

**Diseño e Ingeniería Conceptual para el Sistema de Protección Contra incendio de los
Recipientes de Almacenamiento de Hidrocarburos Livianos de la Unidad de Craqueo
Catalítico UOP I**

Jorge Iván Ramírez Restrepo y Edwin José Sanguino Rodríguez

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero en Procesos de Refinación y
Petroquímica**

Director

M Sc. Crisóstomo Barajas Ferreira

Codirector

Ing. Diego Fernando Muñoz Baquero

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2022

Dedicatoria

A nuestro creador el padre celestial que me colmó de sabiduría, que me levantó cada vez que tropecé y me permitió llegar a este final de mi formación académica. A mi amada esposa Luz Marina Murillo por darme todo su apoyo incondicional, su ternura, su amor y comprensión. A mis hijos Stiven Ramírez y Nicolás Ramírez por sus ocurrencias para darme siempre felicidad, ánimo, y mantener de igual manera sus responsabilidades al cien para que yo mantuviera mi atención en mis estudios. A mi familia en general y todas las personas que de una u otra forma influyeron en esta hermosa etapa de nuestras vidas, que creyeron en nosotros y nos animaron siempre a caminar con la cabeza en alto y afrontar cada obstáculo con decisión y compromiso, Por último y no menos importante a nuestra amada empresa Ecopetrol por darnos la oportunidad de fortalecer nuestro conocimiento y brindarnos acompañamiento e impulsarnos siempre hacia el crecimiento personal, laboral y profesional.

Jorge Ramírez

Dedicatoria

Mi tesis la dedico a mi amada esposa Claudia María por darme su amor y la motivación al tener la comprensión en los días de estudio. Su apoyo fue clave para seguir superándome cada día. A mis hijos Juan Pablo, María José y Francisco Alejandro, su alegría y espontaneidad en la pandemia al desenvolverse en el estudio virtual me enseñaran como tomar mis clases en estos tiempos de esfuerzo. A mis padres Josefito y Ligia Teresa, por creer en mi tener firme la esperanza de ver a su hijo profesional de la Universidad Industrial de Santander. A mis compañeros de estudio y trabajo que nos apoyaron tanto en Ecopetrol como en las clases, pues en momentos difíciles siempre nos alentaron a seguir a delante, sin esperar nada a cambio. A mis profesores de la Universidad Industrial de Santander, por darme lo mejor de su conocimiento y de su experiencia, hicieron que este proyecto fuera una experiencia enriquecedora para nuestra vida laboral y cotidiana. A nuestros directivos de Ecopetrol de la Gerencia de Refinería Barrancabermeja, por creer en mí y permitir la disponibilidad de ejecutar este proyecto educativo.

Edwin Sanguino

Agradecimientos

A Dios por sus bendiciones y la oportunidad de aprender cada día.

A nuestras familias, por acompañarnos, entendernos y apoyarnos incondicionalmente en todo este camino profesional y personal, por llenar de mucho amor cada momento y espacio en nuestros hogares cuando estuvimos ausentes.

Al departamento de Cracking I, por darnos la oportunidad de desarrollar el proyecto en una de sus unidades de proceso, en especial a Johnson Alberto Uribe, Orlando de Jesús Montoya y al ingeniero Yenny Ravelo.

Integrantes de la coordinación de Prevención y control de emergencias, en especial al ingeniero Jesús Ramírez Alvarez y Adrian Acosta por su apoyo incondicional.

Miguel Ángel González Guerrero, ingeniero de integridad técnica PGI.

Diego Fernando Muñoz Baquero, ingeniero del departamento de ingeniería de plantas GTE por su apoyo incondicional y transmitirnos su pasión por este hermoso tema.

Tatiana Alejandra Betancourt, profesional de procesos, Data Banks MKS por todo el acompañamiento.

Tabla de contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Objetivos	17
1.1 Objetivo General	17
1.2 Objetivos Específicos	17
2. Marco Conceptual	18
2.1 Marco Histórico	18
2.1.1 <i>Historia de la unidad</i>	20
2.1.2 <i>Análisis de Consecuencias</i>	38
2.1.3 <i>Simulacros y Procedimientos operativos normalizados (PON)</i>	40
2.1.4 <i>Simulaciones hidráulicas</i>	42
3. Diagnóstico del estado actual de los escenarios de riesgos definidos en la unidad de producción de UOP I	43
3.1 Sistema de almacenamiento de agua contraincendios	43
3.2 Sistema de bombeo	44
3.3 Red de distribución de agua contraincendio	44
3.4 Sistema de protección contra incendios a base de agua en la unidad de UOP I.	46
3.5 Identificación de las áreas que requieren sistemas de protección contra incendios a base de agua en la unidad de Craqueo Catalítico UOP I.	49
4. Metodología	51

4.1 Definición del sistema de protección contra incendios a base de agua de las áreas de riesgo identificadas en la unidad de Craqueo Catalítico UOP I.	51
4.2 Datos de sitio y datos meteorológicos	56
4.3 Estudio de análisis de Riesgos operacionales Arthur D' Little	57
4.4 Sistema Propuesto	57
4.5 Alcance por especialidad	63
4.5.1 <i>Especialidad de Procesos</i>	63
4.5.1.1 Especificación de tuberías.	64
4.5.1.2 Cálculos hidráulicos.	64
4.5.2 <i>Especialidad de Instrumentación y control</i>	64
5. Conclusiones	66
6. Recomendaciones	67
Referencias Bibliográficas	68
Apéndices	70

Lista de figuras

	Pág.
Figura 1. <i>Diagrama de cargas y productos de la UOP I</i>	24
Figura 2. <i>ECOVCB-UOP I-DGC Sección de carga y Sección Catalítica</i>	27
Figura 3. <i>ECOVCB-UOP I-DGC Sección de Fraccionamiento y Sección Compresión</i>	30
Figura 4. <i>ECOVCB-UOP I-DGC Sección de Recuperación de vapores</i>	33
Figura 5. <i>ECOVCB-UOP I-DGC Sección de Recuperación de Etano-Etileno</i>	36
Figura 6. <i>Plot plan de la unidad de Cracking UOP I</i>	37
Figura 7. <i>Convenciones de los procesos de la unidad de Cracking UOP I</i>	38
Figura 8. <i>Configuración actual de la red contraincendios en la GRB</i>	45
Figura 9. <i>Anillo de 20" optimización de la red contraincendios en la GRB</i>	46
Figura 10. <i>Plano interconexión sistema de contraincendios, detalle de la UOP I</i>	47
Figura 11. <i>Distribución de áreas de riesgo</i>	50
Figura 12. <i>Plot plan del área de riesgo 1</i>	52
Figura 13. <i>Plot plan del área de riesgo 3</i>	52
Figura 14. <i>Plot plan del área de riesgo 2</i>	53
Figura 15. <i>Simulación del área de riesgo 2</i>	56

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Cargas, tanques y características típicas</i>	21
Tabla 2. <i>Productos</i>	23
Tabla 3. <i>Subproductos</i>	23
Tabla 4. <i>Configuración de la red de agua contraincendios de la GRB</i>	45
Tabla 5. <i>Sistemas de protección contra incendios instalados en la unidad de craqueo Catalítico</i>	
<i>UOP I.</i>	48
Tabla 6. <i>Equipos asociados a el área de riesgo 2</i>	54
Tabla 7. <i>Resumen para el área de riesgo 2</i>	56
Tabla 8. <i>Sistemas y/o equipos a proteger</i>	58

Lista de apéndices

	pág.
Apéndice 1. Datos del sitio y datos meteorológicos	71
Apéndice 2. Estudio de análisis de Riesgos operacionales Arthur D' Little	73

Glosario y abreviaturas

ADL. Arthur D' Little, empresa de consultoría internacional.

BLEVE. Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición.

Bomba Jockey. es una bomba de bajo flujo volumétrico para mantener estable la presión en la red contra incendio en condiciones normales de operación.

Consecuencia. El resultado último de un accidente o exposición a un fenómeno.

DGC. Diagrama grande de control.

EPANET. Software libre para la simulación del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución de tuberías a presión.

FCC. Fluid Catalytic Cracking (Craqueo catalítico fluido).

Frecuencia. Es el número de ocasiones en las que un suceso ocurre en un periodo de tiempo determinado (dimensional, por unidad de tiempo).

GLP. Gas licuado de petróleo.

GRB. Gerencia refinería Barrancabermeja.

ISP. (Incidente de seguridad de proceso), un incidente de seguridad de proceso es un LOPC no controlado o no planeado que tiene un efecto sobre las personas o la propiedad o al medio ambiente o está por encima de la cantidad de umbral permitido.

Likelihood. Combinación de frecuencia y probabilidad.

LOPC. (Pérdida de contención primaria), una liberación no controlada de material de contención primaria.

Peligro. Una característica inherente, física o química, que tiene el potencial de causar daños a las personas, medioambiente y a los bienes.

PON. (Procedimientos operativos normalizados), acciones específicas de respuestas, que permiten a todos los organismos y personas que intervienen en la atención de una emergencia actuar de forma coordinada, facilitando las comunicaciones y optimizando los recursos disponibles.

Plot Plan. Plano de implantación que referencia todos los equipos de la unidad y los acota mediante coordenadas.

Riesgo. La combinación de la magnitud de las pérdidas y la likelihood de dichas pérdidas en el caso que un peligro ocurra.

TAG. Sistema de identificación de equipos e instrumentos de acuerdo con su función y ubicación.

Tubería CS. Se denomina también tubería en acero al carbono. Las tuberías de acero al carbono están hechas de lingotes de acero o aceros redondos sólidos a través de la perforación en tubos capilares, que luego se laminan en caliente, laminan en frío o estiran en frío.

UOP I. Universal Oil Products Company (UOP), nombre que se le dio a la primera unidad de craqueo catalítico fluidizado de este fabricante en el año 1979.

VCE. Roturas catastróficas de equipos y explosiones de nube de vapor.

VRU. Unidad de recuperación de vapores.

Resumen

Título: Diseño e ingeniería conceptual para el sistema de protección contra incendio de los recipientes de almacenamiento de hidrocarburos livianos de la unidad de craqueo catalítico UOP1.*

Autores: Jorge Iván Ramírez Restrepo, Edwin José Sanguino Rodríguez.**

Palabras claves: VRU, liviano, craqueo, sistema diluvio, válvula, automático.

Descripción

Las unidades de cracking, VRU, Etano-etileno y amina, son plantas las cuales manejan y procesan productos derivados del petróleo, altamente inflamables y combustibles, los cuales generan un alto riesgo de explosión e incendio dentro de las instalaciones. Algunos de estos fluidos tienen composiciones asimilables al gas licuado de petróleo (GLP) por lo que presentan riesgos potenciales de generar explosiones tipo BLEVE (boiling liquid expanding vapour explosion) que llevan a la escalación de incendios a los bloques de planta anexos. Por esta razón, para algunos equipos se utilizaron criterios de protección tomados del API 2510 A *“Fire protection considerations for the design and operation of liquefied petroleum gas (LPG) storage facilities”*.

Además de los incendios tipo BLEVE, se pueden anticipar incendios tipo “jet” debido a que la presión en casi todos los casos supera las 50 psig.

Debido a la cercanía entre equipos a proteger según el reporte de Arthur D’ Little (ADL) de otros cuya protección no se solicita en el estudio, se toma como área potencial de incendio la que incluye los equipos alrededor de los que se deben proteger dentro de un área de 15m x 15m (criterio API STD 521 *“Guide for Pressure-relieving and Depressuring Systems”*). De esta manera, toda la planta se ha dividido en secciones protegidas por válvulas de diluvio automáticas.

Esta ingeniería contempla las modificaciones del sistema de protección contra incendios de la unidad U-2700 requeridas para resolver las recomendaciones generadas por el estudio realizado por Arthur D’ Little (ADL), en las cuales se exponen los diferentes riesgos asociados a la pérdida de contención e incendio dentro de las instalaciones de la planta.

El análisis de la información se llevó a cabo siguiendo los lineamientos de las técnicas de gestión de peligros y riesgos aprobadas por Ecopetrol S.A. los cuales son descritos en el desarrollo este trabajo.

La modelación hidráulica de los nodos y lazos de suministro de agua para la protección de los equipos críticos se realizó por medio de un Software llamado EPANET 2.0.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Ingeniera de Procesos de Refinación y Petroquímica.

Director. MSc. Crisóstomo Barajas Ferreira.

Codirector. Ing. Diego Fernando Muñoz Baquero

Summary

Title: Design and conceptual engineering for the fire protection system for the light hydrocarbon storage vessels of the UOP1 catalytic cracking unit.*

Authors: Jorge Iván Ramírez Restrepo, Edwin José Sanguino Rodríguez.**

Keywords: VRU, light, cracking, deluge system, valve, automatic.

Description

The cracking units, VRU, Ethane-ethylene and amine, are plants which handle and process highly flammable and combustible petroleum products, which generate a high risk of explosion and fire within the facilities. Some of these fluids have compositions that can be assimilated to liquefied petroleum gas (LPG), which is why they present potential risks of generating BLEVE (boiling liquid expanding vapor explosion) type explosions that lead to the escalation of fires to the adjacent plant blocks. For this reason, protection criteria taken from API 2510 A “Fire protection considerations for the design and operation of liquefied petroleum gas (LPG) storage facilities” were used for some equipment.

In addition to BLEVE type fires, “jet” type fires can be anticipated because the pressure in almost all cases exceeds 50 psig.

Due to the proximity between equipment to be protected according to the report by Arthur D'Little (ADL) of others whose protection is not requested in the study, the potential fire area is taken to include the equipment around which it must be protected within of an area of 15m x 15m (API STD 521 “Guide for Pressure-relieving and Depressuring Systems”). In this way, the entire plant has been divided into sections protected by automatic deluge valves.

This engineering contemplates the modifications of the fire protection system of unit U-2700 required to resolve the recommendations generated by the study carried out by Arthur D' Little (ADL), in which the different risks associated with the loss of containment are exposed. and fire inside the plant facilities.

The analysis of the information was carried out following the guidelines of the hazard and risk management techniques approved by Ecopetrol S.A. which are described in the development of this work.

The hydraulic modeling of the nodes and water supply loops for the protection of critical equipment was carried out using software called EPANET 2.0.

* Degree work

** Faculty of Physicochemical Engineering. School of Chemical Engineering. Refining and Petrochemical Process Engineer.

Director. MSc. Crisostomo Barajas Ferreira.

Co-director. Ing. Diego Fernando Muñoz Baquero

Introducción

Las unidades de Cracking, VRU, Etano-Etileno y Amina, manejan y transportan combustibles y derivados del petróleo altamente inflamables, los cuales generan un alto riesgo de explosión e incendio dentro de las instalaciones industriales.

Debido a esto se debe disponer de un sistema de protección adecuado el cual pueda operar de forma eficaz y eficiente en la lucha contra incendios. A pesar de que las áreas operativas poseen sus propios sistemas de protección contra incendios, éstos no son suficientes según los estudios realizados por firmas como Arthur D'Little (ADL). Pese a que las áreas operativas cuentan con estos equipos, la unidad Craqueo UOP I no cuenta con un sistema contra incendios que pueda responder satisfactoriamente a una emergencia real.

La falta de protección en algunos equipos genera un riesgo el cual debe eliminarse evitando la materialización de una conflagración por medio de la oportuna y anticipada intervención.

Ahora bien, ¿cuál es el sistema de protección contra incendios que se recomienda instalar para esta unidad de craqueo en UOPI, que pueda proteger los equipos que se vean afectados en una posible conflagración, y que se dé cumplimiento con la recomendación arrojada por el estudio realizado por la firma (ADL), la cual busca proteger los equipos que almacenan GLP ya que estos están considerados con alto grado de criticidad en el desencadenamiento de un evento de fuego y posible BLEVE?

Para evitar que estos daños se materialicen se propone diseñar un sistema de protección contra incendios, basado principalmente en sistemas de diluvio (aspersores) para la protección de los equipos expuestos a riesgos físicos que pueden llegar a ser catastróficos. Entre los equipos que presentan este tipo de riesgo se encuentran las vasijas de almacenamiento de GLP, con potencial

de riesgo a ocasionar un BLEVE de sus iniciales en inglés (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion cuya traducción sería "Expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición") como producto de la exposición a la radiación térmica como consecuencia de un evento no planeado en áreas o equipos aledaños.

El diseño se basará en un suministro de agua a la planta a una presión estática de 896 kPa (*130 psi*) y una presión residual no menor a 689 kPa (*100 psi*). Los cálculos hidráulicos se basarán en la fórmula de Hazen-Williams según la norma NFPA 15 y un coeficiente de fricción "C" de 120 para tuberías de acero galvanizado, la presión en el punto más remoto de los aspersores no será menor a 138 kPa (*20 psi*), la velocidad en las tuberías no será mayor a 6,10 m/s (*20 ft/s*) (Ecopetrol S.A., 2013).

Este sistema debe cumplir con la normativa vigente y con los requerimientos de agua sugeridos en el modelado de escenarios críticos que se han desarrollado tanto por parte de la firma (ADL), como el producto adicional de las modelaciones y de los simulacros ejecutados en el área.

1. Objetivos

1.1 Objetivo General

Diseñar la ingeniería conceptual para el sistema de protección contra incendios de los recipientes de almacenamiento de hidrocarburos livianos de UOP I y así mitigar daños estructurales en los equipos en caso de un incendio.

1.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado actual de los escenarios de riesgos definidos en la unidad de Craqueo Catalítico UOP I, mediante el análisis de los estudios de riesgos tecnológico desarrollado por Arthur D'Little, (ADL).
- Identificar los procesos de la unidad que requieren sistemas de protección contra incendio a base de agua, de acuerdo con el diagnóstico de los escenarios de riesgos.
- Formular las recomendaciones con las necesidades de protección contra incendio a base de agua de los procesos de la unidad UOP I.

2. Marco Conceptual

2.1 Marco Histórico

La UOP I es una de las tres unidades de Cracking Catalítico Fluidizado, El FCC craqueo catalítico fluido (Fluid Catalytic Cracking) es un proceso que emplea un catalizador en forma de partículas esféricas muy pequeñas, la cual tiene un proceso de ruptura catalítica para conversión de fracciones pesadas de hidrocarburos en productos más livianos y de mayor valor de la refinería de Barrancabermeja, siendo esta refinería la de mayor capacidad con 250000 barriles por día de procesamiento de hidrocarburos en Colombia.

En 1922 la Refinería de Barrancabermeja empezó su operación usando un alambique traído del Perú con una capacidad de 1500 barriles día. En 1923 se construyó la primera planta eléctrica, con su respectiva unidad de tratamiento de aguas. En 1927, se puso en funcionamiento el tren de vapor y se cambia el alambique por uno con una capacidad para procesar 10000 barriles diarios.

En 1951, después de la instalación de plantas como fenol, aceites y arcillas, se hace efectiva la reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos (ECOPETROL), que había sido creada en 1948 mediante la Ley 165 de ese año.

El 17 de diciembre 1979, comienza la ampliación de la refinería con las plantas de las unidades de Balance, llegando a una capacidad de carga de 140000 barriles; en 1998 se construye y entra a operar la UOP II.

En 2003 el gobierno colombiano reestructuró la Empresa Colombiana de Petróleos, con el objetivo de internacionalizarla y hacerla más competitiva en el marco de la industria mundial de hidrocarburos.

