

**ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP APLICADO A CAMPO
ESCUELA COLORADO**

**LAURA MARCELA ARENAS PEREZ
JAVIER JOSÉ GÓMEZ ÁLVAREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2013

**ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP APLICADO A CAMPO
ESCUELA COLORADO**

**LAURA MARCELA ARENAS PEREZ
JAVIER JOSÉ GÓMEZ ÁLVAREZ**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el título de Ingeniero
de Petróleos**

**Director del Proyecto
OLGA PATRICIA ORTIZ CANCINO
Ing. de Petróleos**

**Co-Director del proyecto
DIANA CAROLINA CORREA PRIETO
Ing. Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-QUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar a este punto y por su infinita bondad y amor.

A mi nonita Elena por creer en mí y darme ese cariño tan incondicional. La Adoro

A mis padres por la formación, los valores y motivación constante que me han permitido ser una buena persona. Los amo

A Jerónimo el motor de mi vida, que fue mi motivación más grande para culminar esta carrera, a Cristian por el apoyo y la comprensión que me brindo cuando más lo necesitaba. Los amo

A mis hermanos José, Edna, Pilar y Judith por tantas enseñanzas y la confianza que depositaron en mí, también a mi sobrinitos; Carolina, Catalina y Nicolás para que vean en mí un ejemplo a seguir. Los quiero

A mis amigos por compartir tantas experiencias y aprendizajes que marcaron mi vida.

LAURA MARCELA

DEDICATORIA

Este proyecto de grado va dedicado a mi familia, en especial a mis padres Javier y Claudina por su apoyo incondicional y su paciencia durante este largo camino; a mis hermanos Margarita, Daniel y Marcos por aconsejarme y siempre estar cuando los necesité.

A mis amigos y a mi novia por darme ánimos e impulsarme a seguir adelante en esta última etapa de la carrera.

A todas las personas que de una u otra forma estuvieron conmigo en el transcurso de mi vida universitaria

JAVIER JOSE

AGRADECIMIENTOS

En la realización de este proyecto muchas personas e instituciones ayudaron; agradecemos especialmente:

A la Universidad Industrial de Santander, a la Escuela de Ingeniería de Petróleos y a los docentes que con su dedicación nos hicieron partícipes de sus conocimientos.

A M.S.c Olga Patricia Ortiz Cancino, Directora de este proyecto, Docente de la Escuela de Ingeniería de Petróleos, por su colaboración, guía y orientación.

A la Ingeniera Diana Carolina Correa Prieto, Co-directora del proyecto, Líder HSE de Campo Escuela Colorado quien con su ayuda nos permitió ejecutar las sesiones HAZOP.

Al Campo Escuela Colorado, a todas las personas que hacen parte de el: Ing José Luis Fonseca, Ing Jhon Niño, Ing Deicy Castro, Ing Scarleth Badillo, Johana Sáenz y Juliana Torrado; por su apoyo y confianza que nos brindaron.

A Weil Group Bovil, S.A y a todo su personal: Salomón Galvis, Cesar Cortez, Consuelo Gonzales, Julio G. Gonzales, Leonel Guevara y Ana María Romero; quienes hicieron parte del equipo HAZOP.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	19
1. CAMPO ESCUELA COLORADO	21
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CAMPO ESCUELA	21
1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	23
1.3 OBJETIVOS DE CAMPO ESCUELA COLORADO	25
1.4 MISIÓN CAMPO ESCUELA COLORADO	25
1.5 VISIÓN CAMPO ESCUELA COLORADO	25
1.6 POLÍTICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL	26
1.7 ESTACIÓN RECOLECTORA DE CRUDO	27
2. FACTORES DE RIESGOS SEGÚN LAS CONDICIONES DE TRABAJO A QUE PERTENECEN.....	36
2.1 FACTORES DE RIESGO FÍSICO.....	36
2.2 FACTORES DE RIESGO QUÍMICO	37
2.3 FACTORES DE RIESGO BIOLÓGICOS	37
2.4 FACTORES DE RIESGO PSICOLABORALES	38
2.5 FACTORES DE RIESGO POR CARGA FÍSICA.....	38
2.6 FACTORES DE RIESGO MECÁNICO	39
2.7 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO	39
2.8 FACTORES DE RIESGO LOCATIVO	39
3. ANÁLISIS DE RIESGOS	41
3.1 OBJETIVOS DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS	41
3.2 ASPECTOS A TRATAR EN LOS ANÁLISIS DE RIESGOS	42

3.3	MÉTODOS CUALITATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	42
3.3.1	Análisis funcional de Operabilidad (HAZOP)	43
3.3.1.1	Reseña Histórica.....	44
3.3.1.2	Objetivos de Hazop.....	45
3.3.1.3	Ventajas y Desventajas de Hazop	45
3.3.1.4	Etapas de Hazop	46
3.4	MÉTODOS SEMI-CUANTITATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS	54
3.5	MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS.....	54
4.	DESARROLLO DEL ANÁLISIS HAZOP.....	56
4.1	CREACIÓN DEL EQUIPO HAZOP	56
4.2	SESIONES HAZOP	57
4.2.1	Identificación de nodos	57
4.2.2	Selección del parámetro	57
4.2.3	Identificación de las desviaciones.....	57
4.2.4	Causas, consecuencias y recomendaciones	65
4.2.5	Recomendaciones en la estación recolectora.....	99
	CONCLUSIONES	100
	RECOMENDACIONES.....	101
	BIBLIOGRAFIA.....	102
	ANEXOS	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación geográfica de Campo Escuela Colorado.....	22
Figura 2 Cartografía de Campo Escuela Colorado	22
Figura 3 Estación Recolectora de crudo	27
Figura 4 Múltiple de Entrada	28
Figura 5 Separador de Prueba.....	29
Figura 6 Separador Volumétrico	29
Figura 7 Desemulsificante	30
Figura 8 Separador General	30
Figura 9 Separador por Gravedad	30
Figura 10 Tanques de Almacenamiento	31
Figura 11 Franc tanks	31
Figura 12 Bomba de Transferencia.....	32
Figura 13 Caseta de Implementos de Seguridad.....	34
Figura 14 Piscina API	34
Figura 15 Depurador o Scrubber	35
Figura 16 Métodos Cualitativos.....	43
Figura 17 Metodología HAZOP.....	53
Figura 18 Plano PI&D Estación Recolectora de Campo Escuela Colorado.....	58
Figura 19 Nodo 1: Múltiple de Entrada	60
Figura 20 Nodo 2: Zona de Separadores.....	61
Figura 21 Nodo 3. Tanques de Almacenamiento.....	62
Figura 22 Nodo 4: Sistema de Bombeo	63
Figura 23 Nodo 5 : Sistema de Gas.....	64
Figura 24 Sesiones Hazop.....	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de los Tanques de Almacenamiento	32
Tabla 2 Características de la Bomba de Transferencia	33
Tabla 3 Características del Motor	33
Tabla 4 Palabras Guías	48
Tabla 5 Severidad.....	49
Tabla 6 Frecuencia	49
Tabla 7 Impacto de la Reomendación	50
Tabla 8 Tipo de Recomendación	50
Tabla 9 Clase de solución que afecta la recomendación.....	51
Tabla 10 Prioridad.....	51
Tabla 11 Responsables de la Acción.....	51
Tabla 12 Identificación de nodos de la estación recolectora de CEC	59
Tabla 13 Análisis HAZOP para el nodo 1, parámetro flujo.....	66
Tabla 14 Análisis HAZOP para el nodo 1, parámetro Presión	69
Tabla 15 Análisis HAZOP para el nodo 2	72
Tabla 16 Análisis HAZOP para el nodo 2, párametro flujo.....	75
Tabla 17 Análisis HAZOP para el nodo 2, parámetro Presión	78
Tabla 18 Análisis HAZOP Para el nodo 3	80
Tabla 19 Análisis HAZOP para el nodo 3, párametro Flujo	83
Tabla 20 Análisis HAZOP para el nodo 4	86
Tabla 21 Análisis HAZOP para el nodo 4, párametro Presión	90
Tabla 22 Análisis HAZOP para el nodo 5	93
Tabla 23 Análisis HAZOP para el nodo 5, párametro Flujo	95
Tabla 24 Análisis HAZOP para el Nodo 5, parámetro Presión.....	97

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: CONFORMACIÓN EQUIPO HAZOP	105
ANEXO B: PLANO P&ID DE LA ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO.....	106
ANEXO C: MÚLTIPLE DE ENTRADA	107
ANEXO D: ZONA DE SEPARADORES.....	108
ANEXO E: TANQUES DE ALMACENAMIENTO.....	109
ANEXO F: SISTEMA DE BOMBEO	110
ANEXO G: SISTEMA DE GAS	111

GLOSARIO

ACTIVIDAD: Acción ejecutada por el sistema, parte o equipo del proceso de estudio. Es posible que un sistema o equipo sirva para varias actividades.

CAUSAS: Razones por las cuales se puede presentar una desviación en la materia prima o actividad.

CONSECUENCIAS: Son el resultado de la materialización de las desviaciones, en caso de presentarse.

DAÑO: Es el detrimento, perjuicio o menoscabo causado por culpa de otro en el patrimonio o la persona.

DESVIACIÓN: Separación con respecto al propósito de la materia prima o en la actividad.

ENDÓGENO: Es algo que se origina o nace en el interior, o que se origina en virtud de causas internas.

EXÓGENO: Es la aplicación de fuerzas que externamente actúan sobre algo.

EXPOSICIÓN: Frecuencia con que las personas o la estructura entran en contacto con los factores de riesgo.

FRECUENCIA: Número de ocasiones en que puede ocurrir o se estima que ocurra un evento en un lapso de tiempo.

HAZOP: Estudio de riesgo y Operabilidad

INSTALACIÓN: Conjunto de estructuras, equipos de proceso y servicios auxiliares, entre otros, dispuestos para un proceso productivo específico.

MATERIA PRIMA: La sustancia, las condiciones físicas, las propiedades, la cantidad de productos que maneja el sistema, parte o equipo en estudio.

PALABRAS GUÍAS: Palabras sencillas usadas para calificar el propósito, analizar el proceso creativo de pensamiento e identificar las desviaciones.

PREVENCIÓN: Conjunto de acciones que eliminan la posibilidad de ocurrencia, a través de sistemas, procedimientos y entrenamiento.

PROBABILIDAD: Consideración de un hecho como materializable o no.

RIESGOS: Agentes de diversa potencialidad, capaces de desencadenar efectos indeseables en las personas, animales, plantas, ambiente, equipos y productos.

SEVERIDAD: Es la consecuencia posible de un evento o condición insegura, tomando como referencia el peor escenario previsible, al cual será asignado un valor, considerando el daño más probable que produciría si se materializase.

