. Portafolio de Servicios. En línea. (Consultado el 29 de abril de 2013). Disponible en: <http://www.fcubltda.com/fecub/>

[2] ECOPETROL S.A. Condiciones Técnicas Específicas “Obras de Mantenimiento Técnico a Equipo estático, eléctrico, instrumentos y rotativo durante la parada de planta de ácido de la gerencia refinería Barrancabermeja, de Ecopetrol S.A.”

[3] ECOPETROL S.A. PROCESO DE CONCURSO CERRADO N° 523625. Carta de presentación de la propuesta a Fecub Ltda.

[4] CÓDIGO ASME B31.3. Procedimiento para prefabricación y montaje de tuberías.

[5] CÓDIGO ASME SECCIÓN V. Procedimiento para ensayos no destructivos.

[6] CÓDIGO ANSI/ASME B31.3 Procedimiento para pruebas hidrostáticas.

[7] ECOPETROL S.A. Procedimiento para pruebas hidrostáticas y especificaciones técnicas.

[8] CENTRAL MAINTENANCE AND WELDING. CMW Sulfuric Acid Plant Expertise.

[9] ASTM B-209M-84. Aluminum and Aluminum Alloy Sheet and Plate

[10] IP 19-3-2 Exxon. International practice Refractory Lining For pressure Vessels and Piping.

[11] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Documentación: Citas y notas de pie de página. 2° Ed. Bogotá: ICONTEC, 1995 7 P. (NTC 1487).

[12] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para numeración de divisiones y subdivisiones en documentos escritos. 2. ed. Bogotá: ICONTEC, 2001 4 P. (NTC 1075).

[13] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación. 5 ed. Bogotá: ICONTEC, 2002 34 P. (NTC 1486).

# **ANEXOS**

**Anexo A. Especificaciones técnicas de la Planta de ácido sulfúrico de la  
G.R.B de Ecopetrol S.A.**

**Alimentación al Horno de descomposición**

<b>Aire</b>	<b>Ácido Gastado</b>	<b>Gas H<sub>2</sub>S</b>	<b>Gas Combustible</b>		<b>Agua</b>
SCFH (NCFM)	(3158)	---	15461 (217.1)	14784 (155.4)	---
GPH (GPM)	---	486 (8.1)	---	---	0
lbs/hr	15855	6889.4	1314.2	941.1	0
Temperatura, °F	100	118	150	100	---

**Condiciones de Gas: Salida del Horno descomposición y Entrada al Paso 1**

<b>Salida del Horno de descomposición</b>		<b>Entrada a Paso 1 del Convertidor</b>	
% de SO <sub>2</sub> , seco	10.58	9,50	
% de O <sub>2</sub> , seco	1.86	8,66	
Gas Seco, NCFM*	3372.8	5044.4.	
H <sub>2</sub> O, NCFM	1156.5.	0	
Gas Húmedo, NCFM	4529.3	5044.4	
Gas Húmedo, SCFM**	5008.2	5623.1	
Temperatura, °F	1950	792	
Presión, pulgadas de H <sub>2</sub> O (g)	-9	166	

### Condiciones y Composición del Ácido Gastado

Ácido Gastado. Proveniente de Alquilación	% Peso
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	90,00
Hidrocarburo	4,00
H <sub>2</sub> O	6,00
Fe, ppm.	300 – 1200
500 ppm típico	

#### Condiciones de Entrega

Presión, PSIG	60
Temperatura, °F	118

### Condiciones y Composición del Gas ácido (H<sub>2</sub>S)

Gas H <sub>2</sub> S	% Moles
H <sub>2</sub> S	80,00
CO <sub>2</sub>	13,89
CO	0,01
N <sub>2</sub>	2,50
O <sub>2</sub>	0,70
H <sub>2</sub>	0,10
Hidrocarburos	2,80
Total	100,00
Condiciones de Entrega	
% H <sub>2</sub> O	1,2
Presión, PSIG	6 – 8
Temperatura, °F	150

## **Anexo B. Carta al comité de trabajos de grado.**

Bucaramanga, Mayo 6 de 2013

Señores

### **COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADO**

Escuela de ingeniería Mecánica

Universidad Industrial de Santander

Apreciados señores.

En vista de que se han cumplido todos los objetivos planteados, hago entrega del trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MANTENIMIENTO PARA UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE ÁCIDO BASADO EN EL MANTENIMIENTO REALIZADO A LA PLANTA DE LA G.R.B. DE ECOPETROL S.A. POR LA EMPRESA “FECUB CÍA LTDA”**, elaborado por los estudiantes, Daney Fernando Bayona Páez y Diego Enrique Cacia Rueda, con códigos 2063170 y 2070314 respectivamente, para su calificación y sustentación.

Atentamente,

**NÉSTOR RAÚL D´CROZ**

Director del Proyecto de Grado