Con la transformación de la Empresa Colombiana de Petróleos en la nueva Ecopetrol S.A., la Compañía se liberó de las funciones de Estado como administrador del recurso petrolero y para realizar esta función fue creada La ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos).

A partir de 2003, Ecopetrol S.A. inició una era en la que, con mayor autonomía, ha acelerado sus actividades de exploración, su capacidad de obtener resultados con visión empresarial y comercial y el interés por mejorar su competitividad en el mercado petrolero mundial.

Actualmente, Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país con una utilidad neta de \$15,4 billones registrada en 2011 y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, pertenece al grupo de las 40 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.

Hoy por hoy, con la entrada en funcionamiento de las plantas y las unidades de craqueo, HDT y HCM la refinería de Barrancabermeja se ha convertido en la más importante de la nación con una carga de 250 mil barriles al año.

Ecopetrol se proyecta como una empresa que generará los cambios para poder hacer una transición a energías limpias sin dejar de ser la Empresa Colombiana de Petróleos (Ecopetrol S.A., 2020).

2.1.1 Historia de la unidad

La UOP I fue diseñada e inició su construcción en el año 1974 como parte de la Unidad de Balance. Fue puesta en funcionamiento en el año 1979. La planta tuvo una ampliación y modernización en el año 1998 que incluyó nuevos avances tecnológicos que mejoraron su eficiencia y productividad.

La UOP I recibe como carga diferentes corrientes que se mezclan a la entrada de la planta para lograr una carga homogénea, continua, sin agua y con temperatura adecuada para el proceso.

La unidad recibe las siguientes cargas:

- Aceite Demetalizado (DMO) proveniente de la Unidad DEMEX.
- Aceite Demetalizado Hidrogenado (DMOH) proveniente de HCM.
- Gasóleo (GAO) proveniente de refinación.
- Crudo Reducido Cusiana (CRC) proveniente del fondo de la torre atmosférica en corridas segregadas de crudo Cusiana.
- Nafta de Viscosreductora (NAPVRA) proveniente de la Unidad Viscosreductora II. Es una gasolina pesada con alto azufre que se inyecta en la base del Riser.
- La planta también recibe otras corrientes secundarias:
 - SLOP proveniente de área externa. Se compone principalmente de drenajes de los equipos y degradaciones de productos. Se carga directamente a la torre Fraccionadora Principal T-2701.
 - GLP proveniente de Turboexpander. Es un GLP que contiene material más pesado del usual (C5+). Se inyecta en el Tambor de Alta Presión D-2754 para recobrar el material pesado en los procesos subsiguientes.

- Nafta proveniente de Unibón. Es una gasolina liviana que se inyecta en VRU o se une con VBK hacia el elevador del reactor.

- Gases provenientes de la Unidad Viscorredutora. En su mayoría es gas combustible con pesados C3+ y alto contenido de H₂S.

- Aguas Agrias provenientes de las 4 Unidades Cracking y de Unibón. La carga fresca de alimentación a la UOP 1 se almacena en los tanques mostrados en la Tabla 1: Cargas, Tanques y Características Típicas.

Tabla 1.

Cargas, tanques y características típicas

Carga	Unidad / Tanque	Característica Típica %				
Producto	Origen / Destino	BSW	Azufre	API	Carbón	V, Na y Ni
Gasóleo	Refinación / K-2803	0,5	0,5-0,85	20-24	0,1-1	3,5-12,5
CRC	Refinación / K-2703	0,5	0,5-0,85	24-27	1,5-3,5	3,5-12,5
DMO	DEMEX / K-2653 / K-2701	0,5	0,5-0,85	20-27	1,5-3,5	3,5-12,5
DMOH	Unibón / K-2702	0,5	0,5-0,85	20-27	1,5-3,5	1,5-3,5
Nafta	Viscorredutora II		0,5-0,85			

Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOGCB-UOPI-MDPU-CA02

La carga que UOP I procesa para generar varios productos de mayor valor. Los productos se obtienen en límite de batería.

ALC. La corriente de aceite liviano de ciclo (ALC) se obtiene en la parte intermedia de la Fraccionadora Principal T-2701. La mayoría del ALC se envía a Almacenamiento (TK-2704). Sin embargo, el ALC también se usa internamente en la unidad como fuente de calor o como material absorbente.

Butano. Este hace parte del pool de GLP de la refinería. El GLP se destina principalmente a cubrir la demanda interna de gas de consumo doméstico.

Etano-Etileno. Se separa en la sección de recuperación de etano-etileno, también llamada lado frío. De ahí pasa a la Planta de Etileno donde todo el etano se transforma en etileno, materia prima para la fabricación de polietileno.

Nafta Debutanizada. La nafta es un producto de craqueo con catalizador, con un intervalo de ebullición de C5 a 450°F (221°C), comúnmente es llamada nafta catalítica. Se obtiene de la cima de la Fraccionadora Principal T-2701 y luego se envía a la sección de compresión. La nafta se procesa para remover los butanos y estabilizarse.

Nafta Pesada. La nafta pesada se obtiene de la parte superior lateral de la Fraccionadora Principal T-2701. Es enviada a la Unidad MEROX y luego pasa al pool de refinería.

Gas Seco. El gas seco es el producto de cima de la Absorbadora Secundaria T-2752. Consiste mayormente de C1 y C2. Se envía a la Unidad de Amina.

Propano. Se usa principalmente como restitución para los sistemas de enfriamiento de UOP 1, UOP 2 y parafinas. El propano sobrante se mezcla con el butano para formar parte del pool de GLP de la refinería.

Slurry. El Slurry es un producto que se obtiene del fondo de la Fraccionadora Principal T-2701. Se envía a la VBR II.

La Tabla 2 Productos, muestra el destino y almacenamiento de los productos.

Tabla 2.*Productos*

Producto	Destino	Tanque
ALC (14% a 25%)	Casa de Bombas C	K-2704
GLP (8% a 18%)	NEA y VEA	D-3160 / D-3161
Incluye Butano y Propano		D-3162 / D-3163
		D-3164 / D-1200
Etano Etileno	Planta Etileno II	
Gasolina (40% a 55%)	Casa de Bombas 4 y 5	K-806 / K-8187
Incluye Nafta Pesada y Debutanizada		K-003 / K-947
Gas Seco (2% a 5%)	Gas Combustible	Red de Gas Combustible
Slurry (6% a 15%)	Casa de Bombas C	K-2804 / K-2705

Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOGCB-UOP1-MDPU-CA02

La unidad genera los subproductos mostrados en la Tabla 3.

Tabla 3.*Subproductos*

Subproductos	Destino
Coque (4% a 8% de la carga)	Se quema en el Regenerador
Catalizador Gastado	Se dispone a Cementeras
Gas Combustible (mayormente Metano e Hidrógeno)	Cabezal de Gas Combustible
Vapor de 150 y 600 psig	Cabezal Principal de Vapor

Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOGCB-UOP1-MDPU-CA02

Material de Entrada. La unidad carga aproximadamente 4.6 KB/D de DMO, 19200 de GAO B/D y 500 de CRC B/D.

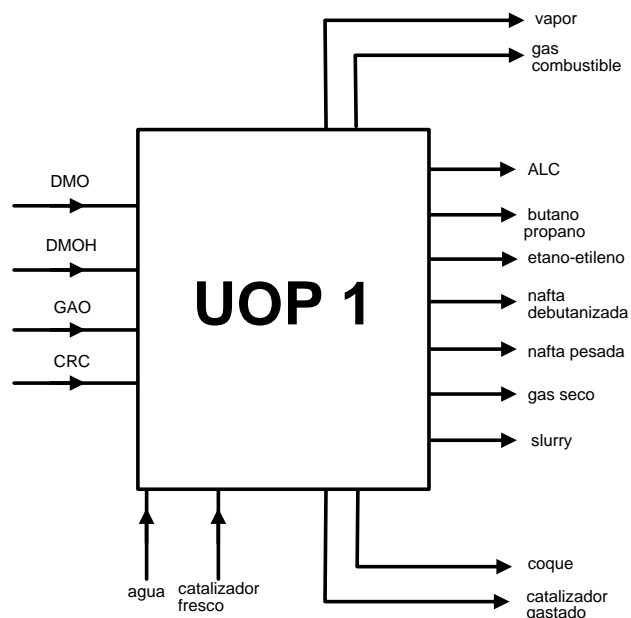
Material de Salida. La unidad produce 5.1 KB/D de ALC, 1.8 KB/D de butano, 4.600 lb/h de etano-etileno, 12.6 KB/D de Nafta Debutanizada, 2.4 KB/D de Nafta pesada, 380000 PCSH de Gas seco, 1.7 de Propano KB/D, 2.1 KB/D de Slurry como productos.

Como subproductos, la unidad genera 230 T/D de Coque, 23 T/mes de Catalizador gastado, 220000 Ft³/h de Gas combustible y 52000 lb/h de Vapor de 150.

La Figura 1. Balance de Material de la UOP I, muestra los materiales que entran y los que salen del sistema.

Figura 1.

Diagrama de cargas y productos de la UOP I



La UOP I tiene en su operación 7 procesos físico – químicos los cuales se detallan a continuación:

La sección de carga de la UOP I recibe y adiciona calor a la carga que va al reactor.

Las corrientes de DMOH, GAO y CRC se bombean a la sección de carga desde los tanques y se calientan al pasar a través de una serie de intercambiadores donde intercambian calor con Slurry.

El tambor de carga recibe la carga precalentada y la envía por los fondos a través de las Bombas de Carga Combinada P-2712A/B. Vapor de 150 psig se inyecta a la línea principal para atomizar la carga.

Sección Catalítica: La carga precalentada y atomizada fluye a la sección catalítica. En ella intervienen tres equipos importantes que son:

Elevador del Reactor. La carga precalentada y atomizada fluye por el elevador del reactor donde se encuentra con el catalizador regenerado. La carga se rompe en moléculas más pequeñas y de mayor valor con la ayuda del catalizador y calor. Al salir en la cima del elevador del reactor, el catalizador y los vapores craqueados se separan.

Reactor. El flujo continúa a través de los ciclones de la parte final del elevador hasta el Reactor R-2701. Se inyecta vapor al reactor para terminar de separar el catalizador de los vapores de hidrocarburo. Los vapores fraccionados fluyen por la cima del reactor a la sección de fraccionamiento. El catalizador usado fluye por el fondo del reactor al Regenerador R-2702.

Regenerador. Durante el proceso de craqueo, el carbón excesivo de los hidrocarburos craqueados se deposita en el catalizador. Este carbón (coque) hace que el catalizador se gaste. Es llevado con el catalizador hasta el Regenerador R-2701.

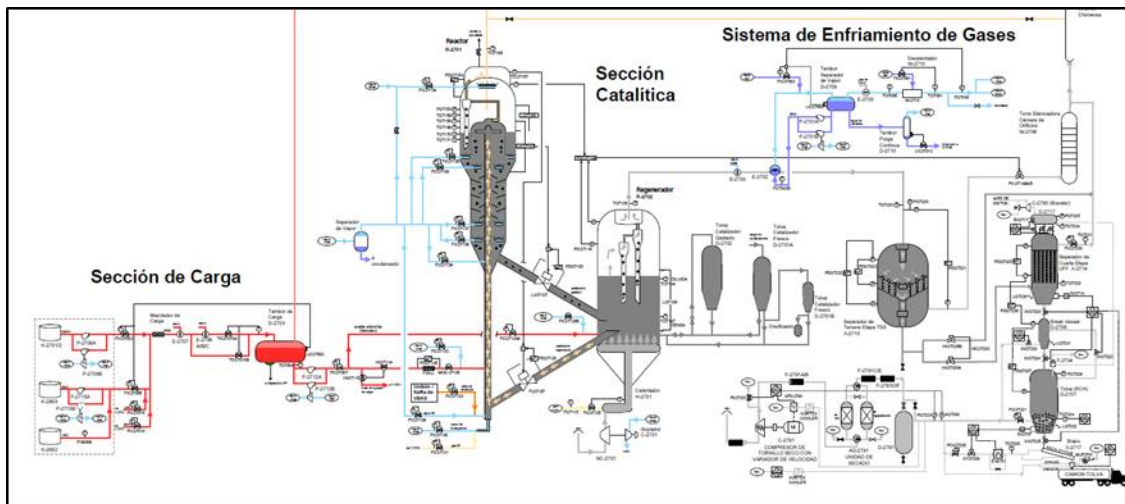
El catalizador gastado entra en contacto con aire suministrado por el Soplador C-2701 en un ambiente a altas temperaturas. Esto causa que el carbón se auto encienda y haga combustión para convertirse en gas de chimenea. Este proceso provee el calor para mantener la temperatura del reactor y elimina el carbón del catalizador gastado. El catalizador regenerado regresa entonces al elevador del reactor para ser usado nuevamente en las reacciones catalíticas.

Sistema de Enfriamiento de Gases, El gas de chimenea contiene gran cantidad de calor. Del Regenerador R 2702, el gas de chimenea fluye al sistema de enfriamiento de gases donde se enfría, generando así vapor.

En este sistema intervienen tres procesos que son:

Gases de Combustión. El gas de combustión pasa por dos calentadores y cede calor al agua. Luego continúa a través de la válvula de corredera (de doble disco) y de ahí a la cámara de orificios de reducción de presión o Torre Silenciadora W-2706 y luego se descarga a la atmósfera por la Chimenea W-2708.

Generación de Vapor. Agua des aireada del sistema de agua de calderas, combinada con vapor húmedo del Generador de Vapor E 2702, fluyen al Tambor de Vapor D-2708. Desde el tambor, el agua se envía por medio de bombas al Generador de Vapor E-2702, donde la temperatura del vapor es elevada al utilizar el calor sensible del gas de combustión (gas de chimenea) proveniente del Regenerador R-2702. La temperatura del vapor se controla con agua tratada que se inyecta en la Estación Decalentadora W-2710. Se genera vapor de alta presión que va al cabezal de vapor.

Figura 2.*ECOVCB-UOP I-DGC Sección de carga y Sección Catalítica*

Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOVCB-UOP1-MDPU-CA02

Sección de Fraccionamiento, La Fraccionadora Principal T-2701 es el equipo primario de la sección de fraccionamiento. En esta sección se separa el efluente del reactor en corrientes de Slurry, APC, ALC, Nafta y gases (gasolina principalmente).

En esta sección se presentan los siguientes procesos:

Corriente Lateral Inferior: Slurry. Los vapores de hidrocarburos generados en el Reactor R-2701 fluyen al fondo de la Fraccionadora Principal T-2701, donde son enfriados a la temperatura de operación normal por medio de la circulación de aceite Slurry.

Rehervidor de la Debutanizadora E-2760. El aceite Slurry se bombea al Rehervidor de la Debutanizadora E-2760 para enfriarse y enviarse a la torre para mantener la temperatura en el fondo.

Intercambiadores de Calor Carga/Slurry E-2706A/B/C. El aceite Slurry se bombea al Intercambiador de Calor Carga/Slurry E-2706 para enfriarse. Una parte se retorna a la torre para

mantener la temperatura en el fondo y la otra se envía como producto Slurry a la Unidad Viscosreductora II.

Supercalentador de Vapor E-2705/Generador de Vapor E-2704. El aceite Slurry se bombea al Supercalentador de Vapor E-2705 y luego pasa al Generador de Vapor E-2704 para enfriarse. Una parte se retorna a la torre para mantener la temperatura en el fondo y la otra se envía como producto Slurry a la Unidad Viscosreductora II.

Corriente Lateral Inferior: APC. El aceite pesado de ciclo (APC) se extrae de la fraccionadora principal y se divide en corrientes que intercambian calor para enfriarse. El APC pasa al Rehervidor de la Debutanizadora E 2761, dona calor los fondos, se enfría y se regresa a la torre. Parte va al Enfriador de Cabeza Flotante E-2715 donde intercambia calor con agua. Luego retorna a la torre. Una pequeña corriente de APC, antes de ser enfriada, se usa como reciclo al elevador del reactor.

Corriente Lateral Media: ALC. El ALC se extrae de la fraccionadora y se envía a para enfriarse, regresar a la torre o pasar por despojadores que les eliminan livianos.

ALC a la Sección de Recuperación de Vapores. La Bomba de Aceite Liviano de Ciclos P 2705A/B envía ALC a la sección de recuperación de vapores para ser usado como fuente de calor en la Depropanizadora T-2755 y el Secador de Propano T-2752. La bomba también envía ALC al Rehervidor de la Despojadora E-2758 para calentar los fondos del Despojador T-2753.

ALC a la Despojadora de ALC T-2702. La Despojadora de ALC T 2702 recibe parte del ALC. Vapor de agua fluye al fondo de la despojadora. En la despojadora, los vapores livianos y el vapor de agua abandonan la cima de esta y retornan a la fraccionadora. Los fondos se enfrían y se almacenan como producto. También puede usarse como aceite flushing.

Corriente Lateral Superior: Nafta Pesada. La nafta pesada se extrae de la parte superior de la fraccionadora. Parte de la nafta se usa para regular la temperatura en la torre y parte es nafta producto.

Nafta al Enfriador de Nafta Pesada E-2711. Las Bombas de Reflujo de Nafta Pesada P-2707A/B transfieren nafta al Enfriador de Nafta Pesada E-2711 donde se enfría. Luego retorna a la Fraccionadora Principal T-2701.

Nafta a la Despojadora de Nafta Pesada T-2703. La Despojadora de Nafta Pesada T-2703 recibe parte de la nafta pesada. Vapor de agua fluye al fondo del despojador. En la despojadora, los vapores livianos y el vapor de agua abandonan la cima de esta y retornan a la fraccionadora. Los fondos se enfrían y van a tratamiento.

Corriente de Cima: Gasolina y Gases. Los hidrocarburos en fase vapor, principalmente gasolina y gases pasan por los Condensadores de Cima E-2713A/B y E 2714A-D donde se enfrían para condensar los líquidos que se separan en el Tambor de Cima D-2705.

Este tambor separa los vapores de cima en tres fases. El agua agria se asienta en el fondo del tambor y va aguas agrias; la gasolina flota sobre el agua agria y se envía como reflujo de la fraccionadora; el gas que no se condensada se mantiene arriba y fluye a la sección de compresión.

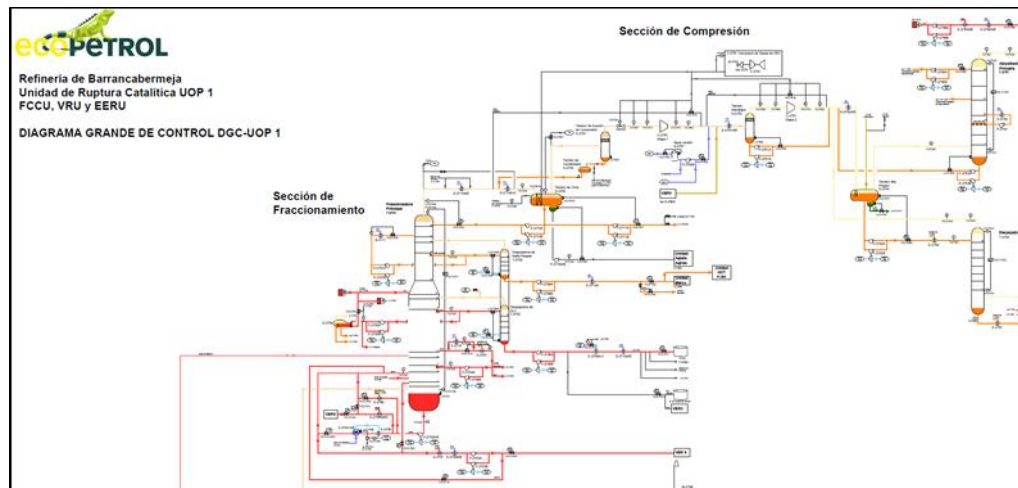
Sección de Compresión, recibe el gas que no se condensa en el tambor de cima y lo envía al Tambor de Succión del Compresor D-2751. Este tambor separa el líquido de la carga del Compresor de Gas Húmedo C 2751. El líquido separado fluye hacia el Tambor de Condensado D-2752.