RESUMEN

TITULO: Estudio de Riesgo y Operabilidad-HAZOP aplicado a Campo Escuela Colorado.*

AUTOR(ES): ARENAS PÉREZ LAURA MARCELA
GÓMEZ ÁLVAREZ JAVIER JOSE **

PALABRAS CLAVES: Causas, Consecuencias, Desviaciones, Estación recolectora de Campo Escuela Colorado, HAZOP, Palabras Guías, Recomendaciones.

DESCRIPCIÓN

La Estación recolectora de Campo Escuela Colorado es una instalación donde se separa, almacena, liquida y se transportan los fluidos procedentes de pozos vecinos. Pero a veces se presentan problemas operacionales e interacciones en el proceso ocasionados por alguna desviación en las funciones de la estación.

Para controlar las desviaciones en la estación se realizó un análisis de riesgo cualitativo y sistemático; llamado HAZOP el cual ayudo a identificarlas y a darles su respectiva recomendación.

HAZOP (Hazard and Operability) traducido es Estudio de Riesgo y Operabilidad, su objetivo es identificar los potenciales riesgos en las instalaciones y evaluar los problemas de Operabilidad. Este análisis se basa en la implementación de ocho palabras guías (Hacer, No hacer, Más hacer, etc.), a los parámetros operacionales (Flujo, Presión, etc.) para simular desviaciones (No Presión, Mas Flujo) e identificar causas, consecuencias asignándole su ranking de clasificación (Severidad y Frecuencia) y recomendaciones de estas.

Las desviaciones son aplicadas a partes del sistema llamados nodos.

Es un trabajo de equipo realizado por un grupo multidisciplinario de expertos que involucra una lluvia de ideas, coordinado por un especialista de HAZOP.

La técnica aplicada dio sus respectivas causas, consecuencias y recomendaciones presentadas a continuación, lo cual ayudo a identificar los riesgos más sobresalientes y sus respectivas medidas a tomar para evitar problemas operacionales y accidentes.

El HAZOP es eficaz si se toman acciones para implementar las recomendaciones halladas en este estudio como plan de inspección, atrapa llamas en los tanques, divulgación de los procedimientos operacionales, mantenimiento sistema contra incendios, fuentes de energía externa, etc.

*Trabajo de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físico-Químicas. Escuela de Ingeniería de Petróleos. Olga Patricia Ortiz Cancino. Diana Carolina Correa Prieto

ABSTRACT

TITLE: Hazard and Operability Study, HAZOP applied to Colorado School Field.*

AUTHOR (S): ARENAS PÉREZ LAURA MARCELA
GÓMEZ ÁLVAREZ JAVIER JOSE **

KEYWORDS: Causes, Consequences, Deviations, School Field Station Colorado collector, HAZOP, Words Guides, Recommendations

DESCRIPTION

Station Colorado School Field collector is a facility where it is separated, stored, and transported liquid fluids from wells. But sometimes present operational problems and interactions in the process caused by a deviation in the functions of the station.

To control deviations at station conducted a qualitative risk analysis and systematic, called HAZOP, which helped to identify and give its recommendation.

HAZOP (Hazard and Operability) is translated Hazard and Operability Study, aims to identify potential hazard and assess facilities operability problems. This analysis is based on the implementation of eight words guides (Do, Doing, More do, etc.), to the operational parameters (flow, pressure, etc.) to simulate deviations (No Pressure, Mas Flow) and identify causes, consequences assigning its ranking classification (severity and frequency) and recommendations of these.

Deviations are applied to parts of the system called nodes.

It's a team effort by a multidisciplinary expert group involving brainstorming, coordinated by a specialist HAZOP.

The technique used gave their causes, consequences and recommendations below, which helped to identify the most salient hazards and their respective measures to take to avoid operational problems and accidents.

The HAZOP is effective if taken actions to implement the recommendations found in this study as inspection plan, catches fire in tanks, disclosure of operational procedures, maintenance, fire control, external power supplies, etc.

*Work of Bachelor Engineering degree

**Faculty of Physicochemical Engineering, School of Petroleum Engineering. Olga Patricia Ortiz Cancino. Diana Carolina Correa Prieto

INTRODUCCIÓN

Las estaciones de recolección tiene un determinado propósito: separar, almacenar y bombear; pero se pueden presentar accidentes que ocurren por desviaciones en la función de cada una de las partes de la estación o de los procedimientos operativos.

Para detectar estas desviaciones existen unos métodos de análisis de riesgo que buscan prevenirlos y mejorar la seguridad de la estación.

En la estación recolectora de Campo Escuela Colorado se realizó un Estudio de riesgo y Operabilidad Hazop con el objetivo de identificar riesgos no detectados en el diseño y en la operación de la estación, además de verificar la eficiencia de los procesos llevados a cabo y el cumplimiento de la normatividad en todas las partes de la operación, generando una clasificación de los riesgos, para saber cuáles son prioritarios, los que se pueden mitigar a largo plazo y los que se pueden llegar a asumir.

En el capítulo uno se encuentra algunas generalidades del Campo Escuela Colorado; ubicación geográfica, reseña histórica, objetivos, misión, visión, etc. También hay una descripción de la estación recolectora y el proceso detallado de su funcionamiento.

En el capítulo dos se presenta los factores de riesgos según las condiciones de trabajo y su debida clasificación, que servirá para identificar de una manera más rápida los factores que más inciden en la estación recolectora,

En el capítulo tres se hace un repaso de los métodos empleados para el análisis de riesgo; cualitativos, semicuantitavos y cuantativos. También se explica la metodología de HAZOP y la manera como se realiza.

En el cuarto capítulo está el desarrollo específico del análisis HAZOP; creación del equipo de trabajo, identificación de nodos, de parámetros, causas, consecuencias y recomendaciones de la estación recolectora.

1. CAMPO ESCUELA COLORADO

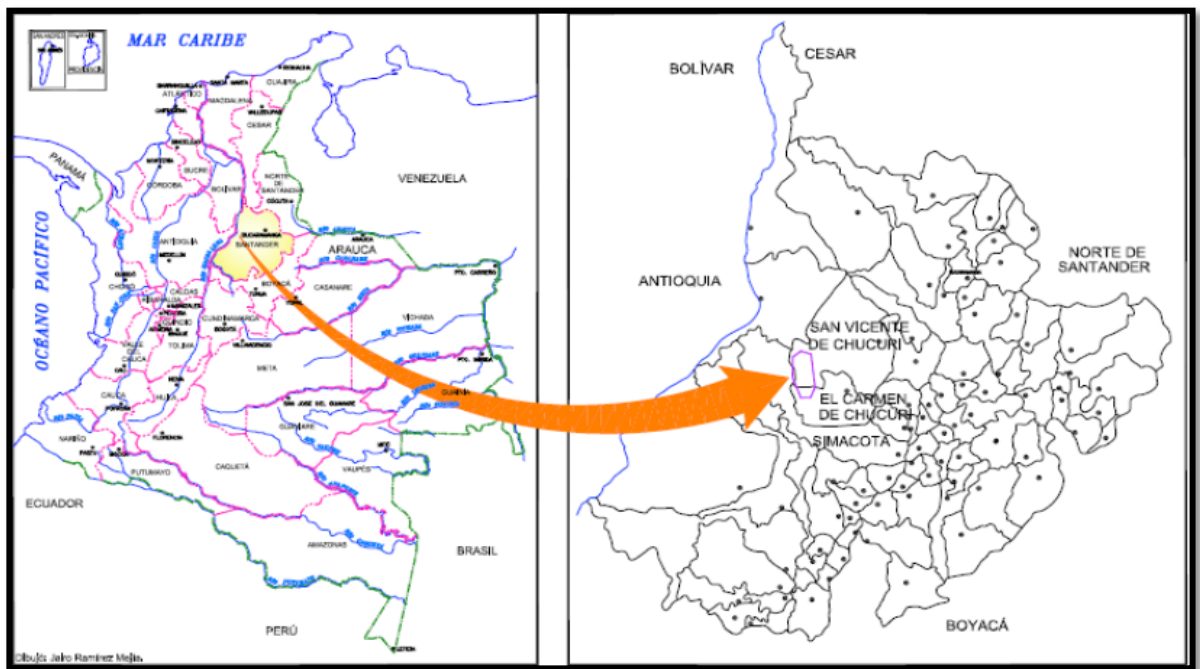
La Universidad Industrial de Santander – UIS y La Empresa Colombiana de Petróleos – ECOPETROL S.A., firmaron en 2006 el Convenio Ínter-administrativo de Cooperación Empresarial con fines Científicos y Tecnológicos, por medio del cual la compañía estatal petrolera hizo entrega a la UIS del Campo Colorado. Esta alianza se constituye en la primera experiencia nacional en materia de interacción academia - industria en el sector hidrocarburos.

A mediados de 2009 a raíz de los constantes avances del Proyecto, la UIS toma la decisión de buscar un aliado tecnológico con quien consolidar las iniciativas y proyectos de investigación; al igual que impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías y la reactivación del campo. Después de varios meses de estudiar las propuestas presentadas, ECOPETROL y la UIS, determinan que WEIL GROUP ENERGY LIMITED, actualmente Worldwide Energy Investments Limited, presentó la propuesta más adecuada a los requerimientos del Proyecto, conformando así una triada entre la academia, el Estado y la empresa privada, que se ha constituido en un centro de investigación y de entrenamiento académico y práctico.

1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CAMPO ESCUELA

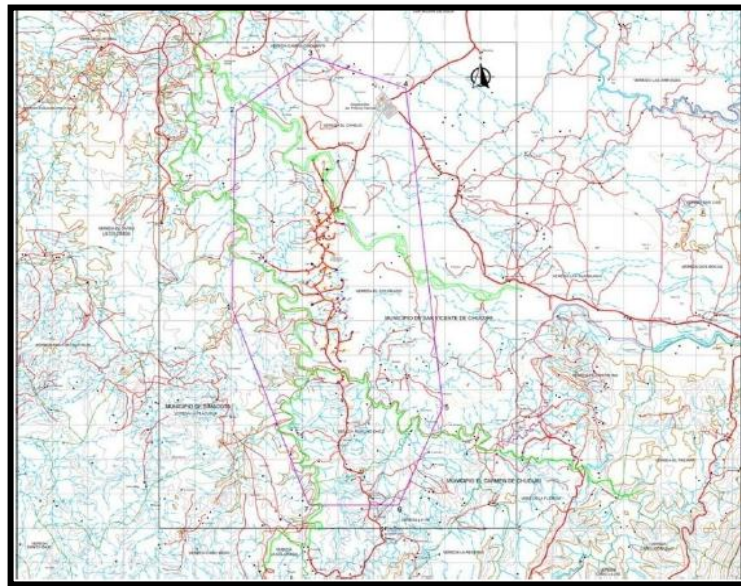
El Campo Colorado está localizado geográficamente en la Vereda Los Colorados, Corregimiento de Yarima, en el Municipio de San Vicente de Chucurí, Departamento de Santander. Ubicado al sudeste de la ciudad de Barrancabermeja y al sur del Campo La Cira-Infantas, en el área de la concesión de Mares. (Ver figura 1 y 2).