El compresor de gas húmedo incrementa la presión de la corriente de vapor. Los Condensadores Interetapas E-2751A/B remueven el calor de esta corriente. La corriente fluye al Tambor Inter etapa D-2753, al Condensador de Superficie C-2751 y al Tambor de Alta Presión D

2754. En este último se separan los gases de hidrocarburo de los líquidos de hidrocarburos y la fase acuosa (agua tratada) se acumula al fondo.

Figura 3.

ECO GCB-UOP I-DGC Sección de Fraccionamiento y Sección Compresión



Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOGCB-UOP1-MDPU-CA02

Sección de Recuperación de Vapores, recibe carga de los vapores de hidrocarburos de la sección de compresión y los separa en productos de más valor.

En esta sección se presentan los siguientes procesos:

Absorbedoras Primaria y Secundaria T-2751/T-2752. La Absorbedora Primaria T-2751 y la Absorbedora Secundaria T-2752 recuperan parte del propano, propileno, butano y butileno de la carga gaseosa.

Absorbedora Primaria T-2751. La corriente gaseosa entra al fondo de la Absorbedora Primaria T-2751 donde se pone en contacto con una corriente líquida de absorbente pobre y una corriente del Tambor de Cima D-2705 vía las Bombas de Destilado de Baja Presión P 2711. El líquido recupera la mayor parte de los componentes valiosos, C3 mayormente, y fluye al fondo

como aceite rico. De ahí pasa al Tambor de Alta Presión D-2754. De la cima se obtiene gas seco que va a la Absorbedora Secundaria T-2752.

Absorbedora Secundaria T-2752. El gas seco, gas que no se absorbe, entra al fondo de la Absorbedora Secundaria T-2752, donde el remanente de C3 se recupera usando una corriente de aceite liviano de ciclo (ALC) proveniente de la sección de fraccionamiento. El gas que sale por la cima, gas pobre, se envía a la Unidad de Tratamiento con Amina. Después de tratado, se envía a la Sección de Recuperación de Etano-Etileno. El líquido de fondo, aceite rico, retorna a la Fraccionaria Principal T-2701.

Despojadora T-2753. Separa C3 del hidrocarburo líquido (gasolina mayormente) acumulado en el Tambor de Alta Presión D 2754 por medio de los vapores generados por un rehervidor.

El contacto del líquido y el vapor generado promueve la separación de los compuestos más livianos que C3 y parte del sulfuro de hidrógeno presente en las corrientes, los cuales fluyen por la cima.

La gasolina libre de C3 y más livianos cae al fondo del despojador, continúa hacia el Rehervidor de Despojador T-2753 y pasa a la Debutanizadora T-2754.

Debutanizadora T-2754. El líquido proveniente del rehervidor es gasolina inestabilizada. La gasolina alimenta la Debutanizadora T 2754 donde la mayoría de los C3 y C4 presentes en la carga se remueven por la cima de la torre mediante destilación. Los gases de cima pasan al Tambor de Cima de la Debutanizadora D-2755 y luego va a tratamiento. Parte del líquido de fondo que no va a tratamiento, se usa como reflujo a la Debutanizadora.

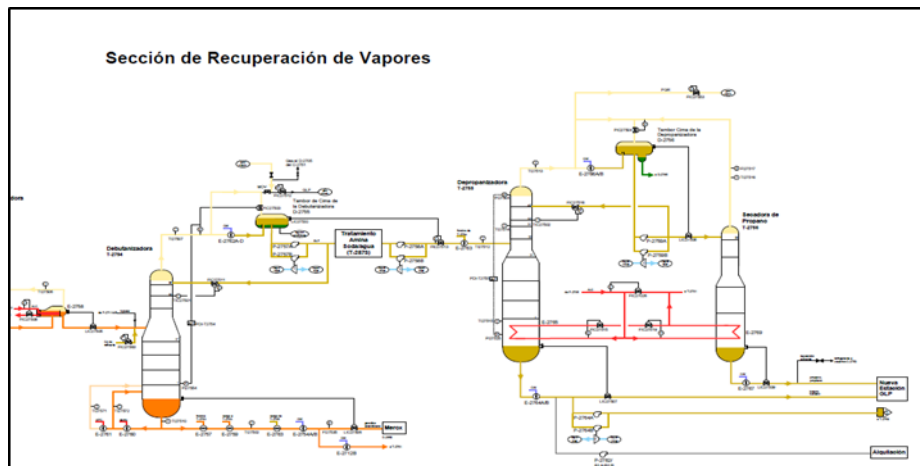
La gasolina estabilizada se obtiene por el fondo de la Debutanizadora. Después de ceder calor, la gasolina se envía a tratamiento de la Unidad Merox.

Depropanizadora T-2755. Recibe carga desde la Unidad de Tratamiento Amina/Soda/Agua y separa el butano y butileno del propano y propileno mediante destilación. La fracción de la carga que se evapora en la Depropanizadora (mayormente C3s) es enviada por la cima de la torre hacia el Tambor de Cima de la Depropanizadora D 2756. En el tambor, el líquido se condensa y se usa como reflujo en la torre.

Del fondo de la Depropanizadora se extrae la fracción de C4 y se enfría en el condensador. Los C4s van a almacenamiento, a alquilación, o se usan como absorbente en otros procesos.

Secadora de Propano. T-2756. Los fondos del Tambor de Cima de la Depropanizadora D-2756, propano, se bombean al Secador de Propano T-2756. Un rehervidor provee calor y propicia la separación de material más liviano contenido en el propano. El gas de cima regresa al Tambor de Cima de la Depropanizadora D-2756. En el tambor, el líquido se condensa y se usa como reflujo en la torre.

El propano que sale por el fondo del secador se enfría y va a almacenamiento.

Figura 4.*ECOVCB-UOP I-DGC Sección de Recuperación de vapores*

Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOVCB-UOP1-MDPU-CA02

Sección de Recuperación de Etano – Etileno, recupera etano-etileno de los vapores de carga de la sección de recuperación de vapores por medio de compresión, lavado, absorción y fraccionamiento.

En esta sección se presentan los siguientes procesos:

Compresión. El gas seco tratado entra al Tambor de Succión del Compresor de C2 D-2758. Los líquidos pesados, aguas agrías, se condensan y van a aguas aceitosas. El gas sale por la cima y entra al Compresor Recíproco C-2752. El gas se comprime generando calor. Luego, se enfría y pasa al Tambor de Descarga del Compresor C2 D 2759. El gas de cima pasa al lavado cáustico.

Lavado. El gas se lava con agua en la Torre de Recuperación de Agua de Lavado Cáustico para reducirle más el contenido de H₂S. El líquido con parte del H₂S cae al fondo de la torre. El gas se dirige a los secadores.

Secado. Uno de los Secadores C-2761A-D recibe gas lavado mientras el otro se regenera. Los fondos del secador en uso se enfrían y se dirigen a la zona de recuperación de C2, alimentando los fondos de la Absorbedora T-2758.

Absorción de C-2. El gas seco y lavado contiene etileno el cual se recupera en la Absorbedora T-2758 por medio de absorción. Líquido proveniente del fondo de la Demetanizadora T-2760 alimenta la parte superior de la torre y según desciende, absorbe la mayor parte del C2 contenido en el gas que asciende.

Existen dos circuitos de rebombeo asociados con la torre los cuales enfrían el material para mantener los perfiles de temperatura en la torre. El gas que sale por la cima de la torre pasa a ser regenerado. El aceite rico que contiene C2 sale por el fondo de la torre y se dirige a la Deetanizadora T-2759.

Regeneración. El gas de cima proveniente de la Absorbedora T 2758 se calienta al pasar por una serie de intercambiadores y llega al Calentador de Regeneración del Secador H-2751. El gas de salida del calentador se enfría y continúa al Tambor Separador de Gas de Regeneración D-2763. En el tambor, el agua se separa del gas. El gas continúa al sistema de gas combustible y el agua va a aguas aceitosas.

Fraccionamiento. La sección emplea dos torres de fraccionamiento para remover separar etano y metano de las corrientes principales.

Deetanizadora T-2759. Los fondos de la Absorbedora T-2758 se bombean hacia la Deetanizadora T-2752. Las bombas envían aceite rico proveniente de la recuperación de C2 a los intercambiadores donde se calienta. El aceite rico precalentado se une entonces a la corriente de fondos de la absorbedora y entran a la deetanizadora.

El líquido cae al fondo de la torre y entra en contacto con vapores que suben por la torre. Los materiales pesados se condensan y los materiales livianos como el etano y el etileno se evaporan.

El líquido pesado que permanece al fondo de la torre va hacia los fondos de la Demetanizadora T 2760, para servir como fuente de calor. El material se enfría y continúa hacia la zona de GLP recuperado o se dirige a la cima de T 2758, para usarse como material absorbente.

Los gases livianos no condensados abandonan la cima de la deetanizadora, se enfrían y entran al Tambor de Cima de la Deetanizadora D-2764 donde ocurre una separación por fases. La fase gaseosa abandona la cima del tambor y se dirige a la Absorbedora T-2758. El hidrocarburo líquido se usa como reflujo de regreso a la deetanizadora o sirve como carga a la Demetanizadora T-2760. La fase acuosa va hacia el sistema de aguas aceitosas.

Los gases livianos no condensados abandonan la cima de la deetanizadora, se enfrían y entran al Tambor de Cima de la Deetanizadora D-2764 donde ocurre una separación por fases. La fase gaseosa abandona la cima del tambor y se dirige a la Absorbedora T-2758. El hidrocarburo líquido se usa como reflujo de regreso a la deetanizadora o sirve como carga a la Demetanizadora T-2760. La fase acuosa va hacia el sistema de aguas aceitosas.

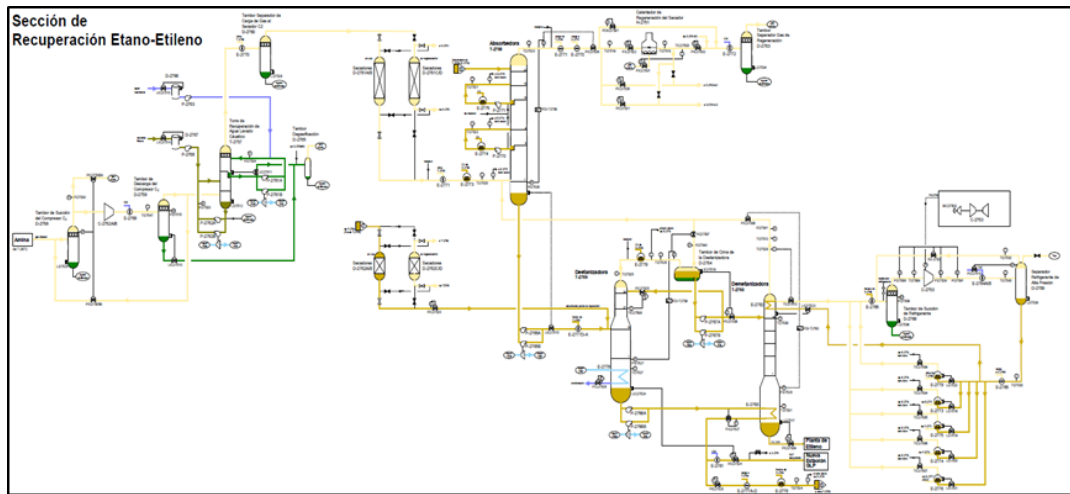
Demetanizadora T-2760. El producto líquido del Tambor de Cima de la Deetanizadora D-2764 carga la Demetanizadora T-2760. El líquido cae al fondo de la torre y entra en contacto con vapores que suben por la torre. Los materiales pesados se condensan y los materiales livianos como el metano e hidrógeno se evaporan.

El gas que sale por la cima se une al gas de carga a la Absorbedora T-2758. El producto de fondos (principalmente C2) es enviado a la Planta de Etileno.

Refrigeración. Los vapores provenientes del serpentín de enfriamiento de la Demetanzadora se unen a un circuito refrigerante que usan una mezcla de propano y propileno (RWD Technologies, 2008).

Figura 5.

ECOGCB-UOP I-DGC Sección de Recuperación de Etano-Etileno



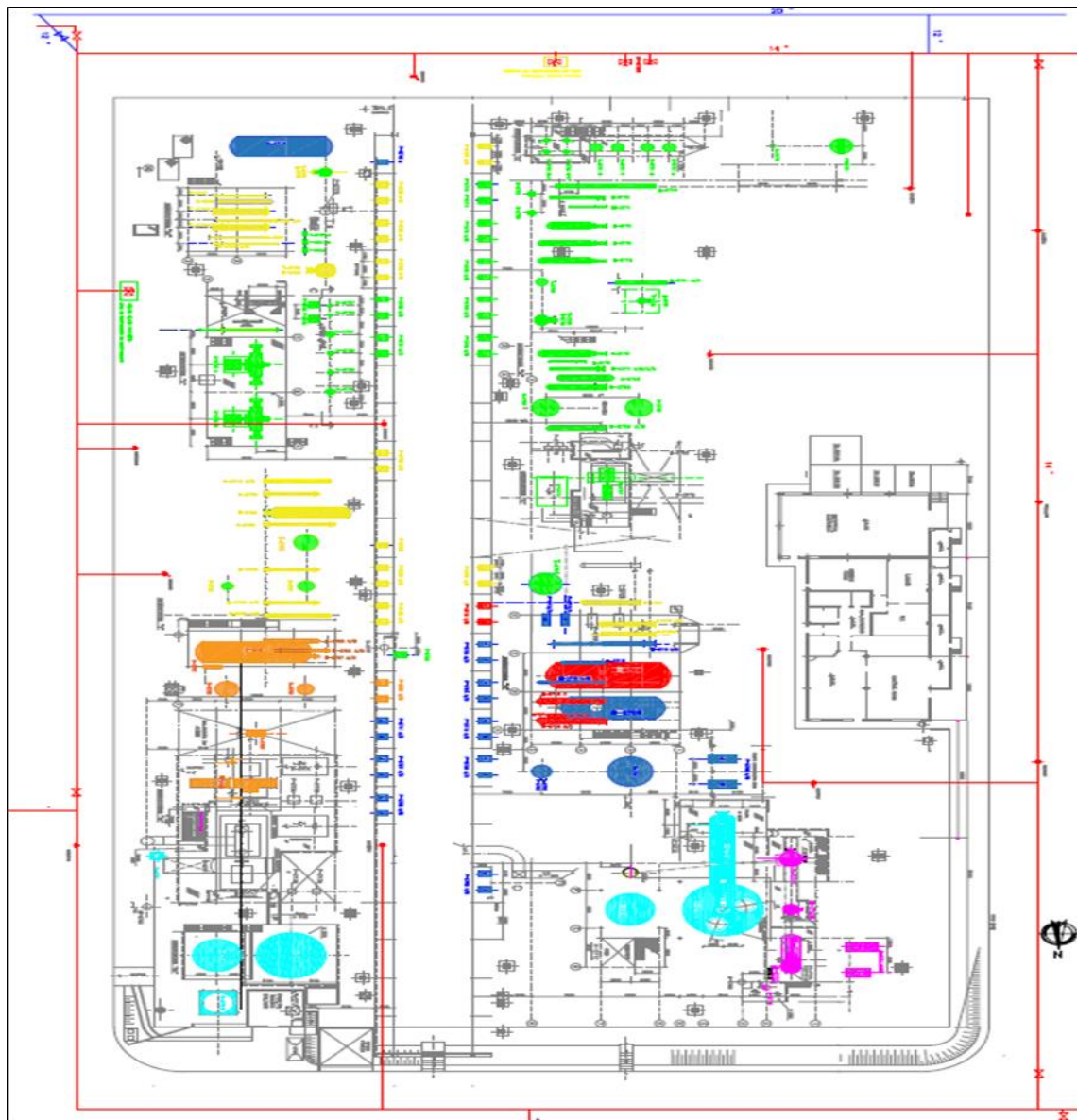
Nota. Manual de descripción de procesos de la unidad FCCU UOP I, ECOGCB-UOP1-MDPU-CA02

La unidad de Cracking UOP I se encuentra ubicada en la zona media del área de Balance de la Gerencia Refinería Barrancabermeja, colindando con las áreas de planta de agua U-2900 y Generación de energía por el lado oriental, con el área de Azufre III por el lado occidental y por el costado norte con el área de tanques de almacenamiento de productos y materias primas.

Ocupa un área aproximada de 16.200 m²; los equipos están ubicados formando bloques que van de sur a norte de la planta; no se encuentran completamente independientes y delimitados.

Figura 6.

Plot plan de la unidad de Cracking UOP I



Nota: Tomado del plano en vista superior de la unidad Cracking UOP I, cada proceso está identificado con un color.

Figura 7.*Convenciones de los procesos de la unidad de Cracking UOP I*

Convenciones		
1	Carga	Red
2	Catalítica	Cian
3	Enfriamiento de Gases	Magenta
4	Fraccionamiento	Azul
5	Compresión	Naranja
6	Recuperación de Vapores	Amarillo
7	Recuperación de Etano - Etileno	Verde

Nota: Cada color está representando un proceso de la figura 1.

En el costado sur de la unidad se observa las áreas de Recuperación de Etano-etileno, donde se opera a altas presiones y temperaturas bajas (en punto de Criogenia) para poder procesarlos en estado líquido y estas temperaturas por lo general están por debajo del punto de congelación del agua. De igual manera se observa también el área de Recuperación de Vapores, donde se procesan livianos (gasolina) y el punto de inflamación es mayor. Los procesos de Fraccionamiento, Compresión, Carga, comparten vecindad con los procesos antes mencionados de una manera directa o indirecta debido a que hay corredores de separación.

2.1.2 Análisis de Consecuencias

Un elemento clave del análisis de riesgos de procesos (ARP), es el desarrollo de los análisis de consecuencias, definido como la evaluación de escenarios potenciales que describen eventos peligrosos que pueden ocurrir debido a la pérdida de controles de ingeniería o administrativos y la

evaluación del impacto resultante en el personal de la planta, comunidades fuera de ella, y el ambiente. Las consecuencias se analizan independientemente de la probabilidad del evento o la frecuencia de ocurrencia.

Se utiliza simuladores de efectos físicos para evaluar la intensidad de los sucesos finales, tales como dispersiones, incendios y explosiones. Los simuladores solo se deben usar cuando estén validados y su capacidad predictiva es aceptada por la organización.

Una vez identificados, cada uno de los escenarios potenciales se caracterizan en función de la composición del producto fugado o manejado, las condiciones de operación o almacenamiento (caudal, presión y temperatura), la geometría de la fuga (diámetro de orificio, altura, orientación).