Figura 1 Ubicación geográfica de Campo Escuela Colorado



Fuente: Campo Escuela

Figura 2 Cartografía de Campo Escuela Colorado



Fuente: XIJMA LTDA, 2010

1.2 RESEÑA HISTÓRICA¹

La primera etapa de perforación se realizó de 1923 a 1932, por la compañía Tropical Oil Company (TROCO), se perforaron 7 pozos, de los cuales 6 fueron abandonados por problemas mecánicos. El 11 de febrero de 1932 finalizó la primera fase de exploración en Campo Colorado.

Entre 1945 y 1946 se inició la Segunda fase exploratoria con la perforación de 8 pozos adicionales y entre los años de 1953 a 1964 Ecopetrol desarrolló el campo con 60 pozos perforados para un total de 75 pozos.

El Campo Colorado inició producción oficialmente en el año de 1945 con una tasa de 300 BOPD, en 1961 alcanzó su máxima producción, con un caudal de 1771 BOPD y en 1963 la mayor cantidad de pozos en producción (44 pozos activos en total), para el mes de abril de 1966 la producción decreció rápidamente hasta llegar a 670 BOPD, provocando una de las etapas más problemáticas en el desarrollo del campo. La principal causa de la pérdida de pozos productores fue por problemas mecánicos como el taponamiento de tuberías por precipitación de parafinas.

En el año 1976 la producción pasó de 670 BOPD a 47 BOPD; desde entonces se ha mantenido con un promedio de 20 a 30 BOPD. Se realizaron campañas de “Workover” con el fin de aumentar la producción del área, pero se mantuvo la rápida declinación haciendo poco efectivo los trabajos realizados. La producción de gas ha estado casi constante desde 1989 con un valor promedio de 225MSCFD (miles de pies cúbicos por día).

Actualmente en el Campo Colorado, de los 75 pozos perforados, solo 56 reportan

¹ CAF PROAMBIENTE LTDA. Diagnóstico del Campo Escuela Colorado, ejecutado por la Universidad Industrial de Santander, UIS. Bucaramanga.

algún tipo de producción.

Las reservas de petróleo estimadas de acuerdo al último reporte emitido por ECOPETROL son de 121MMBOP (Millones de barriles de petróleo), de las cuales se ha obtenido 8,5 MMBOP, lo que indica un factor de recobro de 7,02%.

Actualidad del campo² : Actualmente el Campo Colorado está siendo operado por la Universidad Industrial de Santander que trabaja con su aliado tecnológico Worldwide Energy Investments LTD (W.E.I LTD.), que busca promover la investigación y la formación de nuevos profesionales. El sistema de producción actual es levantamiento artificial por bombeo mecánico en todos los pozos activos. Como aspectos relevantes, se destacan que el campo colorado tiene una producción de agua de 18% y que la gravedad API del crudo producido en el campo está alrededor de 38 a 42 °API, siendo esta propia de un crudo liviano de excelente calidad; no obstante, cabe resaltar que es un crudo parafínico y por consiguiente los problemas operacionales más graves en el campo se deben a la precipitación de compuestos parafínicos en las tuberías de producción.

Actualmente el sistema de recolección de fluidos del Campo Colorado está formado por dos colectores uno en la parte sur del campo construido en tubería de 4(in) que recoge la producción de 8 pozos y otro en la parte norte del campo construido en tubería de 2 7/8 (in) que recoge la producción de 6 pozos.

² PÉREZ Reyes, Carlos Andrés. Evaluación del Comportamiento Hidráulico del sistema de recolección de fluidos del Campo Colorado. Tesis de Grado. Bucaramanga, 2012

1.3 OBJETIVOS DE CAMPO ESCUELA COLORADO³

- Formar profesionales integrales conocedores de los procesos y operaciones reales en campo.
- Estimular la investigación como generador de conocimiento y desarrollo económico y social.
- Promover el desarrollo de nuevas iniciativas científicas y tecnológicas, ambientalmente sustentables.
- Generar programas teórico-prácticos de capacitación y asesoría a nivel empresarial.

1.4 MISIÓN CAMPO ESCUELA COLORADO³

El Campo Escuela Colorado tiene como propósito desarrollar proyectos de investigación y extensión, probar tecnologías y contribuir a la formación de talento humano integral, mediante la creación de un espacio teórico-práctico donde se ejecutan actividades reales de la industria de los hidrocarburos y se generan soluciones con responsabilidad social a los problemas y necesidades del sector.

1.5 VISIÓN CAMPO ESCUELA COLORADO³

El Campo Escuela Colorado en el año 2016 será el principal referente nacional de la articulación academia-industria. Fortalecerá la investigación científica y el desarrollo tecnológico de la cadena productiva de los hidrocarburos, logrará una producción sostenible y promoverá prácticas de responsabilidad social, con talento humano comprometido con el medio ambiente.

³ BADILLO G. Scarleth, ROMERO J. Hilari. Fortalecimiento de la Cultura Ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado. Tesis de Grado. Bucaramanga, 2012

1.6 POLÍTICA DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL³

El Campo Escuela Colorado como centro de entrenamiento académico y práctico para la industria en general, promueve la investigación como generadora de conocimiento y desarrollo, está comprometido con la eficacia y el mejoramiento continuo de sus procesos para lograr la satisfacción de las necesidades de sus beneficiarios y otras partes interesadas.

Con el compromiso de proteger el medio ambiente, promover y mantener la seguridad y el bienestar físico, mental y social de los trabajadores, contratistas y terceros; el Campo Escuela Colorado es responsable cuando:

- Se esfuerza por laborar con prácticas de trabajo limpio y seguro para reducir impactos al medio ambiente.
- Previene riesgos que repercutan en lesiones y daños para la salud de los trabajadores.
- Asegura la atención efectiva ante situaciones de emergencia que resulten de las operaciones de campo.
- Cumple la normatividad legal vigente y demás requisitos aplicables.

1.7 ESTACIÓN RECOLECTORA DE CRUDO

La estación recolectora es una instalación donde se almacena, separa, liquida y se transportan los fluidos procedentes de pozos cercanos (Ver figura 3).

Figura 3 Estación Recolectora de crudo



Fuente: AUTOR

La estación recolectora consta de los siguientes equipos:

- **MÚLTIPLE DE ENTRADA**

A la estación recolectora entran dos líneas de flujo; una proveniente del colector sur construido en tubería de 4 pulgadas (in) que recoge la producción de 8 pozos y un colector norte construido en tubería 3 pulgadas (in) que recoge la producción de 6 pozos. Están recibidas en el múltiple de entrada. Del múltiple de entrada salen 3 líneas de 4 pulgadas hacia la zona de separadores. (Ver figura 4).

Figura 4 Múltiple de Entrada



Fuente: AUTOR

- **ZONA DE SEPARADORES**

Los separadores son recipientes de forma cilíndrica colocados en posición horizontal o vertical cuya función es separar el gas de los líquidos que constituyen el crudo. En la estación se encuentran separadores volumétrico, general y de prueba, los cuales presentan presiones de 17-21 psi.

Del colector general salen 3 líneas de fluido, las cuales van a los separadores; la línea de producción general llega al separador general, pero antes de entrar el fluido, es aplicado un desemulsificante, su función es ayudar a la separación de la emulsión y de los residuos contenidos en ella; otra línea va al separador de prueba

y la última línea va a un separador por gravedad cuya función es ser apoyo en caso de mantenimiento o daño de los otros dos separadores.

El separador volumétrico y el separador general tiene un contador de flujo el cual está calibrado para que se abra su válvula de drenaje una vez acumule un barril de aceite, y este sale hacia la zona de los tanques. (Ver figura 5, 6, 7,8 y 9)

Figura 5 Separador de Prueba



Figura 6 Separador Volumétrico



Fuente: AUTOR

Figura 7 Desemulsificante



Fuente: AUTOR

Figura 8 Separador General



Fuente: AUTOR

Figura 9 Separador por Gravedad



Fuente: AUTOR

- **TANQUES DE ALMACENAMIENTO**

En la estación se encuentran dos tanques de almacenamiento cada uno de una capacidad de 500 bbls, donde uno bombea y el otro recibe el crudo producido. De la zona de separadores salen unos drenajes hacia un tanque, en el cual se almacena un volumen considerable para luego su despacho, mientras el otro tanque está haciendo la operación de bombeo hacia la estación de recolección La Cira-07 de Ecopetrol. (Ver figura 10).

Figura 10 Tanques de Almacenamiento



Fuente: AUTOR

También se encuentran unos Franctanks los cuales son tanques de almacenamiento auxiliares, pero en este momento no se encuentran en uso. (Ver figura 11).

Figura 11 Franctanks



Fuente: AUTOR

Tabla 1 Características de los Tanques de Almacenamiento

Tipo de Tanque	Soldado Techo fijo
Capacidad Nominal	500 Bls
Dimensiones	Altura 8', Diámetro 16'

Fuente: AUTOR

- **SISTEMA DE BOMBEO**

La producción del campo es enviada a la estación Cira-07 de Ecopetrol que tiene una mayor capacidad de almacenamiento. Para realizar esta función se encuentra en la estación recolectora una bomba dúplex marca Gardner Denver. (Ver Figura 12). Aproximadamente se bombean 120 bbls/h a una presión de 220 psi. La línea de despacho es de 4 pulgadas (in).

Figura 12 Bomba de Transferencia



Fuente: AUTOR

Tabla 2 Características de la Bomba de Transferencia

TIPO DE BOMBA	Dúplex
MARCA	Gardner Denver
MODELO	FGFXGR
CAPACIDAD OPERACIONAL	120 BPH
CAPACIDAD NOMINAL	285 BPH

Fuente: AUTOR

Tabla 3 Características del Motor

TIPO DE MOTOR	Trifásico de Inducción
MARCA	Flender-Col
VOLTIOS	220/440
AMPERIOS	88/40
VELOCIDAD RPM	1175
Hp	30

Fuente: AUTOR

- **CASETA DE IMPLEMENTOS DE SEGURIDAD**

Es Donde se encuentran los implementos de seguridad, protección ambiental. (Ver figura 13).

Figura 13 Caseta de Implementos de Seguridad



Fuente: AUTOR

- **PISCINA API**

Su función es decantar el agua de formación y separar el crudo el cual luego es succionado por la bomba. Los separadores y los tanques de almacenamiento tienen unos drenajes los cuales finalizan en la piscina API. (Ver figura 14).

Figura 14 Piscina API



Fuente: AUTOR

- **SISTEMA DE GAS**

El Sistema de gas comienza en los separadores cuando estos separan el aceite del gas, este último se envía por los topes de los separadores en líneas de 4 pulgadas (in) al Depurador o Scrubber el cual tiene como función retener las últimas partículas líquidas del gas, antes de ser enviado a la planta de compresión, y también recoge el líquido proveniente de cualquier mal funcionamiento de los separadores, este líquido es enviado a la piscina API.