Los análisis de consecuencias partieron de la información recopilada, las visitas en planta y la experiencia del personal de operaciones de GRB y Arthur D. Little en accidentes pasados y en los mayores peligros en plantas parecidas para identificar los escenarios accidentales para cada planta, se caracterizaron en función de:

- La composición del producto fugado o manejado
- Las condiciones de operación o almacenamiento (caudal, presión y temperatura)
- La geometría de la fuga: diámetro de orificio, altura, orientación
- El objetivo sobre el que se han estudiado los impactos (personas y/o equipos)

Los escenarios accidentales considerados fueron:

- Dispersión de nube tóxica
- Dispersión de nube inflamable
- Incendios: Dardo y Piscina de fuego
- BLEVE/Bola de Fuego

- Explosiones: roturas catastróficas de equipos y explosiones de nube de vapor (VCE).

Las consecuencias consideradas que se analizaron para este estudio incluyeron:

Fugas inflamables e incendios: determinación de las consecuencias potenciales y las distancias de peligro para casos identificados como creíbles (charcos y dardos de fuego, incendio de nubes de gas inflamables, incendio en tanques, etc.). El daño potencial se analizó por comparación de las longitudes de llama, niveles de radiación térmica y dimensiones de las nubes de vapor generadas desde una fuga en un punto determinado de la planta, con el criterio definido para los niveles de daño (por ejemplo, quemaduras humanas y umbrales de letalidad, radiación térmica causando daño estructural a equipos y tanques).

Explosiones (VCE): acumulación de una nube gaseosa en áreas congestionadas o parcialmente congestionadas de la planta. El potencial de daño se analizó por comparación de las sobrepresiones estimadas con los criterios definidos para los niveles de daño (por ejemplo, daño a cristales causando heridas, daño reparable a edificios y daño irreparable a edificios y equipos de la planta) (Arthur D' Little Limited, 2013).

2.1.3 Simulacros y Procedimientos operativos normalizados (PON)

El objetivo de la metodología de simulacros es poder estandarizar el entrenamiento a todo el personal para responder adecuadamente ante posibles eventos no planeados, disturbios y emergencias en la unidad. Este sistema permite que se evalúen, de manera consistente, estandarizada y efectivamente, las respuestas del personal ante situaciones críticas.

Adicionalmente se cuenta con un entrenamiento de respuesta a emergencias en la unidad el cual incluye el entrenamiento básico del operador en cuanto a procedimientos de emergencia y

simulacros, los cuales han sido diseñados en torno a los PON y conceptos de seguridad de la unidad.

Cada simulacro contiene la información necesaria para entrenar en la simulación de situaciones reales de emergencia, perspectiva del problema o condición de disturbio. Como es un simulacro, la medición del desempeño está basada en la memorización de pasos de acción y en verbalizar de las acciones de manera pronta (RWD, Technologies, 2008).

Para el diseño de los PON se requiere contar con la definición de los escenarios de riesgo y de un análisis de riesgos y vulnerabilidad que permita dimensionar las afectaciones y el nivel de repuesta existente en la instalación.

La estructura de un PON corresponde a una secuencia de pasos para establecer la mejor forma de responder ante el evento límite:

- Descripción general del escenario
- Identificación y descripción de todos los recursos necesarios para respuesta a la emergencia.
- Determinación del personal requerido para la atención de la emergencia.
- Información de distancias mínimas de evacuación de personal no involucrado en la respuesta a la emergencia.
- Identificación y descripción de la estrategia para el control, la extinción, la refrigeración para la mitigación del incendio (International fire safety consultants, 2013).

2.1.4 Simulaciones hidráulicas

Las simulaciones se realizan para validar el comportamiento hidráulico de los sistemas de bombeo y redes de distribución de agua, necesarios para suplir los requerimientos de demanda conceptual de los mayores escenarios de riesgo. Para la elaboración de las ingenierías que satisfagan las necesidades de consumo de agua en términos de caudal y presión del sistema contra incendio.

Se realizan en ordenador, con simulaciones en periodo extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de distribución a presión., una red consta de tuberías, nudos (conexiones entre tuberías), bombas, válvulas y tanques de almacenamiento o depósitos. Se determinan los caudales que circulan por cada una de las conducciones, la presión en cada uno de los nudos, el nivel de agua en cada tanque y la concentración de diferentes componentes químicos a través de la red durante un determinado periodo de simulación analizado en diferentes intervalos de tiempo.

Además del conocimiento de la concentración de diferentes componentes químicos, es posible determinar el tiempo de permanencia del agua en las tuberías, así como estudios de la procedencia del agua en cada punto de la red (Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos, 2017).

3. Diagnóstico del estado actual de los escenarios de riesgos definidos en la unidad de producción de UOP I

La refinería cuenta con un sistema propio de almacenamiento, bombeo y distribución de agua contraincendios para todas las áreas de proceso, a continuación, se hace una descripción de cómo está configurado el sistema.

3.1 Sistema de almacenamiento de agua contraincendios

La refinería cuenta con las autorizaciones correspondientes para la captación de agua para la atención de emergencias de la fuente hídrica de la región llamada Ciénaga San Silvestre, adicionalmente utiliza agua de rechazo de los procesos de ultrafiltración y osmosis inversa de la planta de tratamiento de agua.

Actualmente se cuenta con una disponibilidad de almacenamiento de 132.000 Bbl, distribuidos de la siguiente forma:

Tanque de almacenamiento U-3900, K-3900 – capacidad de 80.000 Bbl para 6 horas de incendio.

Tanque de almacenamiento U-2900, K-2908 – capacidad de 52.000 Bbl para 4 horas de incendio.

3.2 Sistema de bombeo

La refinería cuenta con sistema de bombeo distribuido por casa de bombas en diferentes áreas de la siguiente forma:

Casa de bombas U-3900: Asociada al tanque de almacenamiento K-3900 (fuente de captación de agua es la ciénaga San Silvestre), posee cinco (5) bombas de agua contraincendios, tres (3) de ellas accionadas por motores eléctricos, cada una con una capacidad de 2.500 gpm; dos (2) bombas accionadas por motores diésel, con capacidad cada una de 2.500 gpm y dos (2) bombas jockey con capacidad cada una de 500 gpm. En total esta casa de bombas tiene una capacidad de bombeo de 13.500 gpm.

Casa de bombas U-2900: Asociada al tanque de almacenamiento K-2908 (fuente de captación de agua ciénaga San Silvestre y el tanque K-2902 con capacidad de 30.000 Bbl), posee cinco (5) bombas de agua contraincendios, tres (3) de ellas accionadas por motores eléctricos, cada una con una capacidad de 2.500 gpm; dos (2) bombas accionadas por motores diésel, con capacidad cada una de 2.500 gpm y dos (2) bombas jockey con capacidad cada una de 200 gpm. En total esta casa de bombas tiene una capacidad de bombeo de 12.900 gpm.

3.3 Red de distribución de agua contraincendio

La red de distribución de agua contraincendios tiene una longitud aproximada de 47 kilómetros, que recorre toda la zona industrial de las diferentes áreas identificadas como Balance, Petroquímica, Materias Primas, Refinación, Generación de Energía Central del Norte y áreas administrativas de la GRB.

Adicionalmente hace aproximadamente dos años se realizó una optimización de la red de distribución de agua en un anillo de 20" con una longitud aproximada de 10 kilómetros con el cual se reforzó variables de presión y caudal de las diferentes áreas en mención.

Tabla 4.

Configuración de la red de agua contraincendios de la GRB

Ubicación	Longitud en kilómetros	Diámetros en pulgadas
Red área de Refinación y Petroquímica	18	6 a 14 "
Red área de Balance	12	8 a 14"
Red área de Galán	15	8-16"
Red área estación de GLP	2	8"
Longitudes aproximadas	47	

Figura 8.

Configuración actual de la red contraincendios en la GRB

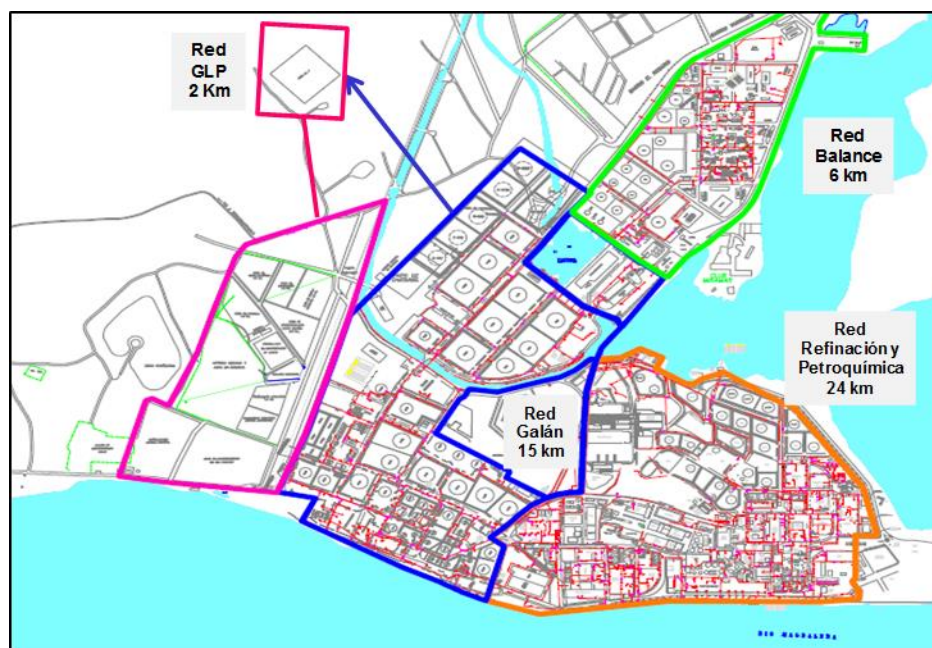
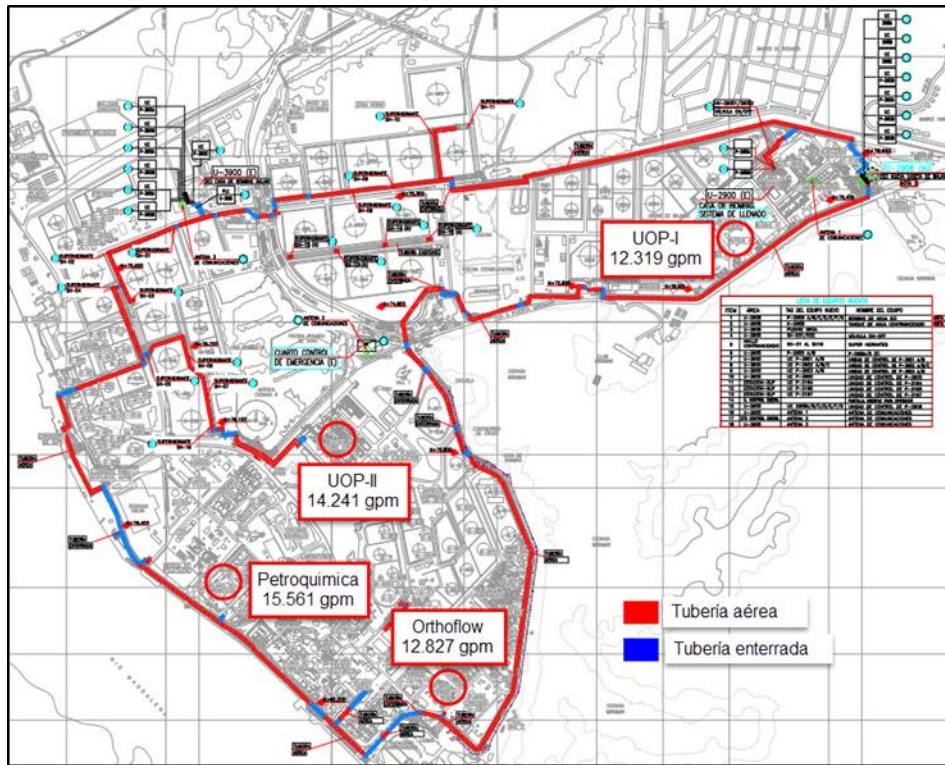


Figura 9.*Anillo de 20" optimización de la red contraincendios en la GRB*

Nota: Este plano es parte de la ingeniería detallada del proyecto de optimización del sistema principal de distribución de agua contraincendio en la GRB (SNC-LAVALIN, 2019).

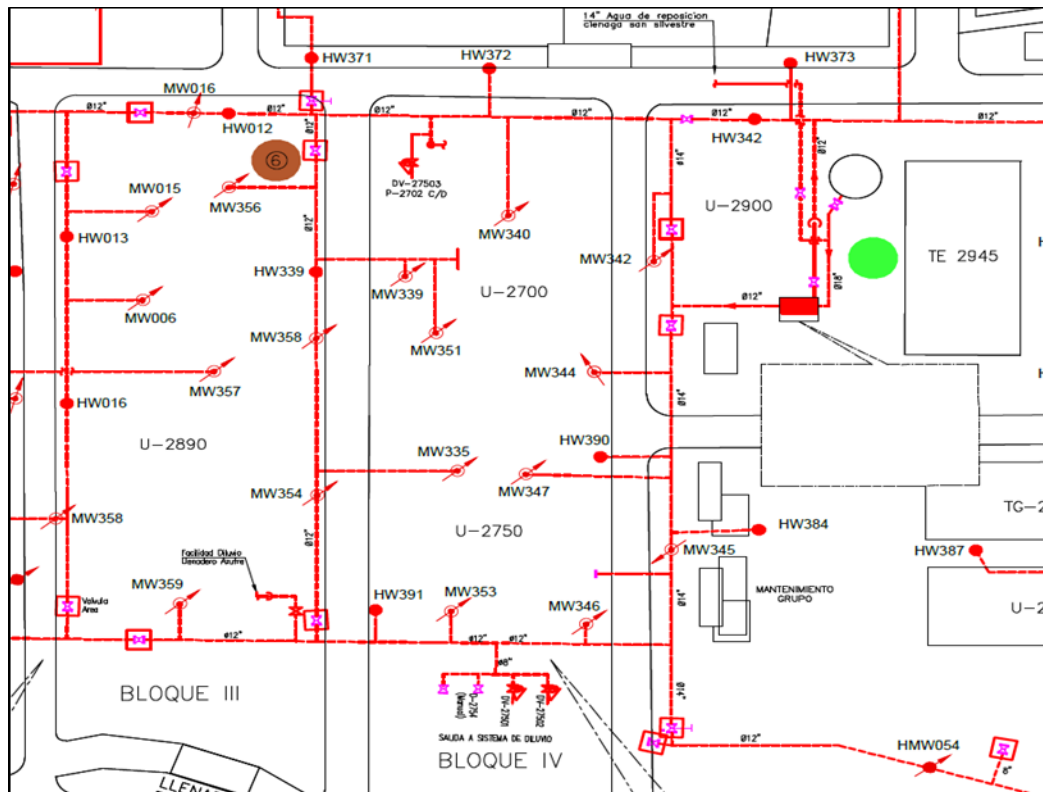
3.4 Sistema de protección contra incendios a base de agua en la unidad de UOP I.

La unidad de Craqueo Catalítico UOP I cuenta con una red interna de agua contraincendios interconectada a la red de distribución del área de Balance en cinco puntos diferentes. Una red de 14" que ingresa por el costado nororiental de la unidad, una red de 12" que ingresa por el costado noroccidental de la unidad, una red de 14" que ingresa por el costado suroriental de la unidad, una red de 12" que ingresa por el costado suroccidental de la unidad y por último una red de 12" que

esta interconectado con el anillo de 20" e ingresa por el costado sur de la unidad. Estas redes se interconectan entre sí para formar un anillo perimetral a la unidad.

Figura 10.

Plano interconexión sistema de contraincendios, detalle de la UOP I



Nota: Las líneas de color rojo identifican la red contraincendios y en color magenta las válvulas de seccionamiento.

La UOP I en su red interna de distribución de agua contraincendios posee equipos de suministro de agua repartidos en 10 monitores, 4 hidrantes.

Cuenta adicionalmente con sistemas de detección de fuego y gas y sistemas de aspersion en algunos equipos de la unidad, principalmente en área de bombas.

Tabla 5.*Sistemas de protección contra incendios instalados en la unidad de craqueo Catalítico UOP I.*

Etapa del proceso	Equipo que protege	Sistema de detección	Sistema de suministro de agua	Elemento de entrega de agua	Modo de Operación
Fraccionamiento	Bombas P-2702 A/B	Slurry Gas	Válvula de diluvio	Boquillas de atomización	Semi- automática
	Bombas P-2703 A/B	Slurry Gas	Válvula de diluvio	Boquillas de atomización	Semi- automática
	Bombas P-2704 A/B	APC			
	Bombas P-2705 A/B	ALC			
	Bombas P-2706 A/B	ALC			
	Bombas P-2710 A/B	Gasolina			
	Carga	Bombas P-2712 A/B	Gasóleo Gas	Válvula de diluvio	Boquillas de atomización
Recuperación de vapores	Tambor D-2754	de alta Sin detección	Válvula manual	Cortina	Manual
	Bombas P-2757 A/B	C5+ Gas	Válvula de diluvio	Boquillas de atomización	Semi- automática
Recuperación de Etano - Etileno	Bombas P-2764 A/B	Butano Gas	Válvula de diluvio	Boquillas de atomización	Semi- automática
	Bombas P-2765 A/B	GLP			

Etapa del proceso	Equipo que protege	Sistema de detección	Sistema de suministro de agua	Elemento de entrega de agua	Modo de Operación
	Bombas P-2766 A/B	GLP			
	Bombas P-2767 A/B	Etano			
	Bomba P-2770	GLP			
	Bomba P-2771	GLP			

3.5 Identificación de las áreas que requieren sistemas de protección contra incendios a base de agua en la unidad de Craqueo Catalítico UOP I.

De acuerdo con el análisis de riesgo tecnológico obtenido del estudio de Arthur D' Little y el estado actual de los sistemas de protección contra incendios a base de agua instalados en la unidad, se considera necesario cumplir con las recomendaciones de los estándares aplicables en industrias petroleras sectorizando la unidad por áreas de riesgo:

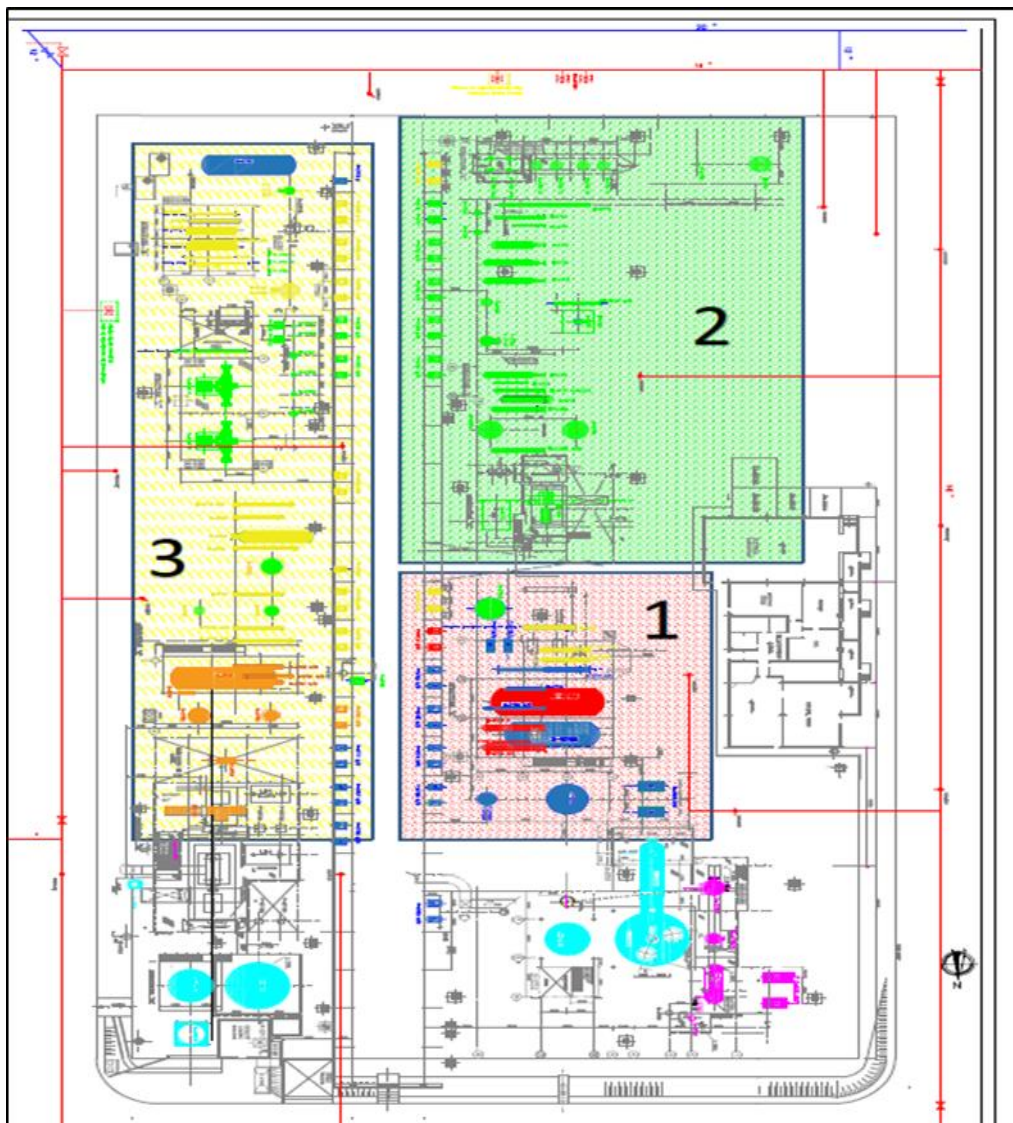
Área de riesgo 1, comprenden parte de los procesos de Carga, Recuperación de vapores y Fraccionamiento.

Área de riesgo 2, comprende el proceso de Recuperación de Etano-Etileno.

Área de riesgo 3, comprende parte de los procesos de Recuperación de vapores, Compresión, Recuperación de Etano-Etileno y Fraccionamiento.

Figura 11.

Distribución de áreas de riesgo



4. Metodología

4.1 Definición del sistema de protección contra incendios a base de agua de las áreas de riesgo identificadas en la unidad de Craqueo Catalítico UOP I.

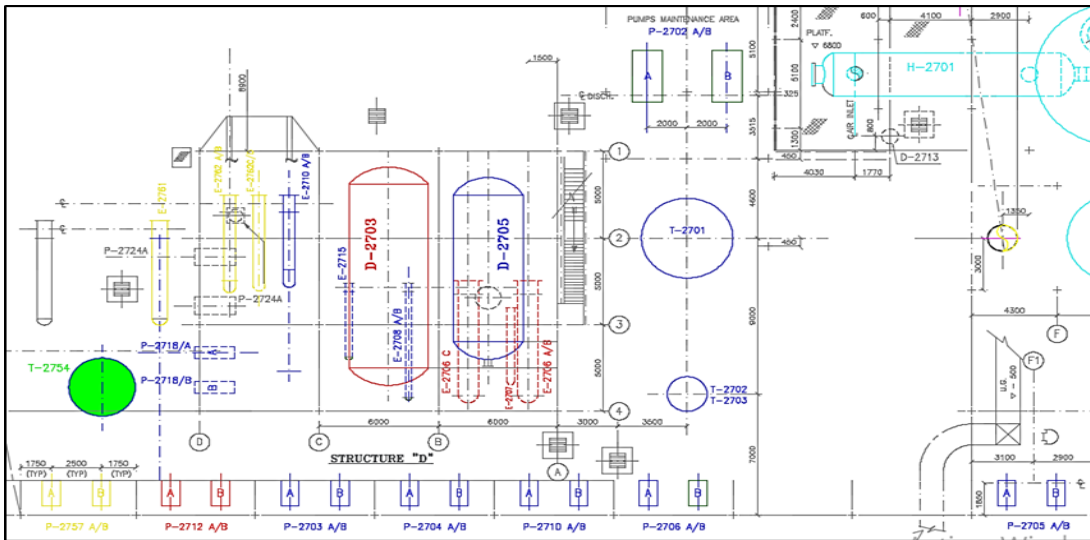
Con las áreas de riesgo identificadas, se definió con el apoyo del Departamento de Ingeniería de Plantas de la GRB las áreas de riesgo 1 a 3, las cuales apoyados en el estudio de Arthur D' Little son consideradas las de mayor prioridad, utilizando el instructivo para desarrollo de ingenierías conceptuales para sistemas contraincendios (Ecopetrol S.A., 2013).

Las recomendaciones del reporte de ADL para la planta fueron evaluadas equipo por equipo, teniendo en cuenta las protecciones existentes, el riesgo asociado, el tipo y tamaño de los sistemas a proteger y los criterios de diseño aplicables.

Área de riesgo 1, la cual comprenden parte de los procesos de Carga, Recuperación de vapores y Fraccionamiento.

Figura 12.

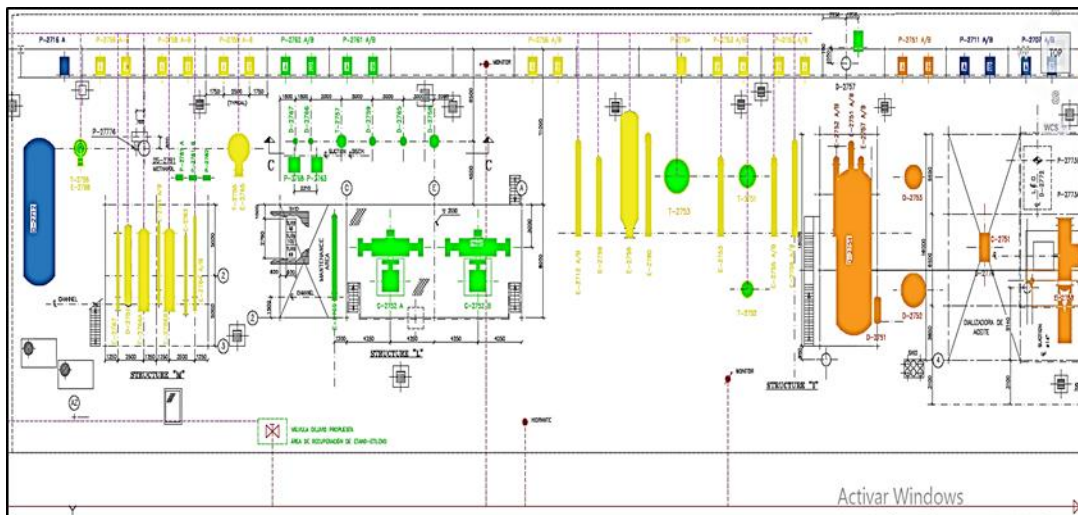
Plot plan del área de riesgo 1



Área de riesgo 3, comprende parte de los procesos de Recuperación de vapores, Compresión, Recuperación de Etano-Etileno y Fraccionamiento.

Figura 13.

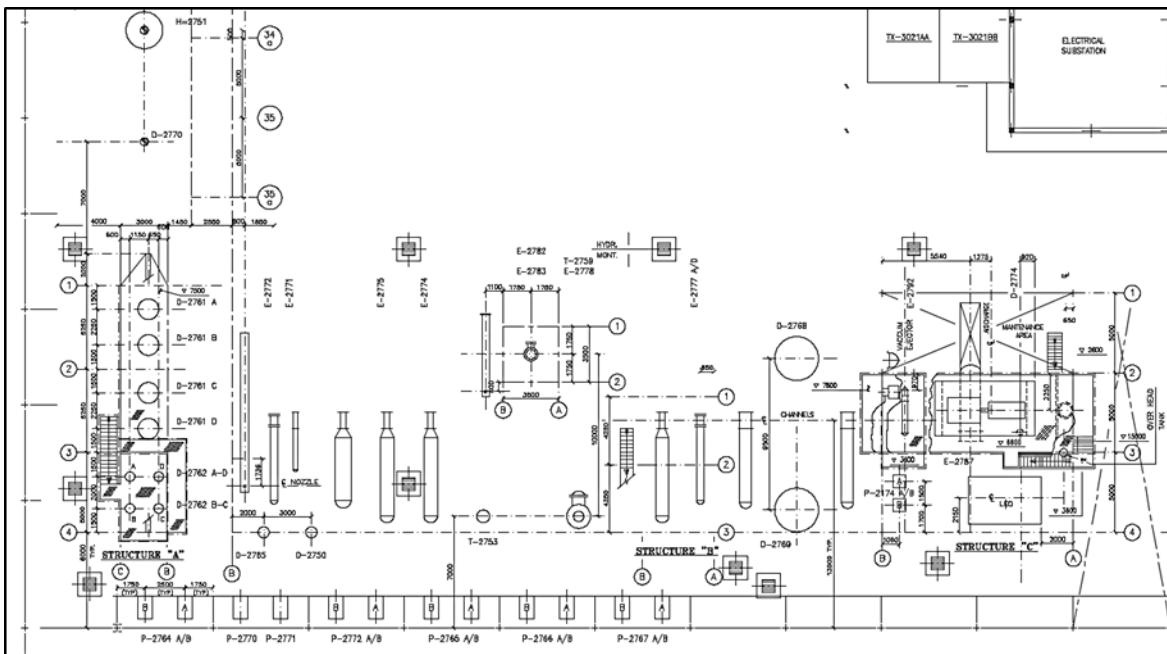
Plot plan del área de riesgo 3



Finalmente se definió para el estudio de este trabajo realizar a profundidad el diseño del sistema de protección contra incendios a base de agua al **área de riesgo 2**, comprende el proceso de Recuperación de Etano-Etileno.

Figura 14.

Plot plan del área de riesgo 2



Para el objeto de este estudio se utilizarán criterios de protección tomados del API 2510 A “Fire protection considerations for the design and operation of liquefied petroleum gas (LPG) storage facilities”. Adicional de los incendios donde pueda presentarse evento de BLEVE, se puede anticipar también incendios tipo “jet” debido a las altas presiones que se manejan en los equipos de esta área de riesgo las cuales en su gran mayoría superan las 350 psi. Debido a la cercanía entre equipos a proteger según las recomendaciones del estudio de Arthur D’ Little, se toma como área potencial de incendio la que comprende los equipos aledaños de los que se deben proteger dentro

de un área de 15m x 15m, según criterio API STD 521 “Guide for Pressure-relieving and Depressuring Systems”.

Las simulaciones hidráulicas se realizaron con el software EPANET 2.0 (Environmental protection Agency's National Risk Management Research Laboratory, 2010).

Tabla 6.

Equipos asociados a el área de riesgo 2

TAG	Servicio
C-2753	Propileno refrigerante a lado frío
D-2760	Retiro condensado a entrada de secador Etano-Etileno
D-2761A	Secador retiro de humedad y % de contaminante
D-2761B	Secador de monóxido de carbono y ácido sulfhídrico
D-2761C	Secador de monóxido de carbono y ácido sulfhídrico
D-2761D	Secador de monóxido de carbono y ácido sulfhídrico
D-2762A	Secadores de Butanos como absorbente de la T-2759
D-2762B	Secadores de Butanos como absorbente de la T-2759
D-2762C	Secadores de Butanos como absorbente de la T-2759
D-2762D	Secadores de Butanos como absorbente de la T-2759
D-2763	Salida gas combustible del sistema a cima de T-2758
D-2764	Tambor de Cima Demetanzadora para Etano-Etileno
D-2768	Tambor de succión del C-2753
D-2769	Tambor descarga del C-2753
D-2770	Tambor de gas combustible para el H-2751
E-2770	Intercambiador Metano/Etileno
E-2771	Intercambiador Etano/Metano
E-2772	Intercambiador Etileno/ Agua

TAG	Servicio
E-2774	Control de temperatura Propano - Etileno
E-2775	Control de temperatura Propano - Etileno
E-2777A	Control de temperatura Etileno / Agua de enfriamiento
E-2777B	Control de temperatura Etileno / Agua de enfriamiento
E-2777C	Control de temperatura Etileno / Agua de enfriamiento
E-2777D	Control de temperatura Etileno / Agua de enfriamiento
E-2778	Enfriamiento hacia la cima de la T-2758
E-2779	Control Temperatura a usuarios Propano / Etileno
E-2781	Enfriamiento GLP / Etileno-Propileno
E-2784A/B	Intercambiador agua para control de presión salida del C-2753
E-2785	Intercambiador Propileno control de presión succión del C-2754
H-2751	Regeneración Etano - Etileno
P-2764A/B	Bombas fondo de la T-2755
P-2765A/B	Bombas fondo de la Absorbedora T-2758 a la Deetanizadora T-2759
P-2766A/B	Bombas de fondo de la T-2759 a la cima de la T-2758
P-2767A/B	Bombas de condensado del D-2764 hacia cima de la T-2760
P-2770	Bomba que recibe del plato 8 al plato 9 de la T-2758
P-2771	Bomba que recibe del plato 18 al plato 19 de la T-2758
T-2758	Absorbedora de Etano-Etileno Metano
T-2759	Torre Deetanizadora Etano-Etileno / Propano-Butano
T-2760	Torre Demetanizadora Etano-Etileno / Propano-Butano

Figura 15.

Simulación del área de riesgo 2

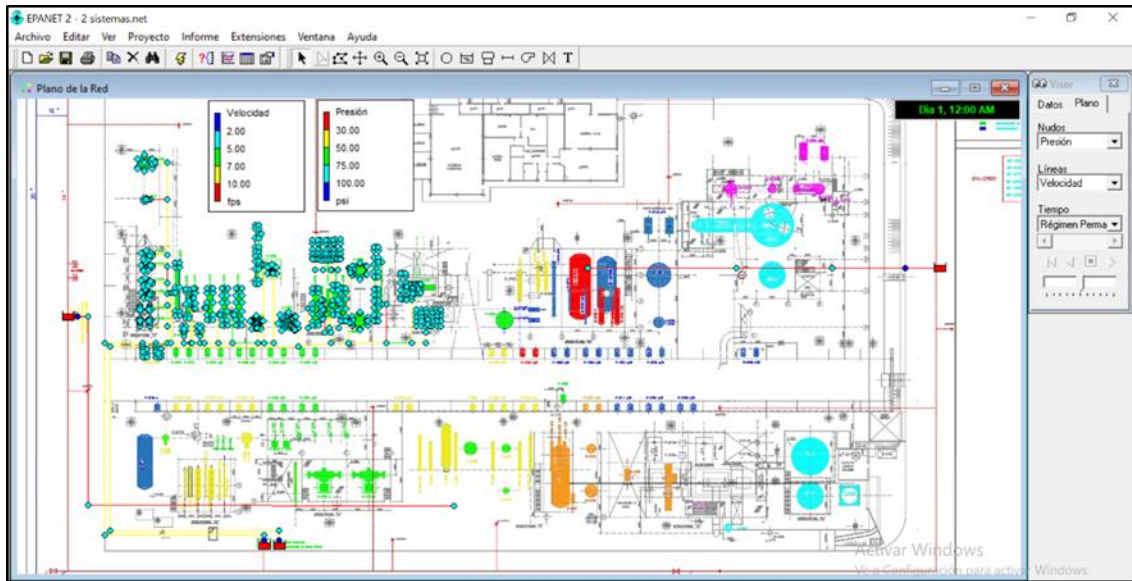


Tabla 7.

Resumen para el área de riesgo 2

Área a proteger ft ²	Cantidad de boquillas	Demanda hidráulica gpm	Densidad de aplicación gpm/ft ²	Cantidad de equipos protegidos
19.375	346	2.995	0,52	43

4.2 Datos de sitio y datos meteorológicos

Ver Apéndice 1

4.3 Estudio de análisis de Riesgos operacionales Arthur D' Little

Ver Apéndice 2

4.4 Sistema Propuesto

La protección específica para distribuir el agua contra incendio a los diferentes equipos se diseñó con el software EPANET versión 2.0. La distribución de tuberías, reducciones, boquillas, elevaciones, etc. al igual que los datos de velocidades, presiones residuales, etc.

Las recomendaciones del reporte de Arthur D' Little para la planta fueron evaluadas equipo por equipo, teniendo en cuenta las protecciones existentes, el riesgo asociado, el tipo y tamaño de los sistemas a proteger y los criterios de diseño aplicables. Los análisis se resumen en la Tabla 8.