Antes de que el gas llegue al depurador una parte de este es enviado a la tea donde se quema. (Ver figura 15).

Figura 15 Depurador o Scrubber



Fuente: AUTOR

2. FACTORES DE RIESGOS SEGÚN LAS CONDICIONES DE TRABAJO A QUE PERTENECEN⁴

Según la Guía Técnica Colombiana GTC 45 factor de riesgo es todo elemento cuya presencia o modificación, aumenta la probabilidad de producir un daño a quien está expuesto a él.

Los factores de riesgo se clasifican en: Físicos, Químicos, Biológicos, Psicolaborales, Por Carga Física, Mecánicos, Eléctricos y Locativos.

2.1 FACTORES DE RIESGO FÍSICO

Son todos aquellos valores ambientales de naturaleza física que pueden provocar esfuerzos adversos a la salud según la intensidad, exposición y concentración de los mismos.

Los factores de riesgo físico se clasifican en:

- Energía Mecánica: Ruido, vibraciones, presión barométrica (alta o baja).
- Energía Térmica: Calor, frío.
- Energía Electromagnética: Radiaciones Ionizantes: rayos x, rayos gamma, rayos beta, rayos alfa y neutrones. Radiaciones no Ionizantes: radiación ultravioleta, radiación visible, radiación infrarroja, microondas y radiofrecuencia.

⁴ GUÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES DE TRABAJO O PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO, SU IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN (Guía técnica colombiana GTC 45)

2.2 FACTORES DE RIESGO QUÍMICO

Es toda sustancia orgánica e inorgánica natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

Los factores de riesgo químico se numeran en:

- Aerosoles.

Sólidos: Polvos orgánicos, polvos inorgánicos, humo metálico, humo no metálico y fibras.

Líquidos: Nieblas y rocíos.

- Gases y vapores.

2.3 FACTORES DE RIESGO BIOLÓGICOS

Son todos aquellos seres vivos ya sean de origen animal o vegetal y todas aquellas sustancias derivadas de los mismos, presentes en el puesto de trabajo y que pueden ser susceptibles de provocar efectos negativos en la salud de los trabajadores. Efectos negativos se pueden concertar en procesos infecciosos, tóxicos o alérgicos.

Los factores de riesgo biológico se dividen en:

- Animal: Vertebrados, invertebrados y derivados de animales.
- Vegetal: Musgos, helechos, semillas y derivación de vegetales.
- Fungal: Hongos.

- Protista: Ameba y plasmodium.
- Mónera: Bacterias.

2.4 FACTORES DE RIESGO PSICOLABORALES

Se refiere a aquellos aspectos intrínsecos y organizativos del trabajo, y las interrelaciones humanas, que al interactuar con factores humanos endógenos (edad, patrimonio genético, antecedentes psicológicos) y exógenos (vida, familiar, cultura, etc.), tienen la capacidad potencial de producir cambios psicológicos del comportamiento (agresividad, ansiedad, insatisfacción) o trastornos físicos o psicosomáticos (fatiga, dolor de cabeza, hombros, cuello, espalda, propensión a la úlcera gástrica, la hipertensión, la cardiopatía, envejecimiento acelerado).

Los factores de riesgo Psicolaborales se clasifican en:

- Contenido de la tarea
- Organización del tiempo de trabajo
- Relaciones humanas
- Gestión

2.5 FACTORES DE RIESGO POR CARGA FÍSICA

Se refiere a todos aquellos aspectos de la organización del trabajo, de la estación o puesto de trabajo y de su diseño que pueden alterar la relación del individuo con el objeto técnico produciendo problemas en el individuo, en la secuencia de uso o en la producción.

Los factores de riesgo por carga física se numeran en:

- Carga Estática: De pie, sentado y otros.
- Carga Dinámica: Esfuerzos, movimientos.

2.6 FACTORES DE RIESGO MECÁNICO

Son los objetos, máquinas, equipos, herramientas que por sus condiciones de funcionamiento, diseño o por la forma, tamaño, ubicación y disposición de estas tienen la capacidad potencial de entrar en contacto, con las personas o materiales, provocando lesiones en los primeros o daños en los segundos.

Las principales fuentes generadoras de los factores de riesgo mecánico son:

- Herramientas manuales.
- Equipos y elementos a presión.
- Puntos de operación.
- Manipulación de materiales.
- Mecanismos en movimiento.

2.7 FACTORES DE RIESGO ELÉCTRICO

Se refiere a los sistemas eléctricos de las máquinas, los equipos que al entrar en contacto con las personas o las instalaciones y materiales pueden provocar lesiones a las personas y daños a la propiedad.

Los factores de riesgo eléctrico se clasifican en:

- Alta tensión.
- Baja tensión.
- Electricidad Estática.

2.8 FACTORES DE RIESGO LOCATIVO

Son condiciones de las instalaciones o áreas de trabajo que bajo circunstancias no adecuadas pueden ocasionar accidentes de trabajo o pérdidas para la empresa.

Las principales fuentes generadoras de los factores de riesgo locativo son:

- Superficies de trabajo.
- Sistemas de almacenamiento.
- Distribución de área de trabajo.
- Falta de orden y aseo.
- Estructuras e instalaciones.

3. ANÁLISIS DE RIESGOS

En el análisis de riesgos se estima el nivel de peligrosidad de una actividad industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes, cuantificando la probabilidad de ocurrencia y la magnitud del daño.

Estos estudian, evalúan, miden y previenen las fallas de los sistemas técnicos y de los procedimientos operativos que pueden iniciar y desencadenar sucesos no deseados (accidentes).

3.1 OBJETIVOS DE UN ANÁLISIS DE RIESGOS⁵

- Identificar y medir los riesgos que presenta una instalación industrial para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales.
- Deducir los accidentes graves que pudieran producirse.
- Determinar las consecuencias de los accidentes, aplicando determinados criterios de vulnerabilidad.
- Analizar las causas de los accidentes.
- Discernir sobre la aceptabilidad o no de las propias instalaciones y operaciones realizadas en la compañía industrial.
- Definir medidas y procedimientos de prevención y protección para evitar la ocurrencia y/o limitar las consecuencias de los accidentes.

⁵ GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos. Universidad de Zaragoza (http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm)

3.2 ASPECTOS A TRATAR EN LOS ANÁLISIS DE RIESGOS

- Identificación de sucesos no deseados, que pueden conducir a la materialización de un peligro: Se identifica el riesgo mediante técnicas adecuadas.
- Análisis de las causas por las que estos sucesos tienen lugar.
- Valoración de las consecuencias y de la frecuencia con que estos sucesos pueden producirse: Se aplica métodos matemáticos de análisis de consecuencias y se aplican métodos semicualitativos para determinar la frecuencia de ocurrencia.

3.3 MÉTODOS CUALITATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS⁶

Son los métodos más utilizados en la toma de decisiones, emplea formas o escalas descriptivas, para referirse a la magnitud de las consecuencias y la posibilidad de que estas ocurran.

Su objetivo es identificar los riesgos, causas y consecuencias.

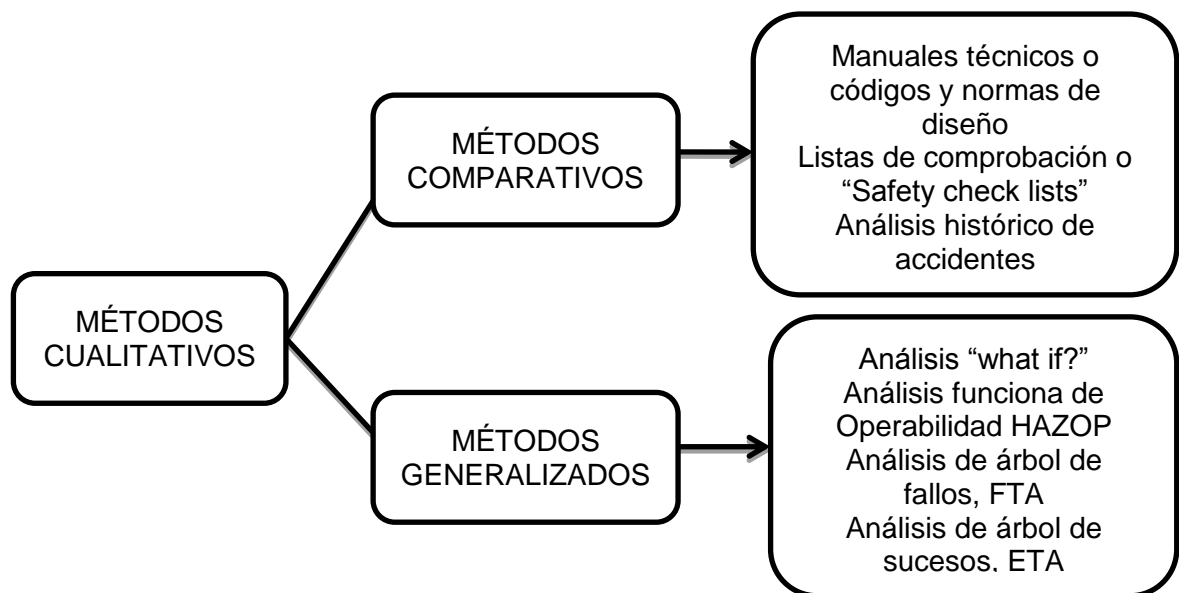
Se utilizan:

- Cuando el nivel de riesgo es bajo, y no justifica el tiempo y los recursos necesarios para hacer un análisis completo.
- Cuando los datos numéricos son inadecuados para un análisis más cuantitativo.
- Como una actividad inicial de preselección, para identificar los riesgos que necesitan un análisis más detallado.

⁶ DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL. Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos, 1994.

Los métodos cualitativos se clasifican en métodos comparativos y métodos generalizados. (Ver figura 16). Los comparativos se basan en la utilización de técnicas obtenidas de la experiencia adquirida en equipos e instalaciones similares existentes y los generalizados se basan en estudios de las instalaciones y procesos mucho más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo.

Figura 16 Métodos Cualitativos



Fuente: Modificado y tomado de GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos.

3.3.1 Análisis funcional de Operabilidad (HAZOP)⁷

La sigla HAZOP significa Hazard and Operability, traducido es análisis funcional de Operabilidad. El Estudio de Riesgos y Operabilidad (HAZOP) es una técnica sistemática, creativa, dirigida por palabras claves para la identificación de problemas. Aunque esta generalmente asociado con industrias de proceso

⁷ FREEDMAN Pablo, HAZOP como metodología de análisis de riesgos, Tecna S.A, 2003

químico, HAZOP es una metodología flexible que puede ser aplicada en otras actividades industriales.