Tabla 8.*Sistemas y/o equipos a proteger*

Equipo TAG	Fluido	Estado del Fluido	Flash Point	Presión Operación (psig)	T° Operación (°F)	Área total (Ft ²)	Densidad (gpm/ft ²)	Caudal mínimo (gpm)	# Boquillas (requeridas)	# Boquillas (x área)
C-2753	Propileno	Gas + líquido	-162	217,8	50 / 320	12,88	0,5	131,50	13	16
D-2760	H2 + C1 + C2 + C3	Gas + líquido	-306	430	77	20	0,25	18,56	2	5
D-2761 A	H2 + C1 + C2 + C3	Gas + líquido	-306	430	77	81	0,25	71,96	7	11
D-2761 B	H2 + C1 + C2 + C3	Gas + líquido	-306	430	77	81	0,25	71,96	7	11
D-2761 C	H2 + C1 + C2 + C3	Gas + líquido	-306	430	77	81	0,25	71,96	7	11
D-2761 D	H2 + C1 + C2 + C3	Gas + líquido	-306	430	77	81	0,25	71,96	7	11
D-2762 A	C4	Gas + líquido	-112	460	100	23	0,25	20,03	2	4

Equipo TAG	Fluido	Estado del Fluido	Flash Point	Presión Operación (psig)	T° Operación (°F)	Área total (Ft ²)	Densidad (gpm/ft ²)	Caudal mínimo (gpm)	# Boquillas (requeridas)	# Boquillas (x área)
D-2762	C4	Gas	+ -112	460	100	23	0,25	20,03	2	4
B		líquido								
D-2762	C4	Gas	+ -112	460	100	23	0,25	20,03	2	4
C		líquido								
D-2762	C4	Gas	+ -112	460	100	23	0,25	20,03	2	4
D		líquido								
D-2763	Gas combustibl e + agua	Gas líquido	+ -306	60	100	20	0,25	18,56	2	5
D-2764	Gas combustibl e + H2S + agua	Gas líquido	+ -306	430	-11	60,75	0,25	57,24	6	8
D-2768	Propileno	Gas líquido	+ -162	22	52	76	0,25	74,61	7	12
D-2769	Propileno	Gas líquido	+ -162	205	100	93	0,25	102,89	10	14

Equipo TAG	Fluido	Estado del Fluido	Flash Point	Presión Operación (psig)	T° Operación (°F)	Área total (Ft ²)	Densidad (gpm/ft ²)	Caudal mínimo (gpm)	# Boquillas (requeridas)	# Boquillas (x área)
D-2770	Gas combustible e + agua	Gas líquido	+ -306	70	100	15	0,25	14,63	2	5
D-2773	Propileno	Gas líquido	+ -306	430	100	130	0,5	214,50	20	8
E-2770	GLP	Gas líquido	+ -306	410	77	27,4372	0,25	24,18	3	6
E-2771	Metano/Etano	Gas líquido	+ -306	65	430	9,96	0,5	9,66	1	4
E-2772	GLP	Gas líquido	+ -306	415	20	20	0,25	17,89	2	6
E-2773	GLP	Gas líquido	+ -306	415	20	213,92	0,25	33,99	4	8
E-2774	GLP	Gas líquido	+ -306	450	197	206,8	0,25	50,43	5	10
E-2775	GLP	Gas líquido	+ -306	450	197	206,8	0,25	50,43	5	10

Equipo TAG	Fluido	Estado del Fluido	Flash Point	Presión Operación (psig)	T° Operación (°F)	Área total (Ft ²)	Densidad (gpm/ft ²)	Caudal mínimo (gpm)	# Boquillas (requeridas)	# Boquillas (x área)
E-2776	GLP	Gas + líquido	-306	450	197	206,8	0,25	52,23	5	10
E-2777 A	Propileno/ fondo C4	Gas + líquido	-306	450	197	21,6	0,25	18,99	2	8
E-2777 B	GLP + Metanol	Gas + líquido	-306	420 / 50	227 / 231	21,6	0,25	18,99	2	8
E-2777 C	GLP + Metanol	Gas + líquido	-306	5 / 415	(-39) / -37	21,6	0,25	18,99	2	8
E-2777 D	GLP + Metanol	Gas + líquido	-306	167 / 60	160 / 100	21,6	0,25	18,99	2	8
E-2779	C3 + C2 + C1	Líquido + gases	-306	205	100	68,25	0,25	59,98	6	10
E-2781A	Agua + C2 + C3	Líquido + gases	-306	80	450	16,17	0,25	14,75	2	6
E-2781B	Agua + C2 + C3	Líquido + gases	-112	550	100	16,17	0,25	14,75	2	6

Equipo TAG	Fluido	Estado del Fluido	Flash Point	Presión Operación (psig)	T° Operación (°F)	Área total (Ft ²)	Densidad (gpm/ft ²)	Caudal mínimo (gpm)	# Boquillas (requeridas)	# Boquillas (x área)
E-2784 A	GLP	Gas líquido	+ -112	550	100	57,6	0,25	50,34	5	10
E-2784 B	GLP	Gas líquido	+ -306	470	30	57,6	0,25	50,34	5	10
E-2785	GLP	Gas líquido	+ -306	470	30	49,92	0,25	43,43	5	10
E-2787	Propileno	Gas líquido	+ -306	490	220	60	0,25	52,23	5	10
H-2751	GLP	Gas	-306	490	220	135,7	0,25	120,64	12	13
P-2764 A	C4 / C4= (Butano/B utileno)	Líquido	-211	560	-18	18,88	0,5	41,29	4	5
P-2764 B	C4 / C4= (Butano/B utileno)	Líquido	-211	560	-18	18,88	0,5	41,29	4	5
T-2758	Etano / Etileno	Gas líquido	+ -306	5	-20	218,75	0,25	115,16	18	20

Equipo TAG	Fluido	Estado del Fluido	Flash Point	Presión Operación (psig)	T° Operación (°F)	Área total (Ft ²)	Densidad (gpm/ft ²)	Caudal mínimo (gpm)	# Boquillas (requeridas)	# Boquillas (x área)
T-2759	GLP + C2 + C1	Gas líquido	+ -306	415	86	474	0,25	203,03	31	30
T-2760	H2 + C1 + C2	Gas líquido	+ -211	444	14	208,25	0,25	115,16	18	20

4.5 Alcance por especialidad

4.5.1 Especialidad de Procesos

El diseño se basa enteramente en las normas NFPA (National Fire Protection Association) y API (American Petroleum Institute). El sistema consta de una red de aspersores distribuidos uniformemente a través de la extensión de los sistemas protegidos, todos los aspersores son del tipo abierto (no automáticos). La demanda de agua se estipuló según el método densidad/área según las normas NFPA 15 y API 2030, sección 7.3 y 7.3.5 respectivamente, con capacidad para descargar una densidad de 0,25 gpm/ft² sobre el área de diseño. La ubicación de los aspersores se realizó teniendo en cuenta el perfil de descarga dado por el proveedor, de modo que la protección fuese la adecuada.

En cada sistema de rociadores se dispondrá una válvula de bloque, una válvula de diluvio y un filtro tipo strainer con válvula de drenaje. Los sistemas deben contar con drenajes y facilidades para flushing. Las tomas para flushing serán de 1-1/2" con conexión NST.

4.5.1.1 Especificación de tuberías. La especificación de los diámetros, longitudes y distribución de las tuberías y aspersores se presentan en detalle en las memorias de cálculo de la hidráulica realizada con el programa EPANET 2.0.

En la ingeniería de detalle se debe utilizar el PIPING CLASS de la GRB. Las tuberías enterradas deben ser en CS con recubrimiento externo. Las tuberías aéreas hasta la válvula de diluvio deben ser en CS. Aguas abajo de la válvula de diluvio el material debe ser acero galvanizado. Todos los tramos aéreos de la tubería contraincendio deben ser unidos con conexiones tipo Victaulic (www.victaulic.com) o equivalente. La soportería se debe diseñar según las normas NFPA 13 y NFPA 15.

4.5.1.2 Cálculos hidráulicos. Los cálculos hidráulicos se realizaron en el software EPANET versión 2.0, utilizando la ecuación de Hazen-Williams con un coeficiente de fricción de 120 para tuberías en acero galvanizado, las longitudes equivalentes para los accesorios se tomaron de la Tabla 8.5.2.1. de la NFPA 15.

4.5.2 Especialidad de Instrumentación y control

Como estrategia principal, la ingeniería de detalle debe especificar y configurar las válvulas de diluvio para que abran bajo las siguientes condiciones:

- Automáticamente por la combinación de al menos dos alarmas de gas al 25% del LEL o una alarma al 25% del LEL con la activación de otro tipo de alarma (fuego, temperatura o humos). De esta manera la descarga de agua diluye cualquier nube de hidrocarburo antes de que se presente un incendio.

- Automáticamente por el disparo de una alarma al 50% del LEL que no se silenció después de la activación del 25% del LEL.

- Disparo manual remoto desde el cuarto de control.

- Disparo manual desde un panel local a más de 20m de la zona protegida por los rociadores que alimenta la Válvula de diluvio.

- Disparo manual en el cuerpo de la válvula. (Ecopetrol S.A., 2013).

5. Conclusiones

El diagnóstico del estado de los escenarios de riesgos de la unidad de Craqueo Catalítico UOP I, es fundamental en el marco de la definición de los sistemas de protección contra incendios, debido a esto es necesario garantizar la operación dentro de los estándares de seguridad, tanto para las personas, el medio ambiente, la comunidad, el negocio y la estabilidad económica del país.

Se identificó que en las otras zonas de la unidad de Craqueo Catalítico UOP I, se puede llegar a presentar un evento de seguridad de procesos, por lo cual es preciso gestionar un estudio para determinar los riesgos de manera efectiva y así cuantificar las necesidades del sistema o sistemas de protección contra incendios a instalar para llevar estos riesgos a de menor impacto posible.

Ya establecidas las necesidades del sistema de protección contra incendios, se debe elaborar un plan de acción encaminado a mejorar los aspectos críticos que puedan desencadenar un evento que ponga en riesgo la seguridad del personal de operaciones, el personal que responde las emergencias, el medio ambiente y la continuidad del negocio.

De acuerdo con los estudios realizados en este trabajo, es necesario realizar intervenciones en las otras unidades de proceso de la Gerencia Refinería Barrancabermeja y de Ecopetrol S.A, que tienen sistemas y procesos con características de criticidad similares a la Unidad Craqueo Catalítico UOP I.

6. Recomendaciones

Se debe continuar con el desarrollo de la ingeniería conceptual de las demás áreas de riesgo identificadas en este estudio, posterior a esto se deben realizar la ingeniería básica y de detalle de los sistemas de protección contra incendio a base de agua de las áreas en mención para acatar las recomendaciones de API 2030 / NFPA 15 (Protección con rociadores).

Implementar otras medidas adicionales de reducción de riesgos recomendadas en los diferentes códigos (confirmación de las protecciones pasivas Fire Proofing), según la API 2218; para los equipos que tienen contenido asimilable al GLP, instalar refrigeración requerida para equipos aledaños expuestos según la API 2501 A.

Implementar mejoras en la protección activa (hidrantes – monitores) según el estándar de Ecopetrol S.A. que permita obtener caudal y presión necesaria para la atención efectiva con vehículos contra incendios.

Referencias Bibliográficas

American Petroleum Institute (API). (Julio de 2019). Fire Protection in Refineries. *API Recommended Practice 2001, Tenth edition*. Washington, DC, USA: API.

American Petroleum Institute. (Septiembre de 2014). Application of Fixed Water Spray System for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries. *API Recommended Practice 2030, Fourth Edition*. Washington, USA: API.

American Petroleum Institute. (2016). Process safety performance indicators for the refining and petrochemical industries. *API Recommended practice 754, second edition*. Washington, USA: API.

Arthur D' Little. (2009). *Estudio de análisis de peligros y operabilidad, Manual*. Bogotá.

Arthur D' Little. (2012). *Seminario de Análisis de Consecuencias UOP I*. Barrancabermeja: ADL.

Arthur D' Little Limited. (2013). *Informe Final de Análisis de Consecuencias - GRB*. Barrancabermeja: ADL.

Ecopetrol S.A. (2013). Diseño Conceptual Sistema Contra incendio. *Ingeniería Conceptual GRB-GTE-IC-2013*. Barrancabermeja, Santander, Colombia.

Ecopetrol S.A. (20 de Junio de 2013). Instructivo para el desarrollo de ingenierías conceptuales para sistemas contra incendio ECP-VIN-P-CIN-IT-002. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Ecopetrol S.A.

Ecopetrol S.A. (12 de junio de 2020). *Portal Ecopetrol*. Obtenido de [www.ecopetrol.co.co/wps/portal/home/es/Nuestra empresa/Quienes somos/Nuestra historia](http://www.ecopetrol.co.co/wps/portal/home/es/Nuestra+empresa/Quienes+somos/Nuestra+historia)

Environmental protection Agency's National Risk Management Research Laboratory. (1 de Marzo de 2010). Epanet 2.0 vE. Valencia, España.

Grupo Multidisciplinar de Modelación de Fluidos. (7 de Febrero de 2017). <https://epanet.es>. Obtenido de <https://epanet.es>: <https://epanet.es/manuales/epanet-2-manual-de-usuario-espanol/>

International fire safety consultants. (Septiembre de 2013). Procedimientos operativos normalizados. Barrancabermeja, Santander, Colombia.

RWD Technologies. (Mayo de 2008). ECO-GCB-UOP1-MDPU-CA02. Barrancabermeja, Santander, Colombia: Ecopetrol S.A.

RWD, Technologies. (Mayo de 2008). Manual de descripción de procesos de la unidad de Rutura Catalítica UOP I. Barrancabermeja, Santander, Colombia: Ecopetrol S.A.

RWD, Technologies. (Mayo de 2008). Simulacros de Respuesta a Emergencias. *GRB- Unidad de Ruptura Catalítica UOP I*. Barrancabermeja, Santander, Colombia: Ecopetrol S.A.

SNC-LAVALIN. (14 de Marzo de 2019). ECP-DBA-1703-GRB-ID01-0-MET-PL-001_1-1. Barrancabermeja, Santander, Colombia: Ecopetrol - SNC-LAVALIN.

Apéndices

Apéndice 1. Datos del sitio y datos meteorológicos

La unidad cuenta con un sistema de drenaje de aguas lluvias, que permitirá manejar el volumen de agua de escurrimiento del sistema contraincendios a la hora de un evento de emergencia. Las condiciones ambientales del sitio se describen a continuación:

Ubicación		
Localización Geográfica	Coordenadas	
Barrancabermeja	Latitud norte de 7° 4' 36.24"	Refinería
	Longitud Oeste de 73° 52' 0.64"	Barrancabermeja
Elevación sobre el nivel del mar	123 metros	
Temperatura Ambiente	Máxima: (109.4 °F)	Mínima: (70 °F)
	Promedio: (95 °F)	
Temperatura bulbo seco	Verano: (107,4 °F)	Invierno: (67,8°F)
Presión Barométrica	Máxima: (14.29)	Mínima: 14.43
Humedad Relativa en Verano	Máxima: (95 %)	Mínima: (75 %)
	Promedio: (80%)	
Humedad relativa en invierno	Promedio: (75%)	
Presión barométrica del aire	Máxima: 746 mm Hg	Mínima: 739 mm Hg
Pluviosidad	Promedio: (2718 mm/año)	
Máxima Precipitación Promedio (*)	12 horas	8" (203.2 mm)
<i>DISEÑO (Para edificaciones, estructuras, equipos, entre otros)</i>		
Viento	Código:	NSR-98
	Velocidad Promedio a 10m:	100 km/h
	Velocidad Máxima a 10m:	122 km/h
	Dirección Predominante:	Sur – Este (SE)

Ubicación		
Diseño sísmico	Código:	NSR-10
	Zona:	Intermedia
Clima	Tropical	
Nivel isocerámico	130 días por año	

Apéndice 2. Estudio de análisis de Riesgos operacionales Arthur D' Little

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_1	Fuga en la descarga de las Bombas de Carga P-2712-A/B	Dispersion de Nube inflamable	<ol style="list-style-type: none"> Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): <ul style="list-style-type: none"> - H-2701 (Calentador) (LFL) - Tráfico en la vía (1/2 LFL) La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como: <ul style="list-style-type: none"> - Edificio de Subestación eléctrica - Cuarto de Control 	<ol style="list-style-type: none"> El cuarto de control y la subestación eléctrica de UOP I están presurizados, con sistemas de detección de gas inflamable en los ductos de aire acondicionado de tal modo que en caso de detección de gas inflamable corta la entrada de aire a dicho sistema de aire acondicionado. Las Bombas de Carga P-2712-A/B tienen sistema de diluio, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura Detector de gas GD-03 situado en las proximidades de P-2757A/B H-2701 esta fuera de servicio durante la operación normal. Solo esta en servicio durante la arrancada 	<p>CRA_U2700_1.1 Considerar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - la provisión de sistema de actuación remota del sistema de diluio de las bombas y equipos de UOP I - la provisión de sistema de pre acción para los sistemas de diluio de las bombas y equipos de UOP I <p>Esta recomendación aplica a todas las bombas y equipos de UOP I que tienen sistema de diluio y a todas aquellas bombas o equipos para los cuales se recomiende dicho sistema de diluio</p>			
					CRA_U2700_1.2. Instalar nuevos HM en el pasillo central de UOP I. Considerar la posibilidad de instalar uno o varios sistemas fijos de espuma MNF en dicho pasillo			
		Dardo de Fuego	<ol style="list-style-type: none"> Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (56mm) en la descarga de P-2712A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: <ul style="list-style-type: none"> - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2769, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal - Edificios tales como el Edificio de Subestación eléctrica y el Cuarto de Control 	<ol style="list-style-type: none"> El soporte del piperack de la unidad es fireproofing D-2754 esta ubicado a una altura de 10m 	<p>CRA_U2700_1.3. Asegurar que los Edificios de Subestación eléctrica y el Cuarto de Control son fire resistant</p>			

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
					CRA_U2700_1.4. Asegurar que los faldones de las torres y los soportes de los equipos (tambores) de UOP I que contienen gas licuado son fire resistant / proofing			
					<p>CRA_U2700_1.5. Instalar sistema de diluio en los Tambores e intercambiadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> - D-2754 (situado a una altura de 10m aproximadamente) - D-2756 - E-2766A/B - E-2773 / 74 / 75 / 76 / 79 - E-2777A/D - D-2764 - D-2769 - D-2755 			
					<p>CRA_U2700_1.6. Instalar anillos de enfriamiento en las torres:</p> <ul style="list-style-type: none"> - T-2753 (8m3 GLP) - T-2755 (14m3 GLP) - T-2756 (2.5m3 GLP) - T-2758 (4m3 GLP) - T-2760 (8m3 GLP) - T2759 (1.5m3 GLP) 			
					<p>CRA_U2700_1.7. Reemplazar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - el hidrante H-0360 por HM y considerar la instalación de un HM adicional en el lado oriental del bloque 4 (UOP I) - el monitor M-0348 a HM, al lado nororiental del bloque 4 - el monitor M-0347 y el hidrante H-0361 a HM, al lado suroccidental del bloque 4 - el monitor M-0351 a HM, al lado occidental 			
					CRA_U2700_1.8. Instalar nuevos HM en las área sur oriental y área sur occidental del bloque 4 (UOP I).			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_2b	Explosión en el regenerador debido a disparo de H-2701 durante arrancada mientras se sigue alimentando gas combustible	Explosión	1. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones mayores de 12psi: Cuarto de Control 2. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal) y 12psi: Edificio de Subestación eléctrica 3. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 y 2psi psi: Cuarto de control C.B.A. y Cuarto de control de la Planta de agua 4. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2 psi como Sala de control Fondos, Restrooms and locker room on U2600&2650, Sub-station No.2,	1. H-2701 cuenta con detección de llama (en los quemadores y pilotos), implementado localmente, no conectado con el DCS	CRA_U2700_2b.1. Considerar la implementación de un sistema de bloque en el regenerador R-2702 en caso de pérdida de llama. Asegurar que antes de la arrancada, se lleva a cabo un test de funcionamiento de dicho sistema de bloque ante la pérdida de llama en H-2701			
CRA_U2700_2c	Paso de aire desde el regenerador al reactor a través de LV-27107, causando un explosión en el reactor (Contacto de HC vaporizado a alta temperatura con aire)	Explosión	1. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 y 2psi (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal) y 12psi: Cuarto de Control y Edificio de Subestación eléctrica 2. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2 psi: Cuarto de control C.B.A y Cuarto de Control de la Planta de Agua	1. Interlock que, por bajo nivel de catalizador en el reactor R-2701, corta la carga a la unidad 2. El sistema de control de LV-27107 siempre toma la señal menor entre el nivel de catalizador y el diferencial de presión				
CRA_U2700_3	Fuga en la descarga de Bombas de Fondo Slurry P-2702-A/B o de las P-2703A/B	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): - H-2701 (Calentador) (LFL) - Tráfico en la vía (¼ LFL) 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como: - Edificio de Subestación eléctrica - Cuarto de Control	1. Las Bombas P-2702-A/B o de las P-2703A/B tienen sistema de diluio, con actuación manual en campo. La válvula de actuación está ubicada a distancia segura 2. MOV en la succión a cada una de las bombas P-2702 A y B 3. P-2702A/B tiene sello doble con alarma	CRA_U2700_3.1. Reemplazar el monitor M-0350 a HM, al lado occidental. Considerar la posibilidad de instalar también un sistema fijo de espuma MNF en dicha área			