El concepto HAZOP presupone que los sistemas funcionan bien cuando están en operación bajo condiciones de proyecto, y que los problemas surgen cuando ocurren desvíos en relación a las condiciones del proyecto.

El HAZOP consiste en evaluar, en todas las líneas y en todos los sistemas las consecuencias de posibles desviaciones con cobertura en todas las unidades de proceso, tanto si es continuo como discontinuo.

3.3.1.1 Reseña Histórica⁸

La metodología HAZOP nace a principios de los años 60 en Inglaterra, por iniciativa de la Imperial Chemical Industries (ICI), en respuesta a la creciente toxicidad y grados de riesgos de los nuevos procesos industriales especialmente por la producción de herbicidas clorados.

En 1963, un equipo de 3 personas se reunió durante 3 días a la semana durante 4 meses para estudiar el diseño de una nueva planta de fenol. El método se perfeccionó en la empresa, bajo el nombre de estudios de operatividad, y se convirtió en la tercera etapa de su análisis de peligros.

Inicialmente el HAZOP se había nombrado como examen crítico de proceso, con una estructura conformada por unas palabras guías. Luego se renombra como estudios de experiencia aumentada o colectiva dado que por el trabajo en equipo incrementa la experiencia.

⁸ KLETZ, TA, (1983) HAZOP y HAZAN Notas sobre la Identificación y Evaluación de Riesgos IChemE Rugb, 1983.

Durante los años 70 recibe el nombre oficial de estudios y Operabilidad o Hazard and Operability, con el cual se presenta a la comunidad en 1975. En ese mismo año comienza a aplicarse en el mundo industrial como en EE.UU. y U.K. Llega a Holanda en 1976 y se publica en holandés en 1978, luego pasa en 1979 a Suiza, Alemania y Australia, hoy en día es un método normativo en estos países.

En 1982 la OSHA (Occupational Safety and Health Administration) hace de obligatorio cumplimiento este método, en América Latina fue Brasil en 1982 que comenzó su aplicación, a través de Rhone-Poulee de Francia, en 1988 llega a Colombia por iniciativa del Consejo Colombiano de Seguridad.

3.3.1.2 Objetivos de Hazop

El objetivo de un estudio HAZOP es chequear todo el diseño de un proceso para detectar desviaciones de la operación e interacciones del proceso, que podrían dar lugar a situaciones peligrosas o problemas de Operabilidad. Estos podrían ser:

- Peligros para la seguridad o salud de los trabajadores.
- Daños al equipo o a la propiedad.
- Problemas para operar o para realizar mantenimiento.
- Calidad del producto.
- Emisiones ambientales.
- Peligros durante la construcción o el arranque de la planta.
- No disponibilidad de la planta.

3.3.1.3 Ventajas y Desventajas de Hazop

Ventajas

- Evaluación metódica de todos los desvíos en relación a los objetivos (intención) del proyecto.

- Pocos cuestionamientos del proceso pueden ser hechos si se incluye toda la información necesaria.
- Es requerido por muchas instancias gubernamentales e institucionales.
- Es una técnica sistemática que puede crear, desde el punto de vista de la seguridad, hábitos metodológicos útiles.

Desventajas

- Alto costo de operación.
- Se requiere un gran equipo.
- Depende de la información disponible, a tal punto que puede omitirse un riesgo si los datos de partida son erróneos o incompletos.
- Se necesita mucho tiempo para su elaboración.
- Las sesiones HAZOP son largas y agotantes.
- Al ser una técnica cualitativa, no hay una valoración real de la frecuencia de las causas que producen una determinada consecuencia.

3.3.1.4 Etapas de Hazop⁹

Selección del Nodo

Se identifican y seleccionan una serie de nodos o puntos claramente localizados en el proceso. Cada nodo deberá ser identificado y numerado correlativamente, dentro de cada subsistema y en el sentido del proceso para mejor comprensión. La técnica HAZOP se aplica a cada uno de estos nodos, y estos vendrán caracterizados por variables de proceso: presión, temperatura, caudal, nivel, composición, etc. Los nodos se seleccionan dependiendo de cuales puedan aportar más información para realizar de mejor manera el estudio.

⁹ AMERICAN INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 1985.

Selección del parámetro

Los parámetros del proceso son aquellas variables físicas a las que se pueden sujetar el proceso en estudio, usualmente las más importantes son, flujo, presión, temperatura, etc.

Uso de palabras guías

Las palabras guías se utilizan para indicar el concepto que representan a cada uno de los nodos que entran o salen de un elemento determinado. Se aplican tanto a acciones (reacciones, transferencias), como a parámetros específicos (Presión, Caudal. Etc).

En la tabla 1 están las ocho (8) palabras guías y sus diversas aplicaciones.

Identificación de las desviaciones

Para cada nodo se plantea de forma sistemática todas las desviaciones que implican la aplicación de cada palabra guía a una determinada variable o actividad. Para realizar un análisis exhaustivo, se deben aplicar todas las combinaciones posibles entre palabra guía y variable de proceso.

Para cada desviación se propone las posibles causas que la pudieron originar. Existen tres tipos de causas: error humano, falla de equipamiento y eventos externos.

Tabla 4 Palabras Guías

PALABRA GUÍA	APLICACIÓN A LA ACTIVIDAD DEFINIDA INICIALMENTE EN EL NODO	APLICACIÓN A LA MATERIA PRIMA	OTRAS INTENCIONES DE EMPLEO
HACER	La actividad prescrita, puede ser una actividad principal y una o más actividades menores dependientes.	Se define el material prescrito, incluyendo cantidad, composición química y condiciones físicas de entrada	Otros empleos, como por ejemplo las fuentes o destinos.
NO (HACER)	La actividad prescrita no ocurre, pero no hay una actividad sustituta directa que tenga lugar.	El material prescrito no está presente, pero no hay material sustituto alguno presente.	
MAS (HACER)	Hay una actividad mayor de la prescrita, por ejemplo mayor flujo, alta presión, etc.	Una mayor cantidad de material prescrito, por ejemplo, peso o volumen.	
MENOS (HACER)	Hay una actividad menor que la prescrita, por ejemplo menor flujo, menor presión, etc	Hay una cantidad inferior del material prescrito, por ejemplo, peso o volumen.	
ASI COMO TAMBIEN O ADICIONAL (HACER)	Hay una actividad adicional a lo prescrito, por ejemplo, “calienta y vibra”, cuando existe reacciones secundarias no deseadas.	Hay presente un componente adicional, por ejemplo una impureza extra, o hay una condición física adicional.	Son tomados de fuentes adicionales no deseadas o van a destinos adicionales no deseados, por ejemplo escape por los sellos.
PARTE DE (HACER)	Falta una o más de las actividades deseadas.	Uno o más de los componentes les falta un material definido; por ejemplo, falta las impurezas de grado normal.	Son tomadas de la fuente prescrita, pero falta uno de los componentes.
LO CONTRARIO (HACER)	Opuesto lógico a la actividad deseada, por ejemplo una reacción química contraria.	Opuesto lógico al material deseado, por ejemplo ácido en lugar de alcalino.	Es tomada del destino hacia la fuente prescrita en lugar de ser lo contrario, posiblemente por la ruta indirecta.
OTRA COSA QUE (HACER)	Una actividad totalmente diferente, como por ejemplo, contamina en lugar de transferir.	Un material totalmente diferente, sin nada del material deseado presente.	Todo el material se ha tomado de fuentes totalmente diferentes y va para destinos totalmente distintos.

Fuente: CURSO ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP CAMPO ESCUELA COLORADO 2012

Identificación de Consecuencias, Severidad y Frecuencia

Para cada causa planteada, se determinan las consecuencias, estas se categorizan asignándoles el Ranking de Riesgo en función de la Severidad y Frecuencia que el equipo determina para dicho evento.

Tabla 5 Severidad

Severidad	Descripción
0	No hay daño
1	Daño al suministro pero no al equipo
2	Daño al equipo (reparable)
3	Daño al equipo irreparable (sustitución)
4	Daño al equipo y a equipos contiguos (pérdida), lesiones al personal y contaminación
5	Daño al sistema, pérdida al sistema analizado, pérdidas humanas

Fuente: TOMADO Y MODIFICADO DE ANÁLISIS DE RIESGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA HAZOP A SUBESTACIÓN CFE

Tabla 6 Frecuencia

Frecuencia	Descripción
0	Una vez cada 100 años
1	Una vez cada 10 años
2	Una vez cada 5 años
3	Una vez al año
4	Una vez cada 6 meses
5	Una vez al mes

Fuente: TOMADO Y MODIFICADO DE ANÁLISIS DE RIESGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA HAZOP A SUBESTACIÓN CFE

Dar Recomendaciones

Para cada consecuencia dada se da una recomendación la cual pueda dar solución al problema.

Se clasifican cada una de las recomendaciones y/o acciones a través de unas letras que permiten comprender el alcance de las acciones y el costo que involucra su inclusión en la instalación

Tabla 7 Impacto de la Reomendación

IMPACTO DE LA RECOMENDACIÓN	
I	Incluido dentro del alcance del diseño/proyecto existente
N	No incluido dentro del alcance del diseño/ proyecto existente

Fuente: CURSO ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP CAMPO ESCUELA COLORADO 2012

Tabla 8 Tipo de Recomendación

TIPO DE RECOMENDACIÓN	
S	Seguridad: Involucra Seguridad Industrial
O	Operación: Acción dirigida hacia la operación
D	Deseable: Su inclusión mejoraría las condiciones operacionales

Fuente: CURSO ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP CAMPO ESCUELA COLORADO 2012

Tabla 9 Clase de solución que afecta la recomendación

CLASE DE SOLUCION QUE AFECTA LA RECOMENDACIÓN	
E	Equipo/construcción: Involucra modificación, adición, eliminación, construcción
P	Procedimiento: Se dirige hacia la elaboración y ejecución de procedimientos y/o rutinas de operación/mantenimiento
I	Investigación: Se debe investigar para evaluar su inclusión e impacto en el proyecto
C	Control: Afecta la instrumentación y /o configuración del sistema de control

Fuente: CURSO ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP CAMPO ESCUELA COLORADO 2012

Tabla 10 Prioridad

PRIORIDAD	
1	Importante urgente
2	Importante/no urgente

Fuente: CURSO ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP CAMPO ESCUELA COLORADO 2012

Tabla 11 Responsables de la Acción

RESPONSABLES DE LA ACCIÓN
Sigla de la Dependencia respectiva(interna)

Fuente: CURSO ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP CAMPO ESCUELA COLORADO 2012

- **SESIONES HAZOP**

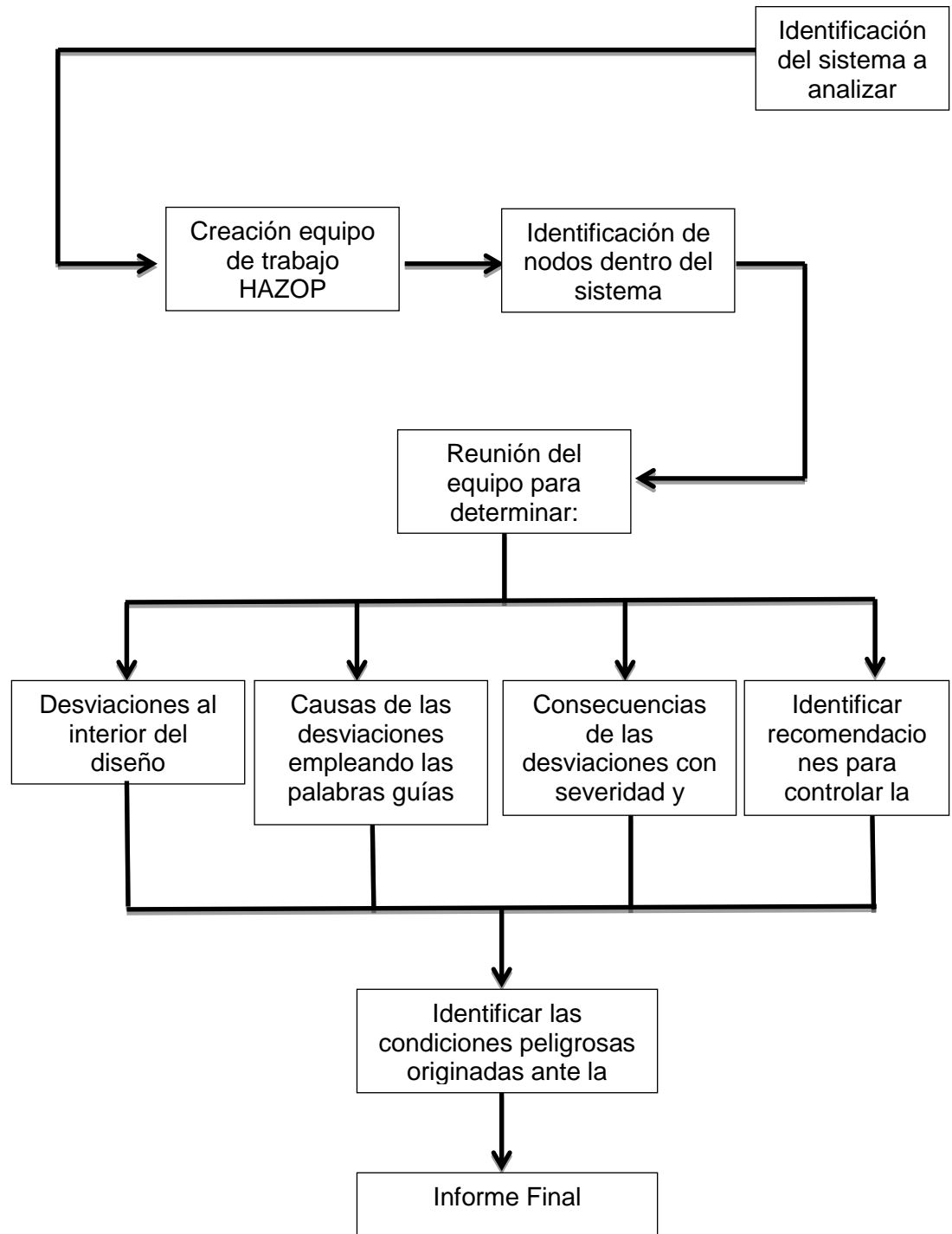
Las sesiones HAZOP tienen como objetivo el análisis del proceso, estudiando las desviaciones en todos los nodos seleccionados a partir de las palabras guías aplicadas a determinadas variables. Se determinan las posibles causas, las posibles consecuencias, las respuestas que proponen y las acciones a tomar. (Ver figura 17)

Informe Final

El informe final consta de los siguientes documentos:

- Esquemas simplificados con la situación y numeración de los nodos de cada subsistema.
- Formatos de recogida de las sesiones con indicación de las fechas de realización y composición del equipo de trabajo.
- Análisis de los resultados obtenidos. Se puede llevar a cabo una clasificación cualitativa de las consecuencias identificadas.
- Listas de las medidas a tomar. Constituye una lista preliminar que debería ser debidamente estudiada en función de otros criterios (costos, otras soluciones técnicas, consecuencias en la instalación, etc.) y cuando se disponga de más elementos de decisión.

Figura 17 Metodología HAZOP



Fuente: ANÁLISIS DE RIESGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA HAZOP A SUBESTACIÓN CFE

3.4 MÉTODOS SEMI-CUANTITATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS¹⁰

En los métodos semi-cuantitativos, a las escalas cualitativas le son asignados valores.

Utilizan índices globales de potencial de riesgo estimado a partir de las estadísticas de plantas semejantes o de disposición general.

Son útiles para concluir comparaciones entre:

- Distintas plantas existentes
- En una misma planta antes y después de modificaciones
- Entre alternativas de diseño
- Entre procesos diferentes ligados a un mismo fin

Ejemplos:

- Método DOW: Índice de fuego y explosión
- Método de ICI :Índice Mond
- Análisis de riesgos con evaluación del riesgo intrínseco
- Método de UCSIP: Union des Chambres Syndicales de l'Industrie du Pétrole
- Análisis de los modos de los fallos, efectos y criticidad (FEMAC)
- Índices de riesgos de procesos químicos (I.N.S.H.T.)

3.5 MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA EL ANÁLISIS DE RIESGOS

Los métodos cuantitativos emplean valores numéricos, tanto para las consecuencias como para la probabilidad se emplean datos de una variedad de distintas fuentes. Se Expresa en términos probabilísticos.

Incluye un análisis crítico con cálculos y estructuras para establecer la probabilidad de sucesos complejos.

¹⁰ GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos. Universidad de Zaragoza (http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm).

Ejemplos:

- Análisis cuantitativo mediante arboles de sucesos
- Análisis cuantitativo de causas y consecuencias
- Análisis cuantitativo mediante arboles de fallos (FTA)

4. DESARROLLO DEL ANÁLISIS HAZOP

4.1 CREACIÓN DEL EQUIPO HAZOP

El 5 de Marzo del presente año se realizó la socialización del proyecto Estudio de Riesgo y de Operabilidad Hazop aplicado a Campo Escuela Colorado, al personal de este campo.

En donde se les dio la información de este método y su debido procedimiento.

Posteriormente se realizó la creación del equipo de trabajo que quedo conformado de la siguiente manera.

ROL	INTEGRANTE
SUPERVISOR OPERATIVO DE LA PLANTA	SALOMÓN GALVIS
SUPERVISOR DE PRODUCCIÓN	CESAR CORTÉZ ALVAREZ
MANTENIMIENTO	CONSUELO GONZALEZ JULIO G. GONZALES
PRODUCCION Y OPERACIÓN	SCARLTEH BADILLO LEONEL GUEVARA
HSE	DIANA CAROLINA CORREA
LIDER DEL EQUIPO	ANA MARIA ROMERO
SECRETARIOS	LAURA MARCELA ARENAS PEREZ JAVIER JOSE GOMEZ ALVAREZ

(Ver Anexo A)

4.2 SESIONES HAZOP

El equipo HAZOP se reunió en diferentes sesiones para hacer el respectivo estudio en donde se realizaron las siguientes actividades:

4.2.1 Identificación de nodos

Después de realizar el análisis del plano P&ID de la estación recolectora de Campo Escuela Colorado (Ver figura 18), el equipo HAZOP selecciono los nodos a estudiar que se encuentran en la tabla 12.

Desde la figura 19 hasta la figura 23 se muestran los nodos elegidos para este estudio.

4.2.2 Selección del parámetro

Con base en las condiciones de operación y los procesos realizados en la estación se hizo la selección de las variables físicas más importantes al realizarse un análisis de seguridad.

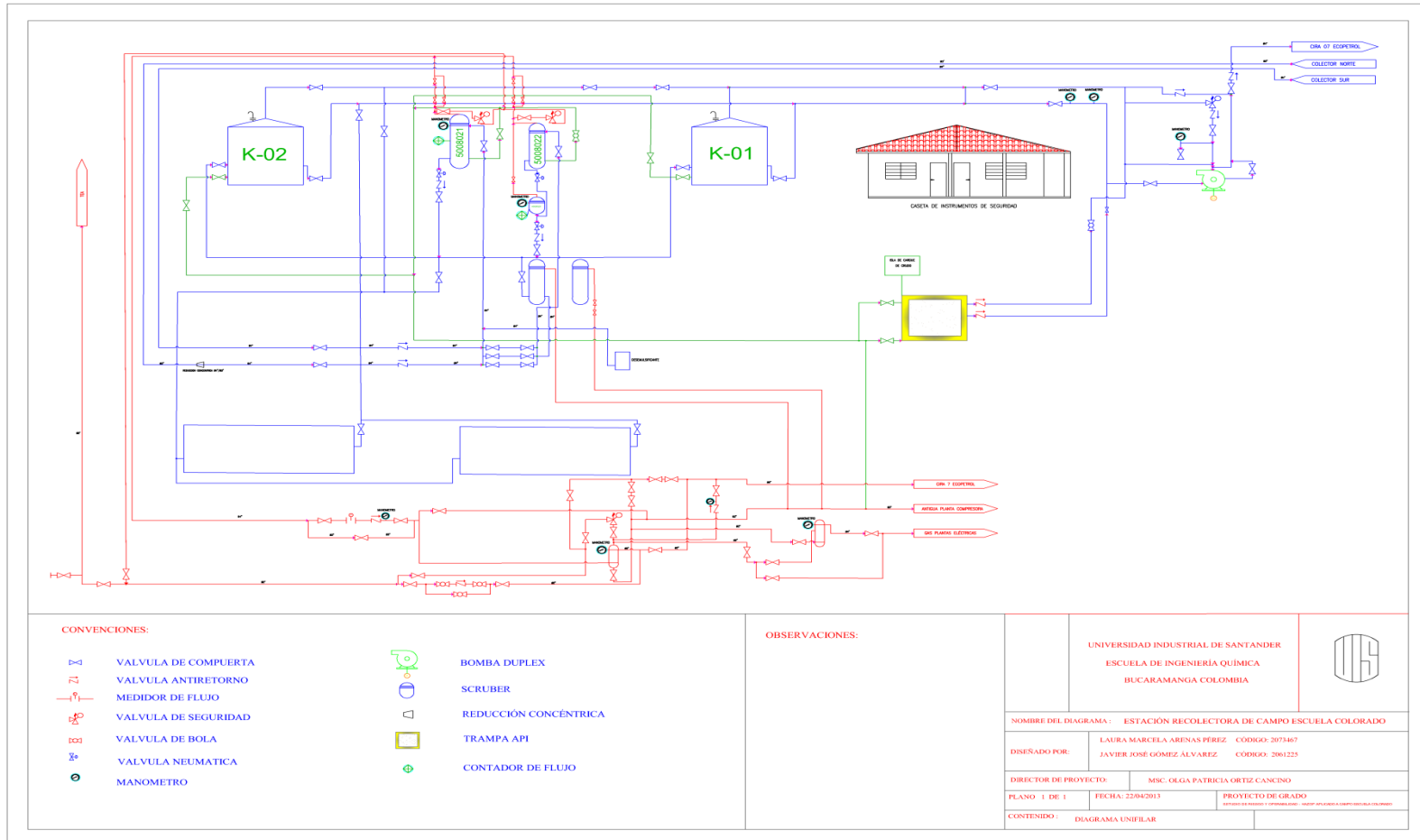
Estos fueron: Flujo y Presión.