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
					CRA_U2700_1.9. Considerar la instalación de un sistema de parada de las bombas de UOP I desde el cuarto de control			
					CRA_U2700_1.10. Asegurar que el cuarto de control y la subestación eléctrica de UOP I están presurizados, con sistemas de detección de gas inflamable y tóxico en los ductos de aire acondicionado de tal modo que en caso de detección de gas inflamable y tóxico se corta la entrada de aire a dicho sistema de aire acondicionado. Asegurar también que este sistema está incluido en el plan de test de detectores			
CRA_U2700_2a	Contraflujo de carga desde el reactor al regenerador a través de TV-27157	Piscina de Fuego Explosión	Ver discusión dardo de fuego 1. En caso de contraflujo de carga desde el reactor al regenerador a través de TV-27157, se produciría un incremento de temperatura en el regenerador (por contacto de HC vaporizado a alta temperatura con aire) y daño a los ciclones. 2. No se considera creíble la explosión del regenerador en este caso	Ver discusión dardo de fuego	CRA_U2700_2a.1. Considerar la instalación de un interlock que corte la carga en caso de: - bajo diferencial de presión en la válvula TV-27157 Y - alta temperatura en el regenerador Esta recomendación aplica a todas las plantas de cracking (UOP I, UOP II, Modelo IV y Orthoflow)			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Piscina de Fuego	1. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver disolución y recomendaciones Escenario 1				
CRA_U2700_4	Fuga en la descarga de Bomba de Aceite Pesado de Ciclo P-2704-A/B	Dardo de Fuego	1. Se han identificado dentro de dichos niveles: - El soporte del piperack principal de la unidad	1. Las Bombas P-2704-A/B tienen sistema de diluvio, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura 2. P-2704A/B tiene sello doble Ver disolución y recomendaciones Escenario 1				
		Piscina de Fuego	1. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver disolución y recomendaciones Escenario 1				
CRA_U2700_5	Fuga en la descarga de Bomba de Aceite Liviano de Ciclo P-2705-A/B y P-2706A/B	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): - H-2701 (Calentador) (LFL)	1. Las Bombas P-2705-A/B y P-2706A/B tienen sistema de diluvio, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura Ver disolución y recomendaciones Escenario 1				
		Dardo de Fuego	1. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2769, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como el Edificio de Subestación eléctrica y el Cuarto de Control	Ver disolución y recomendaciones Escenario 1				

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Piscina de Fuego	1. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver disolución y recomendaciones Escenario 1				
CRA_U2700_6	Fuga en la descarga de Bombas de Reflujo de Nafta Pesada P-2707-A/B y P-2708A/B	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (1/2 LFL) - H-4804 (Incinerador) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía - Edificios tales como Cuarto de Control, Edificio de Subestación eléctrica y Cuarto de control C.B.A y Cuarto de Control de la Planta de Agua	1. H-2701 esta fuera de servicio durante la operación normal. Solo esta en servicio durante la arrancada Ver disolución y recomendaciones Escenario 1	CRA_U2700_6.1. RECOMENDACION GENERAL Instalar detectores de gas inflamable (por ejemplo alrededor de las bombas que manejan productos livianos o gases licuados) en Cracking I (bloques 3 y 4 de Balance) y cortinas de agua alrededor de todos los hornos considerando: - que las válvulas de las cortinas y sistemas de diluvio están ubicados en un área segura - actuación automática de las cortinas de agua (tras la activación de los detectores de gas) Esta recomendación aplica a todos los hornos de Cracking I (UOP I, Tratamientos) y Área de Balance (bloque 1 y 2)			
					CRA_U2700_6.2. Considerar la instalación de sistema de diluvio en las Bombas de Reflujo de Nafta Pesada P-2707-A/B y en las Bombas de Nafta Pesada Producto P-2708A/B. Considerar la provisión de sello mecánico doble con alarma en las Bombas de Reflujo de Nafta Pesada P-2707-A/B			

(Arthur D' Little, 2012)

A

Arthur D Little									
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I				Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Vema / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios	
					CRA_U2700_6.3. Asegurar que el Cuarto de control C.B.A y Cuarto de Control de la Planta de Agua están presurizados. Instalar sistemas de detección de gas inflamable y tóxico en los ductos de aire acondicionado de tal modo que en caso de detección de gas inflamable o tóxico se corta la entrada de aire a dicho sistema de aire acondicionado. Asegurar también que estos sistemas esta incluido en el plan de test de detectores				
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (38mm) en la descarga de P-2707A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2764, T-2763, T-2765, T-2768, T-2760, T2760, D-2764, D-2769, D-2765 en el Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad Edificios tales como Edificio de Subestación eléctrica Cuarto de Control	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1					
		Piscina de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (38mm) en la descarga de P-2707A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: El soporte del piperack principal de la unidad	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1					

Arthur D Little									
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I				Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Vema / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios	
CRA_U2700_7	Rotura catastrófica de la Torre Fraccionadora Principal T-2701 debida a pérdida de nivel en la Torre Absorbidora Secundaria T-2752	Explosión	1. No se ha considerado un escenario creíble ya que: - El diámetro de la línea desde T-2752 hasta T-28701 es de 8" - La línea de cabeza de T-2701 es de 28" 2. De hecho, este escenario ha ocurrido en la planta sin causar daños a la torre T-2701, solamente disturbios operacionales						
CRA_U2700_8	Fuga en la descarga de la segunda etapa del Compresor de Gases C-2751	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL) - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) - En Bloque 3: H-4804 (Incinerador) y H-2882 (Horno Reacción de Azufre) (LFL), H-2881 (Horno Incinerador) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Edificio de Subestación eléctrica, Cuarto de Control, Cuarto de control C.B.A. y el cuarto de Control de la Planta de Agua y el Taller de Mantenimiento Grupo 8	1. Detector de gas GD-005 en el shelter del compresor 2. El compresor tiene sello seco con nitrógeno 3. El compresor puede ser parado desde cuarto de control, sin embargo el gas seguiría fluyendo desde la torre de fraccionamiento y el aislamiento es solo manual 4. Válvula de cheque en la línea de descarga del compresor	CRA_U2700_7.1. Evaluar: - la instalación de sistemas de señalización / barreras / alarmas audibles y visibles (luz estroboscópica) en la carretera externa al lado sur de bloques 1, 2, 3 y 4, el Club Miramar y vías internas del Área de Balance con posible accionamiento desde la sala de control para bloquear el tráfico en caso de fuga de gas - la reconfiguración de rutas de transporte y la implementación de un sistema de control de los accesos al área de bloques 1, 2, 3 y 4 y a la vía entre Balance y tanques calientes para minimizar el paso de vehículos cerca de áreas críticas				
					CRA_U2700_7.2. Considerar la instalación de aislamiento automático (MOV) en la succión del Compresor de Gases C-2751, con activación desde el cuarto de control				
					CRA_U2700_7.3. Considerar la reubicación del Taller de Mantenimiento de Grupo 8 a un área segura, lejos de áreas de proceso				
					CRA_U2700_7.4. Prohibir el tráfico en el lado sur y oriental del bloque 4, habilitando una entrada alternativa de automóviles al área de calderas. Reubicar la parada de la buseta de personal al área de Balance y Calderas (actualmente ubicada en el lado suroccidental del bloque 4)				

(Arthur D' Little, 2012)

A

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (110mm) en la descarga de C-2751 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, D-2764, D-2760, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1				
		Dispersión de Nube Tóxica	1. Tras una fuga por FBR (110mm) en la descarga de C-2751: - Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 2,450m - Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 420m - Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 230m - Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 230m - Concentraciones de 898ppm de H2S (LC1%) no se excederían a distancias mayores de 35m	1. El Análisis de Riesgo para la emisión de Permiso de Trabajo de Cracking I (tanto en altura como a nivel de piso) incluye la presencia potencial de H2S en la lista de peligros y se proporcionan las protecciones adecuadas ante un posible escenario de fuga de H2S	CRA_U2700_7.5. Proporcionar detección de gas tóxico (H2S) y/o inflamable, instalación de cortina de agua en el perímetro del shelter del compresor C-2751 y activación automática de la misma tras detección			

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Explosión de Nube Confinada	1. En el caso de fuga de gas desde la descarga del compresor seguida de una explosión en el shelter del compresor (30 x 15 x 10 = 4,500m3), algunos equipos de la unidad podrían verse impactados por sobrepresiones mayores de 12psi 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 12psi y 4.35psi: Cuarto de control de casa de Bombas A y Cuarto de Control de Planta de Agua 3. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 2psi y 4.35psi: Subestación eléctrica y Cuarto de control		CRA_U2700_7.6. Asegurar que el Cuarto de control de casa de Bombas A y Cuarto de Control de Planta de Agua y el Cuarto de control de UOP I están dimensionados para soportar sobrepresiones de hasta 12psi			
CRA_U2700_9	Fuga en la descarga de Bombas de Reflujo P-2710-A/B	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL) - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía - H-4804 (Incinerador) (1/2 LFL) 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Edificio de Subestación eléctrica, Cuarto de Control y Cuarto de Control C.B.A y el Cuarto de Control de Planta de Agua	1. Las Bombas P-2710-A/B tienen sistema de diluivo, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura 2. P-2710A/B tiene sello doble Ver discusión y recomendaciones Escenario 1				

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad	ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:	8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (32mm) en la descarga de P-2710A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, T-2758, T-2760, T2756, D-2764, D-2766, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como el edificio de Subestación eléctrica y el Cuarto de Control y el Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1	CRA_U2700_7.5. Asegurar que los Edificios de Cuarto de Control de C.B.A y el Cuarto de Control de la Planta de Agua son fire resistant			
		Piscina de Fuego	1. Se han identificado dentro del nivel de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural): - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1				
CRA_U2700_10	Fuga en la descarga de P-2711-A/B	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL) - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía - H-4504 (Inchinerador) (1/2 LFL) 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Edificio de Subestación eléctrica, Cuarto de Control y Cuarto de Control C.B.A y el Cuarto de Control de Planta de Agua					

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad	ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:	8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (22mm) en la descarga de P-2711A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, D-2764, D-2766, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como el edificio de Subestación eléctrica y el Cuarto de Control y el Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1				
		Piscina de Fuego	1. Se han identificado dentro del nivel de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural): - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver discusión y recomendaciones Escenario 1				
		Dispersión de Nube Tóxica	1. No se ha simulado por no tener la concentración de H2S en esta corriente 2. Sin embargo, podría tener hasta 500ppm de H2S		CRA_U2700_10.1. Considerar la instalación de sistema de diluivo y sello mecánico doble con alarma para las bombas P-2711A/B			
CRA_U2700_11	Fuga en la descarga de Bomba de Aguas Agrías P 2718-A/B	Dispersión de Nube Tóxica	1. Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL) y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 37m 2. Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 12m 3. Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 7m 4. Concentraciones de 886ppm de H2S (LC1%) no se excederían a distancias mayores de 4m	1. Las Bombas P-2718-A/B tienen sello doble con presionamiento con balas de N2. Sin embargo, el sistema de presionamiento esta fuera de servicio debido al alto consumo de N2	CRA_U2700_11.1. Considerar el remplazo del sistema de presurización del sello de las bombas P-2718A/B con un sistema mas confiable (por ejemplo los sellos de las bombas de las plantas nuevas del Proyecto HDT están presionados con glicol)			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_12	BLEVE / Bola de Fuego en Tambor de Destilado de Alta Presión D-2754	BLEVE / Bola de Fuego	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 y 2psi: - Subestación eléctrica - Cuarto de Control - Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
CRA_U2700_13	Fuga de hidrocarburo gas con H2S en el gas de salida del Tambor de Destilado de Alta Presión D-2754	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL) - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) - En Bloque 3: H-4804 (Incinerador) y H-2882 (Horno de Reacción de Azufre) (LFL), H-2881 (Horno Incinerador) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como el Edificio de Subestación eléctrica, el Cuarto de Control y el Cuarto de Control C.B.A y el Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver salvaguardas y recomendaciones anteriores	CRA_U2700_13.1. Proporcionar detección de gas tóxico (H2S) y/o inflamable en las proximidades del Tambor de Destilado de Alta Presión D-2754			
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (90mm) en la línea de gas de salida de D-2754 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: T-2753, D-2769, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dispersión de Nube Tóxica	1. El edificio de Planta Eléctrica (con presencia de personal) se vería impactado por altas concentraciones de H2S	1. Línea de despresurización en la línea de cabeza de la Debutanizadora T-2754. Sin embargo, esta línea tiene un ciego	CRA_U2700_13.1. Evaluar la eliminación del ciego y la instalación de una válvula HV en la línea de despresurización en la línea de cabeza de la Debutanizadora T-2754. Esta posible modificación ha de tratarse con el Procedimiento de Gestión del Cambio y analizar todas las implicaciones (de riesgo, operacionales, etc.) y debe desarrollarse un procedimiento de emergencia para este evento			
					CRA_U2700_13.2. Asegurar que el edificio de Planta Eléctrica (con presencia de personal) está presurizado, con sistemas de detección de gas tóxico en los ductos de aire acondicionado de tal modo que en caso de detección de gas tóxico se corta la entrada de aire a dicho sistema de aire acondicionado. Asegurar también que este sistema está incluido en el plan de test de detectores			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_14	Fuga en la descarga de Bomba de Carga a la Despojadora P-2752-A/B	Dispersión de Nube Inflamable	<ol style="list-style-type: none"> Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): <ul style="list-style-type: none"> - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) - En Bloque 3: H-4804 (Incinerador) (LFL), H-2882 (Horno de Reacción de Azufre) y H-2881 (Horno Incinerador) (1/2 LFL) - Hornos Bloque 2 (Unibón) - Calderas - Tráfico en la vía La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Edificio de Subestación eléctrica, Cuarto de Control, Cuarto de Control C.B.A, Sala de control Fondos, Restrooms and locker room on U200082650, Sub-station No.2 y el Cuarto de Control de Planta de Agua 	1. MOV en la succión de las Bomba de Carga a la Despojadora P-2752-A/B	CRA_U2700_14.1. Instalar sello mecánico doble con alarma y sistema de diluio en las Bomba de Carga a la Despojadora P-2752-A/B Asegurar que estas bombas se incluyen en el listado de equipos críticos de la planta			
		Dardo de Fuego	<ol style="list-style-type: none"> Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (40mm) en la descarga de P-2752A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: <ul style="list-style-type: none"> - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2766, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad Edificios tales como la Subestación eléctrica y el Cuarto de Control y el Cuarto de Control de Planta de Agua 	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1	CRA_U2700_1.2. Instalar nuevos HM en el pasillo central de UOP I. Considerar la posibilidad de instalar uno o varios sistemas fijos de espuma MNF en dicho pasillo			

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Piscina de Fuego	<ol style="list-style-type: none"> Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (40mm) en la descarga de P-2752A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: <ul style="list-style-type: none"> - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2766, D-2755 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad 	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
CRA_U2700_15	Fuga en la descarga de la segunda etapa del Compresor de C2, C-2752	Dispersión de Nube Inflamable	<ol style="list-style-type: none"> Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): <ul style="list-style-type: none"> - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) - En Bloque 3: H-4804 (Incinerador), H-2882 (Horno de Reacción de Azufre), H-2881 (Horno Incinerador) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Subestación eléctrica y Cuarto de Control y el Cuarto de Control de Planta de Agua 	1. Detectores de gas GD-08 y GD-09 ubicados a nivel del suelo 2. Válvula de cheque en la descarga del compresor C-2752	CRA_U2700_15.1. Considerar la instalación de cortina de agua en el perímetro del shelter del compresor C-2752 y activación automática de la misma tras detección			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (70mm) en la descarga de C-2752 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2768A/B, D-2766, T-2756, E-2733, T-2758, T-2760, T-2759, D-2764, D-2766, D-2755 en Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
		Explosión de Nube Confinada	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Subestación eléctrica 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 2psi y 4.35psi: Cuarto de control y Cuarto de Control de Planta de Agua		Ver CRA_U2700_7.6. Asegurar que el Cuarto de control de casa de Bombas A y Cuarto de Control de Planta de Agua y el Cuarto de control de UOP I están dimensionados para soportar sobrepresiones de hasta 12psi			
CRA_U2700_16a	BLEVE / Bola de Fuego en E-2773 (lado casco)	BLEVE / Bola de Fuego	Escenario no considerado creíble debido a la temperatura de operación (-37F). A esta temperatura, la presión de vapor saturado es de 2.3bar – similar a la atmosférica por lo que el flash no tendrá lugar					
CRA_U2700_16a	BLEVE / Bola de Fuego en E-2777A/D (lado casco)	BLEVE / Bola de Fuego	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: - Subestación eléctrica - Cuarto de control	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1	Ver CRA_U2700_7.6. Asegurar que el Cuarto de control de casa de Bombas A y Cuarto de Control de Planta de Agua y el Cuarto de control de UOP I están dimensionados para soportar sobrepresiones de hasta 12psi			

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_17	BLEVE / Bola de Fuego la Absorbadora T-2759	BLEVE / Bola de Fuego	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 2psi y 4.35psi: Subestación eléctrica 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Cuarto de control y Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1	Ver CRA_U2700_7.6. Asegurar que el Cuarto de control de casa de Bombas A y Cuarto de Control de Planta de Agua y el Cuarto de control de UOP I están dimensionados para soportar sobrepresiones de hasta 12psi			
CRA_U2700_18	Fuga en la descarga de Bombas de Fondo P2765A/B de la Absorbadora	Dispersión de Nube Inflamable	Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL) y 1/2(LFL); H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) Tráfico en las vías (LFL) Se han identificado edificios que pudiesen verse alcanzados por la nube inflamable (LFL): Subestación eléctrica	1. Las Bombas de Fondo P2765A/B de la Absorbadora tienen sistema de diluio, con actuación manual en campo. La válvula de actuación está ubicada a distancia segura 2. P-2765A tiene sello mecánico doble	CRA_U2700_18.1. Instalar sello doble con alarma en la Bomba de Fondo de la Absorbadora P2765A/B			
		Dardo de Fuego	Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: E-2769, D-2764, T-2756, T-2760, T-2759, E-2773, T-2756, D-2759, E-2768A/B, T-2755 en Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
		Piscina de Fuego	Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: E-2773, T-2758, T-2780, T-2759, D-2764, T-2755 en Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
CRA_U2700_19	BLEVE / Bola de Fuego en Tambor de Cima de la Torre Deetanizadora D-2764	BLEVE / Bola de Fuego	Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 2psi y 4.35psi: Subestación eléctrica Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Cuarto de control		Ver CRA_U2700_7.6.			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa	ECOPETROL			Fecha	8/08/2012			
Proyecto	Análisis Consecuencias GRB			Equipo Ecopetrol:	ver lista de participantes			
Unidad	CRACKING I			Equipo ADL:	Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_20	Fuga en la descarga de Bombas de Reflujo de la Deetanizadora P-2767A/B	Dispersión de Nube Inflamable	Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) Tráfico en las vías (LFL) Se han identificado edificios que pudiesen verse alcanzados por la nube inflamable (LFL): Subestación eléctrica	1. Las Bombas de Reflujo de la Deetanizadora P2767A/B d tienen sistema de diluvió, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura 2. P-2767A tiene sello mecánico doble 3. MOV en la succión de las Bombas de Reflujo de la Deetanizadora P2767A/B	CRA_U2700_20.1. Instalar sello doble con alarma en la Bombas de Reflujo de la Deetanizadora P-2767B			
		Dardo de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (12mm) en la descarga de P-2767A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2760, D-2764, T-2750, T-2760, T-2758, E-2773, T-2756, D-2750, E-2768A/B, T-2755 en Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
		Piscina de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (12mm) en la descarga de P-2767A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2760, D-2764, T-2750, T-2760, T-2758, E-2773, T-2755 en Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				

Arthur D Little								
Empresa	ECOPETROL			Fecha	8/08/2012			
Proyecto	Análisis Consecuencias GRB			Equipo Ecopetrol:	ver lista de participantes			
Unidad	CRACKING I			Equipo ADL:	Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_21	Fuga en la descarga de Bombas de Fondo de la Deetanizadora P-2766A/B	Dispersión de Nube Inflamable	Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (1/2LFL) Tráfico en las vías (LFL) Se han identificado edificios que pudiesen verse alcanzados por la nube inflamable (LFL): Subestación eléctrica	1. Las Bombas de Fondo de la Deetanizadora P-2766A/B d tienen sistema de diluvió, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura 2. P-2766A tiene sello mecánico doble	CRA_U2700_20.1. Instalar sello doble con alarma en la Bombas de Fondo de la Deetanizadora P-2766B			
					CRA_U2700_20.2. Instalar MOV en la succión de las Bombas de Fondo de la Deetanizadora P-2766A/B			
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (12mm) en la descarga de P-2766A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2760, D-2764, T2750 en Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
CRA_U2700_22	BLEVE / Bola de Fuego la Torre Deetanizadora T-2750	BLEVE / Bola de Fuego	No se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones de 12psi y 4.35psi (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal) Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Subestación eléctrica Cuarto de control Cuarto de Control de Planta de Agua		Ver CRA_U2700_7.0.			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa	ECOPETROL			Fecha	8/08/2012			
Proyecto	Análisis Consecuencias GRB			Equipo Ecopetrol:	ver lista de participantes			
Unidad	CRACKING I			Equipo ADL:	Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_23	BLEVE / Bola de Fuego en la Demetanizadora T-2760	BLEVE / Bola de Fuego	No se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones de 12psi y 4.35psi (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal) Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Subestación eléctrica		Ver CRA_U2700_7.6.			
CRA_U2700_24	Fuga de etano/etileno licuado a la salida de la Demetanizadora T-2760	Dispersión de Nube Inflamable	No se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL)	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1	Ver CRA_U2700_20.2.			
		Dardo de Fuego		Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1				
		Piscina de Fuego		Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1				
CRA_U2700_25	Fuga en el Compresor de Propieno Refrigerante C 2753	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) - En Bloque 3: H-4804 (Incinerador), H-2882 (Horno de Reacción de Azufre), H-2881 (Horno Incinerador) (LFL) - En Bloque 2: H-2852 (Rehenvidor Torre Rectificadora), H-2601 (Horno de reformado), H-2851 (Horno de Carga a Reactores) (1/2 LFL) - En Bloque 1: H-2801A/B (Hornos de Viscorreductor, H-2501A/B/C (Sección de Recuperación de Asfalto) (1/2 LFL) - Tráfico en la vía (LFL) 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Subestación eléctrica, Cuarto de Control, Cuarto de Control C.B.A y el Cuarto de Control de Planta de Agua y taller de Mantenimiento de Grupo 8	1. GD-04 en la estructura en la que se ubica C-2753 2. MOV en la succión de C-2753 3. Válvula de cheque en la descarga de C-2753 4. C-2753 puede pararse desde cuarto de control	CRA_U2700_25.1. Instalar cortina de agua en el perímetro del shelter del compresor C-2753 y activación automática de la misma tras detección de C-2753 Ver recomendaciones CRA_U2700_6.3, CRA_U2700_7.1, CRA_U2700_7.3 y CRA_U2700_7.4			

Arthur D Little								
Empresa	ECOPETROL			Fecha	8/08/2012			
Proyecto	Análisis Consecuencias GRB			Equipo Ecopetrol:	ver lista de participantes			
Unidad	CRACKING I			Equipo ADL:	Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (110mm) en la descarga de C-2753 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T-2759, D-2764, D-2766, D-2755 en Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como la Subestación eléctrica y el Cuarto de Control					
		Explosión de Nube Confinada	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 4.35y 12psi: Subestación eléctrica y Cuarto de control 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Cuarto de Control de Planta de Agua		CRA_U2700_25.2. Reubicar el botón de accionamiento de las válvulas MOV de la planta UOP I a una distancia de seguridad de los equipos, e.g. bombas y compresores, que dichas MOV's protegen (por ejemplo la MOV en al succión del Compresor de Propileno Refrigerante C 2753)			
					CRA_U2700_25.3. Instalar un botón de cierre para las MOV's mas criticas de la planta UOP I (por ejemplo la MOV en al succión de Bomba de Carga a la Despojadora P-2752-A/B, del Compresor de Propileno Refrigerante C 2753 y de las Bombas de GLP P-2757-A/B y de las Bombas de Reflujo Producto P-2759A/B)			
					Ver CRA_U2700_7.6.			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little									
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I				Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/09/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios	
CRA_U2700_26	BLEVE / Bola de Fuego en el Separador Refrigerante de Alta Presión D-2769	BLEVE / Bola de Fuego	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 2psi y 4.35psi: Subestación eléctrica y Cuarto de control 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1					
CRA_U2700_27	Fuga en la línea de líquido del Separador Refrigerante de Alta Presión D-2769 a los intercambiadores	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): - H-2701 (Calentador) (LFL) - H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) - Tráfico en la vía (LFL) - En Bloque 3: H-4804 (Incinerador), H-2882 (Horno de Reacción de Azufre), H-2881 (Horno Incinerador) (LFL) - En Bloque 2: H-2652 (Rehervidor Torre Rectificadora), H-2601 (Horno de reformado), H-2851 (Horno de Carga a Reactores) (LFL) H-2801A/B (Hornos de Viscomoductora), - 2501A/B/C (Sección de Recuperación de Asfalto) (LFL) 2. La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Subestación eléctrica, Cuarto de Control, Cuarto de Control C.B.A., Sala de control Fondos, Restrooms and locker room on U2900A2650, Sub-station No.2, Otros edificios en lado oeste del Bloque 1 y Cuarto de Control de Planta de Agua	NOTA: En caso de fuga desde el circuito de propano refrigerante no hay facilidades para despresurizar o vaciar el sistema por tratarse de un sistema cerrado. La única válvula existente es la válvula de bypass de la válvula de alivio pero esta muy cerca del D-269, lo cual haría difícil el acceso en caso de emergencia / fuga	CRA_U2700_27.1. Considerar la reubicación de la válvula de bypass de la válvula de alivio del Separador Refrigerante de Alta Presión D-2769 (actualmente esta válvula de bypass esta muy próxima al tambor lo que dificulta el acceso en caso de emergencia / fuga) o instalar una nueva facilidad para el envío al sistema de tea. NOTA: Esta recomendación aplica a todas las plantas de Cracking (I, II y III) CRA_U2700_27.2. Desarrollar Procedimientos de Emergencia en caso de fuga en el sistema cerrado de propano refrigerante Ver CRA_U2700_6.1.				

Arthur D Little									
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I				Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/09/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios	
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (70mm) en la línea de líquido de D-2769 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2769, D-2755 en Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como la Subestación eléctrica y el Cuarto de Control	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1					
		Piscina de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (70mm) en la línea de líquido de D-2769 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2769, D-2755 en Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como la Subestación eléctrica y el Cuarto de Control	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1					

(Arthur D' Little, 2012)

ARTHUR D' LITTLE								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_28	BLEVE / Bola de Fuego en la Torre Despojadora T-2753	BLEVE / Bola de Fuego	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 y 2psi: Cuarto de Control de Planta de Agua 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Subestación eléctrica y Cuarto de control	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1				
CRA_U2700_28	Fuga de hidrocarburo gas con H2S en la cima de la Torre Despojadora T-2753	Dispersión de Nube Inflamable	Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL) H-2701 (Calentador) (LFL) H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) En Bloque 3: H-4804 (Incinerador) y H-2892 (Horno de Reacción de Azufre) (LFL), H-2881 (Horno Incinerador) (1/2 LFL) Tráfico en la vía (LFL) La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como el Edificio de Subestación eléctrica, el Cuarto de Control y Cuarto de Control C.B.A y Cuarto de Control de Planta de Agua	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1				
		Dardo de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (90mm) en la cima de T-2753 Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2758, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2769, D-2755 en el Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1				

ARTHUR D' LITTLE								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dispersión de Nube Tóxica	Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 3,850m Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 780m Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 242m	Ver salvaguardas y recomendaciones del escenario 1	CRA_U2700_29.1. Proporcionar detección de gas tóxico (H2S) y/o inflamable en las proximidades de la Torre Despojadora T-2753 Ver CRA_U2700_13.2.			
CRA_U2700_30	Rotura catastrófica de la Torre Debutanizadora T-2754 debida a pérdida de nivel en la Torre Despojadora T-2753	Explosión	1. No considerado un escenario creíble por la proximidad de la presión de operación de T-2753 (220psig) y la presión de diseño de T-2754 (200psig)					
CRA_U2700_31	Fuga de hidrocarburo gas con H2S en la cima de la Torre Debutanizadora T-2754	Dispersión de Nube Inflamable	No se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL)					
		Dardo de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (24mm) en la cima de T-2754 Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2755 en el Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad					

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa	ECOPETROL			Fecha	8/08/2012			
Proyecto	Análisis Consecuencias GRB			Equipo Ecopetrol:	ver lista de participantes			
Unidad	CRACKING I			Equipo ADL:	Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dispersión de Nube Tóxica	1. Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 228m 2. Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 58m 3. Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 33m					
CRA_U2700_32	Fuga en la descarga de bombas de Gasolina Debutanizada P-2755-A/B	Dispersión de Nube Inflamable	1. Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): Tráfico en la vía (1/2LFL)	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (12mm) en la descarga de P-2755A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, D-2760, D-2764, D-2765 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
		Piscina de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (12mm) en la descarga de P-2755A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753 en el Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				

Arthur D Little								
Empresa	ECOPETROL			Fecha	8/08/2012			
Proyecto	Análisis Consecuencias GRB			Equipo Ecopetrol:	ver lista de participantes			
Unidad	CRACKING I			Equipo ADL:	Alfredo Verna / Silvia Fernández			
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dispersión de Nube Tóxica	1. Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 28m 2. Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 8m 3. Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 3m					
CRA_U2700_33	BLEVE / Bola de Fuego en Tambor de Cima de la Torre Debutanizadora D-2755	BLEVE / Bola de Fuego	1. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 12psi y 4.35psi (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal): Subestación eléctrica y Cuarto de Control 2. Se han identificado edificios que pudiesen verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Cuarto de Control de Planta de Agua	1. D-2755 esta ubicado a una altura aproximada de 20m sobre un soporte fireproofing				
CRA_U2700_34	Fuga en la descarga de Bombas de GLP P-2757-A/B	Dispersión de Nube Inflamable	Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL): H-2701 (Calentador) (LFL) H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) Tráfico en la vía (LFL) En Bloque 3: H-4804 (Incinerador), H-2882 (Horno de Reacción de Azufre), (LFL) H-2881 (Horno Incinerador) (1/2 LFL) La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como Subestación eléctrica, Cuarto de Control, Cuarto de Control C.B.A, otros edificios en lado oeste del Bloque 4 y Cuarto de Control de Planta de Agua	1. Las Bombas de GLP P-2757-A/B tienen sistema de diluivo, con actuación manual en campo. La válvula de actuación esta ubicada a distancia segura 2. MOV en la succión de las bombas P-2757A/B 3. Las Bombas de GLP P-2757-A/B tienen sello mecánico doble 3. El cuarto de control y la subestación eléctrica de UOP I están presurizados, con sistemas de detección de gas inflamable en los ductos de aire acondicionado de tal modo que en caso de detección de gas inflamable corta la entrada de aire a dicho sistema de aire acondicionado.	CRA_U2700_34.1. Instalar sello doble con alarma en las Bombas de GLP P-2757-A/B Ver CRA_U2700_8.3. Asegurar que el Cuarto de control C.B.A y Cuarto de Control de la Planta de Agua están presurizados.			

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Vera / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (32mm) en la descarga de P-2757A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T-2755, E-2766A/B, D-2756, T-2756, E-2773, T-2758, T-2760, T2759, D-2764, D-2766, D-2755 en Bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad - Edificios tales como la Subestación eléctrica y el Cuarto de Control	Ver salvaguardas y recomendaciones de Dispersión de Nube Inflamable Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1				
		Piscina de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (32mm) en la descarga de P-2757A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2754, T-2753, T2759, D-2764, D-2766, D-2755 en Bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones de Dispersión de Nube Inflamable Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1				
		Dispersión de Nube Tóxica	Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 760m Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 180m Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 115m	Ver salvaguardas y recomendaciones de Dispersión de Nube Inflamable Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1				

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Vera / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
RA_U2700_35	BLEVE / Bola de Fuego en Tambor de Cima de la Depropanizadora D-2756	BLEVE / Bola de Fuego	Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 y 2psi: Cuarto de Control de Planta de Agua Oficinas del Taller de Mantenimiento Grupo 8 Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: Subestación eléctrica Cuarto de Control	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
RA_U2700_36	Fuga en la cima de la Depropanizadora T-2755	Dispersión de Nube Inflamable	No se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL)					
		Dardo de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (14mm) en la cima de T-2755 Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: E-2755A/B en el bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad					
		Dispersión de Nube Tóxica	Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 232m Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 63m Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 30m Concentraciones de 866ppm de H2S (LC1%) no se excederían a distancias mayores de 3m					

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_37	Fuga en la descarga de Bombas de Reflujo Producto P-2759-A/B	Dispersión de Nube Inflamable	Se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL) H-2751 (Calentador de Regeneración del Secador) (LFL) H-2701 (Calentador) (1/2 LFL) Tráfico en la vía (LFL) La nube inflamable (LFL) va a alcanzar edificios tales como el Edificio de Subestación eléctrica y el Cuarto de Control. Cuarto de Control de Planta de Agua y otros edificios en lado este del Bloque 4	1. MOV en la succión común de las bombas P-2759A/B 2. Las Bombas de GLP P-2759-A/B tienen sello mecánico doble Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1	CRA_U2700_37.1. Asegurar que las Bombas de GLP P-2759-A/B tienen sistema de diluio, con actuación manual en campo. Asegurar que la válvula de actuación esta ubicada a distancia segura. Instalar sello doble con alarma en las Bombas de GLP P-2759-A/B			
		Dardo de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (20mm) en la descarga de P-2759A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: D-2769, D-2764, T-2756, T-2760, T-2758, E-2773, T-2766, D-2756, E-2766A/B, T-2756, T-2753 en el bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones de Dispersión de Nube Inflamable Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1				
		Piscina de Fuego	Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (20mm) en la descarga de P-2759A/B Se han identificado dentro de dichos niveles: Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: T-2750, T-2768, E-2773, T-2756, D-2756, E-2766A/B, T-2756, T-2753 en el bloque 4 El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones de Dispersión de Nube Inflamable Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1				

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Item No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dispersión de Nube Tóxica	Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 640m Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 150m Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 95m	Ver salvaguardas y recomendaciones de Dispersión de Nube Inflamable Ver salvaguardas y recomendaciones de escenario 1				
CRA_U2700_38	BLEVE / Bola de Fuego en la Torre Depropanizadora T-2755	BLEVE / Bola de Fuego	1. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 12psi y 4.35psi (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal) - Cuarto de Control de Planta de Agua 2. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 4.35 y 2psipi: - Subestación eléctrica - Cuarto de Control	BLEVE / Bola de Fuego	CRA_U2700_38.1. Asegurar que el Cuarto de Control de Planta de Agua de Servicios Industriales del Área de Balance esta diseñado para soportar sobrepresiones de hasta 12psi			
CRA_U2700_39	BLEVE / Bola de Fuego en el Condensador de cima la Torre Depropanizadora E-2766A/B	BLEVE / Bola de Fuego	1. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 12psi y 4.35psi (destrucción total de acero o de estructuras en hormigón o metal) - Cuarto de Control de Planta de Agua - Edificio Equipo Núcleo de Servicios Industriales del Área de Balance 2. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: - Subestación eléctrica - Cuarto de Control	BLEVE / Bola de Fuego	CRA_U2700_39.1. Asegurar que el Edificio Equipo Núcleo de Servicios Industriales del Área de Balance esta diseñado para soportar sobrepresiones de hasta 12psi			
CRA_U2700_40	BLEVE / Bola de Fuego en la Secadora de	BLEVE / Bola de Fuego	1. Los siguientes edificios podrán verse impactados por sobrepresiones entre 1 y 2psi: - Cuarto de Control de Planta de Agua					

(Arthur D' Little, 2012)

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
CRA_U2700_41	Fuga en la descarga de Bombas de Restitución de Absorbente Lado Frío P-2764A/B y Bombas Reforzadoras Envío GLP a Alquilación P-2781A/B o P-2782	Dispersión de Nube Inflamable	1. No se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL)	NOTA: No se ha instalado MOV en la salida de T-2755 porque las bombas P-2781 en la línea de salida a la NEGLP están normalmente bypassadas porque el producto se transfiere por diferencia de P. Sin embargo P-2764A/B	CRA_U2700_41.1. Instalar MOV en la succión de las Bombas de Restitución de Absorbente Lado Frío P-2764A/B. Confirmar que estas bombas están provistas con: - sistema de diluio, con actuación manual en campo y con la válvula de actuación ubicada a distancia segura - sello mecánico doble con alarma			
		Dardo de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de un dardo de fuego tras la FBR (5mm) en la descarga de P-2764A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - Equipos susceptibles de originar un BLEVE / Bola de Fuego: E-2773, T-2750 en el bloque 4 - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
		Piscina de Fuego	1. Varios equipos podrían verse impactados por radiaciones iguales o mayores de 37.5kW/m2 (pérdida de integridad estructural) y 12.5kW/m2 (efecto dominó) como consecuencia de una piscina de fuego tras la FBR (5mm) en la descarga de P-2764A/B 2. Se han identificado dentro de dichos niveles: - El soporte del piperack principal de la unidad	Ver salvaguardas y recomendaciones escenario 1				
CRA_U2700_42 A	Fuga por la chimenea del regenerador R-2702 cuando el soplador está en servicio	Dispersión de Nube Inflamable	1. Tras una fuga por la chimenea del regenerador R-2702 cuando el soplador está en servicio la dispersión de la nube de gas con concentraciones de LFL y 1/2LFL alcanzaría una parte limitada de la unidad 2. No se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL)					A

Arthur D Little								
Empresa Proyecto Unidad		ECOPETROL Análisis Consecuencias GRB CRACKING I			Fecha Equipo Ecopetrol: Equipo ADL:		8/08/2012 ver lista de participantes Alfredo Verna / Silvia Fernández	
Ítem No.	Peligro	Descripción del evento	Consecuencias	Salvaguardas	Recomendaciones	Prioridad	Responsable	Comentarios
		Dispersión de Nube Tóxica	1. Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 1.150m 2. Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 100m 3. Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 55m 4. Concentraciones de 800ppm de H2S (LC1%) no se excederían a distancias mayores de 4m					
CRA_U2700_42 B	Fuga por la chimenea de regenerador R-2702 cuando el soplador opera con mínimo aire	Dispersión de Nube Inflamable	1. Tras una fuga por la chimenea del regenerador R-2702 cuando el soplador opera con mínimo aire la dispersión de la nube de gas con concentraciones de LFL y 1/2LFL alcanzaría una parte limitada de la unidad 2. No se han identificado puntos que pudiesen provocar la ignición del producto evaporado dando lugar a un incendio de nube de gas dentro de los límites de inflamabilidad (LFL y 1/2LFL)					
		Dispersión de Nube Tóxica	1. Concentraciones de 5ppm de H2S (STEL y concentración de evacuación de Ecopetrol) no se excederían a distancias mayores de 1140m 2. Concentraciones de 30ppm de H2S (ERPG2) no se excederían a distancias mayores de 100m 3. Concentraciones de 100ppm de H2S (ERPG3 e IDLH) no se excederían a distancias mayores de 67m 4. Concentraciones de 800ppm de H2S (LC1%) no se excederían a distancias mayores de 6m					

(Arthur D' Little, 2012)