4.2.3 Identificación de las desviaciones

Para cada nodo seleccionado se identificaron sus desviaciones, haciendo la combinación de las ocho (8) palabras guías y los parámetros ya anteriormente mencionados.


Ejemplo: Mas flujo, No Presión.

Figura 18 Plano PI&D Estación Recolectora de Campo Escuela Colorado



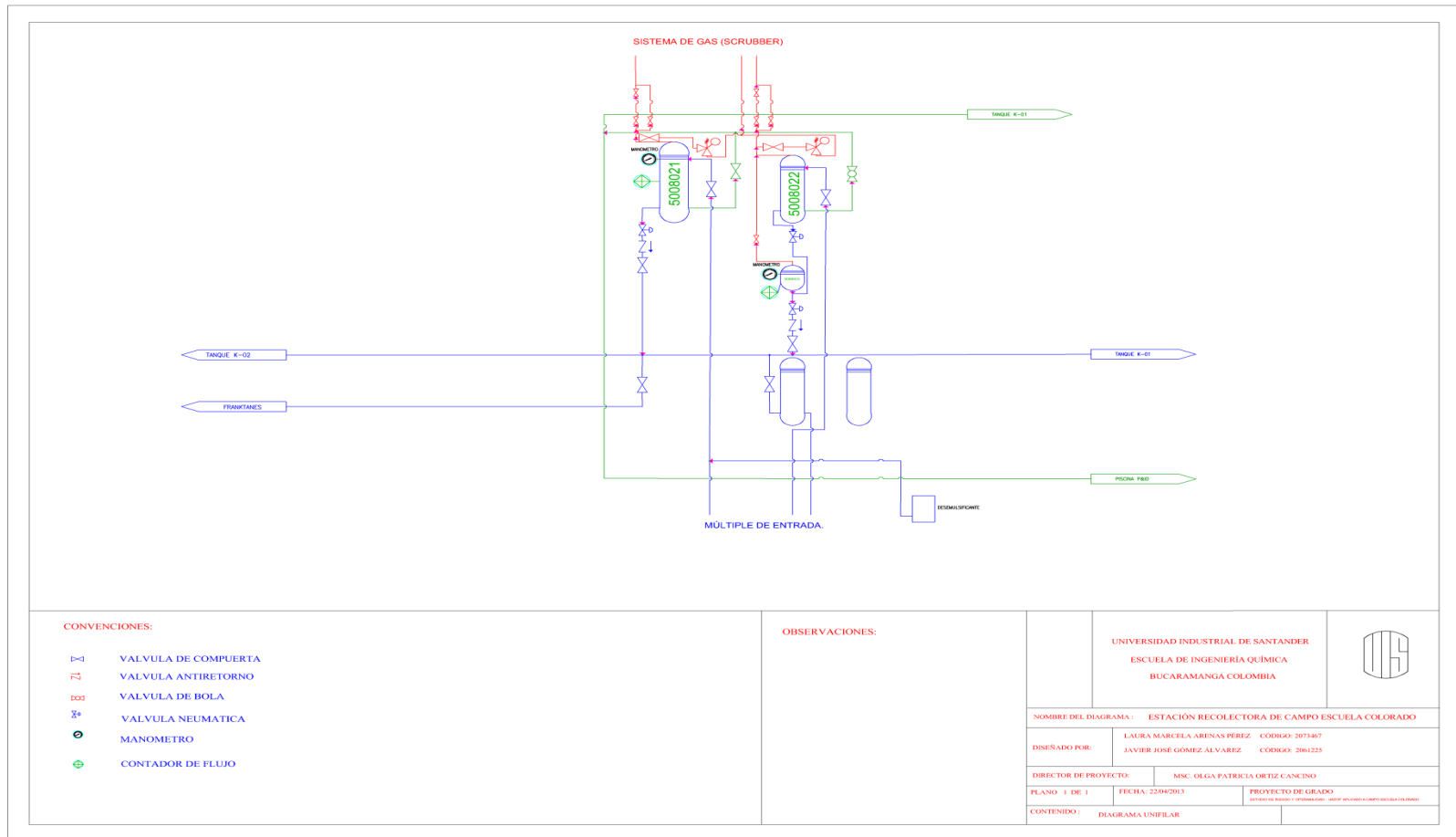
Fuente: AUTOR
(Ver Anexo B)

Tabla 12 Identificación de nodos de la estación recolectora de CEC

 IDENTIFICACIÓN DE NODOS DE LA ESTACION RECOLECTORA NORTE DE CEC			
NODOS	PARAMETROS DE DISEÑO	IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS	INTENCIÓN
1. Entrada del fluido hacia el múltiple	3 líneas de 4"	Múltiple de entrada	Fluir de agua, gas y aceite
2. Salida del múltiple hasta la salida de los separadores	Presiones 17-21 psi	Separador General 5008021	Separar líquido y gas
		Separador de Prueba 5008022	
		separador volumétrico 5008023	
3. Salida de separadores hasta la entrada de los tanques de almacenamiento	Capacidad 500 bls	Tanque de almacenamiento k-01	Contener y almacenar líquido
	Soldado techo fijo	Tanque de almacenamiento k-02	
	Altura 8' y diámetro 16'		
4. Salida de tanques de almacenamiento hasta la bomba dúplex	Capacidad operacional de la bomba 150 Bbph	Bomba dúplex	Bombear líquido a la Cira 07 de Ecopetrol
	Motor de 30 hp	Motor trifásico de inducción	
5. Salida de los separadores hasta el Scrubber	Líneas de 6", 4" y 3"	Scrubber	Separar las últimas gotas de crudo del gas

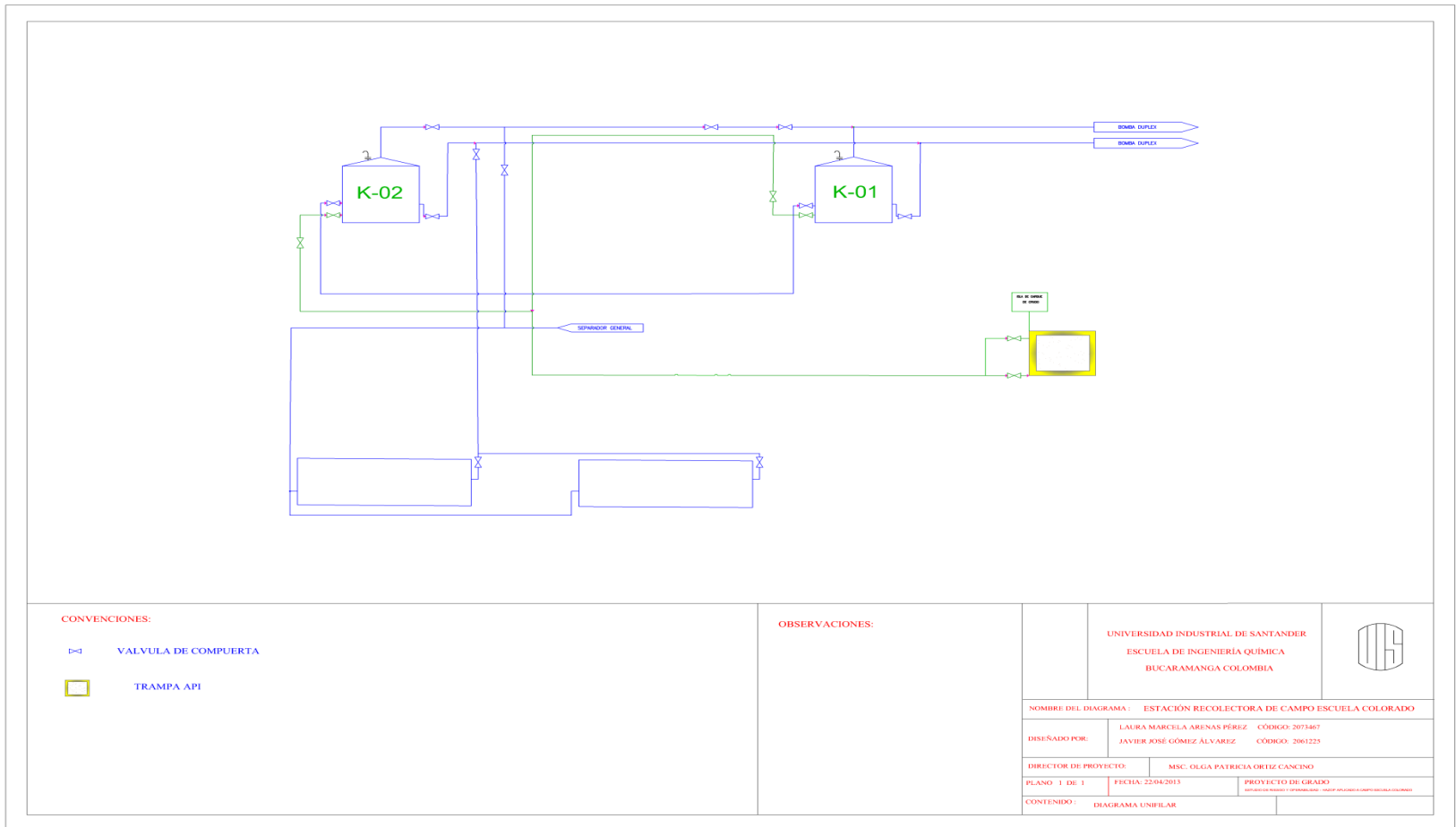
Fuente: AUTOR

Figura 20 Nodo 2: Zona de Separadores



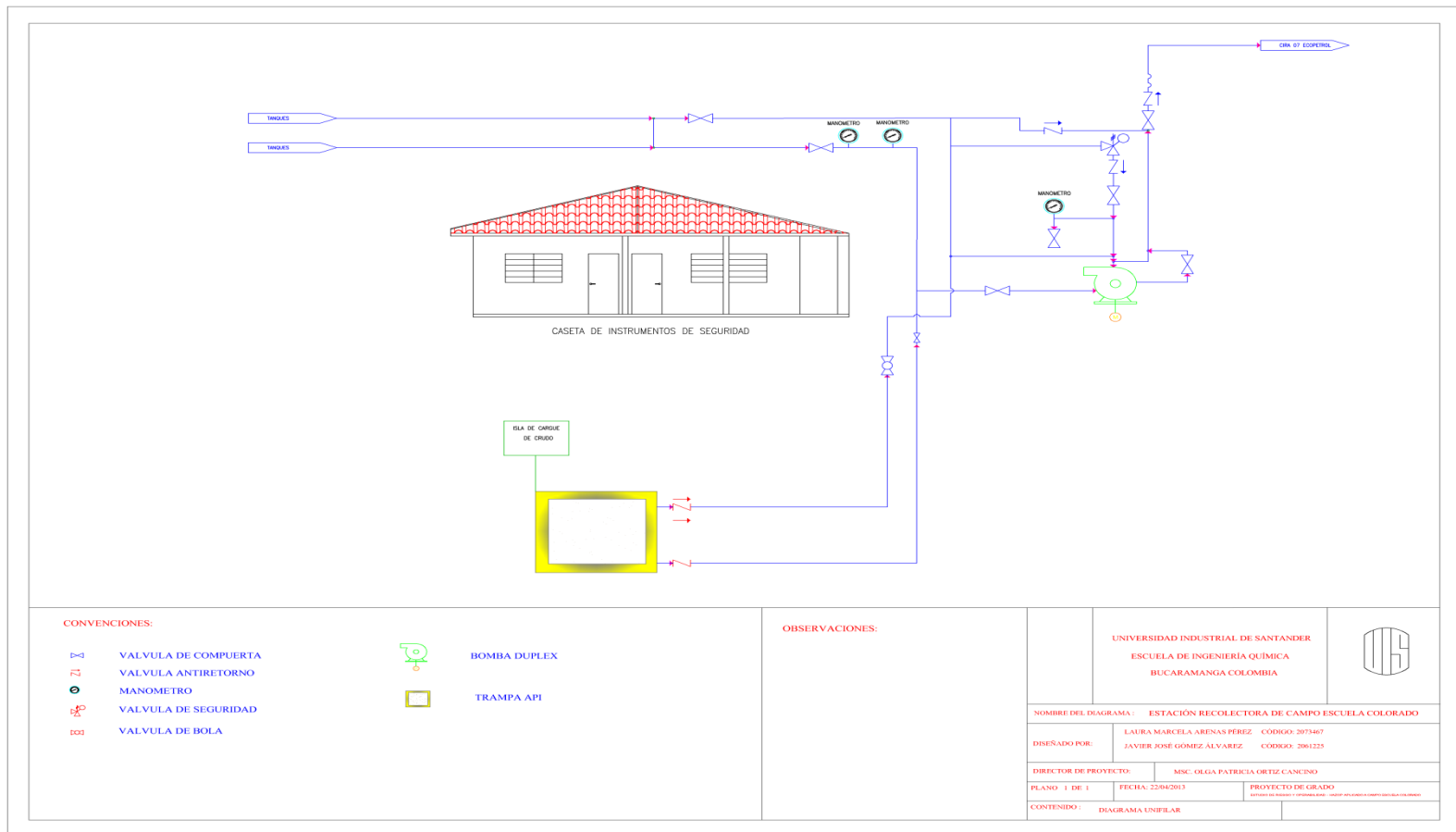
Fuente: AUTOR
(Ver Anexo D)

Figura 21 Nodo 3. Tanques de Almacenamiento



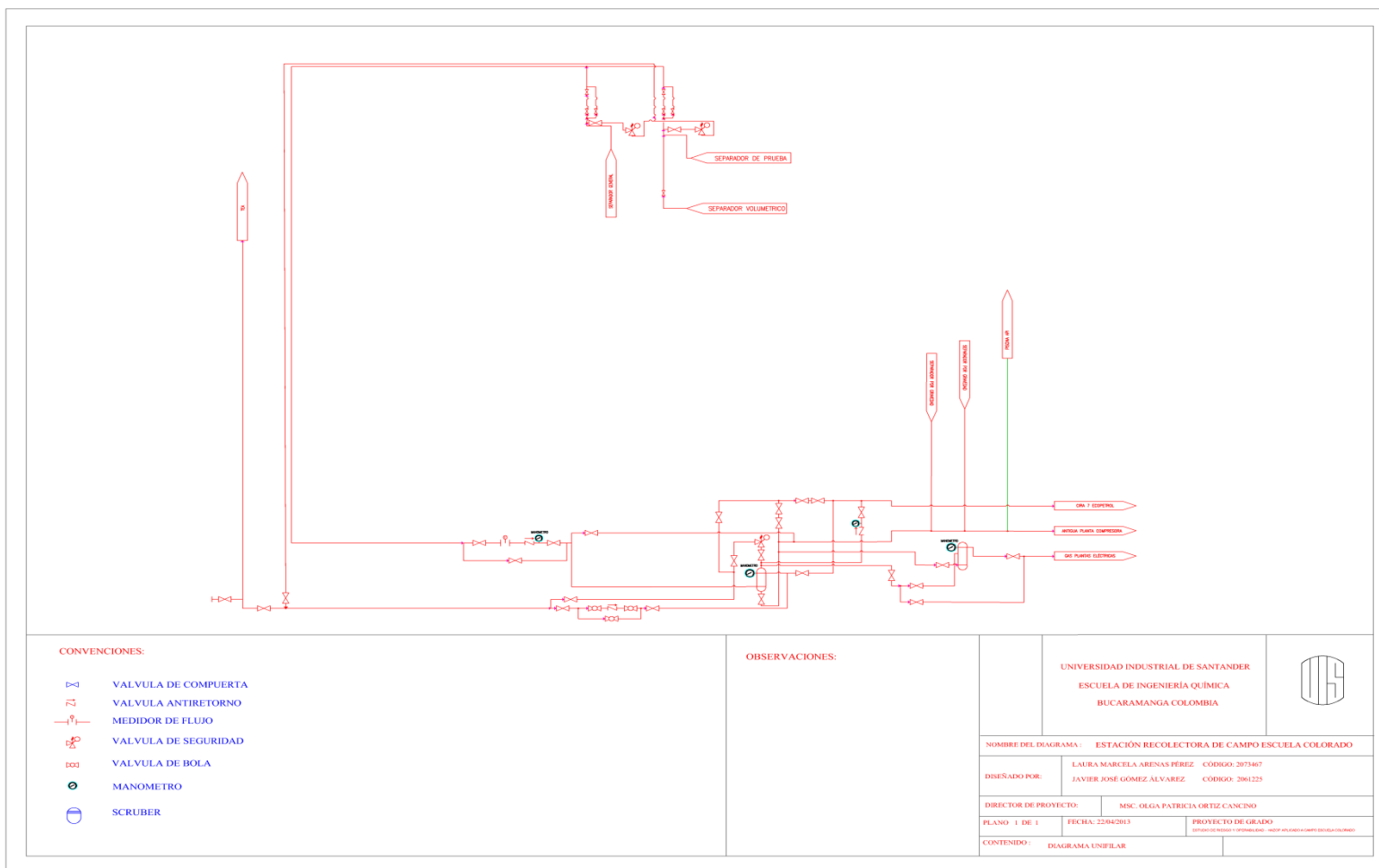
Fuente: AUTOR
(Ver Anexo E)

Figura 22 Nodo 4: Sistema de Bombeo



Fuente: AUTOR
(Ver anexo F)

Figura 23 Nodo 5 : Sistema de Gas



Fuente: AUTOR
(Ver anexo G)

4.2.4 Causas, consecuencias y recomendaciones

El Equipo de Trabajo HAZOP plateo las causas, se determinaron las consecuencias, y a estas se les dio su Ranking de clasificación, según la severidad y frecuencia.

Para cada consecuencia se estableció su respectiva recomendación; estas se clasificaron en impacto, tipo, clase de solución, prioridad y responsable de la acción.


En la estación recolectora se encuentran cuatro áreas de trabajo; Operativo y Producción (OP); Mantenimiento (MA) que considera infraestructura y obras civiles; área eléctrica y mecánica; HSE y Administrativo. (Ver figura 24)

Figura 24 Sesiones Hazop



Fuente: AUTOR

Tabla 13 Análisis HAZOP para el nodo 1, parámetro flujo


 ESTUDIO Y RIESGO DE OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACIÓN RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO:1					
FECHA:22 DE ABRIL DE 2013						PARAMETRO:FLUJO					
INTENCIÓN DEL DISEÑO: FLUJO DE AGUA, CRUDO Y GAS											
PG	DESVIACIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	T.A	C. S	P	R
HACER		FLUJO DE AGUA, CRUDO Y GAS									
NO HACER	NO FLUJO	Rotura de la línea	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		No esté operando la estación	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Pozos se parafinen	Corrosión	2	3	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA
		Obstrucción en la válvula de no retorno	Derrames	4	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
MAS HACER	MAS FLUJO	Sobrepresión	Rotura de líneas	3	1	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Rotura de tubería aguas abajo	Daños de empaques	2	2	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Descontrol de todos los instrumentos	2	2	Ajuste a los instrumentos	N	O	C	1	OP
			Derrames	4	2	Disponibilidad de repuestos críticos	N	O	E	1	ADM
			Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	OP - HSE
			Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento	I	O	P	1	MA

						de la infraestructura					
MENOS HACER	MENOS FLUJO	Rotura de tubería agua arriba	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Taponamiento de flujo	Pérdidas de flujo	4	3	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Aumento de presión	4	3		I	O	P	1	OP-MA
			Rotura de líneas	3	1	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
			Daño de infraestructura	3	1	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Fatiga de materiales	2	1	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	PRESENCIA DE SOLIDOS	Velocidad baja de flujo	Taponamiento	1	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Fluido con alto contenido de solidos	No funciona la lengüeta de la válvula de no retorno	2	2	Programa de calibración y mantenimiento de válvulas	I	O	C	1	OP
			Oxidación	3	1	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA
			Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	MA
			Daño de válvulas	3	2	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
PARTE DE	HAY FLUJO PERO NO DIRECCIONA	Válvulas se bloqueen	Sobrepresión	2	2	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
		Obstrucción de tubería	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA

		Mala operación	Rotura de empaque	2	3	Establecimiento y divulgación de Procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
		Daños de terceros	Explosión	5	2	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Daño en una válvula	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	OP-HSE
			Derrame	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
			Lesiones al personal	4	1	Programa de salud ocupacional	I	S	P	1	HSE
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	CONTAMINA	Rotura de línea de flujo	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Daño ambiental	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
			Lesiones al personal	4	1	Programa de salud ocupacional	I	S	P	1	HSE
			Derrame	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM

Fuente: AUTOR

Tabla 14 Análisis HAZOP para el nodo 1, parámetro Presión

 ESTUDIO Y RIESGO DE OPERABILIDAD HAZOP												
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO							NODO:1					
FECHA:22 DE ABRIL DE 2013							PARAMETRO: PRESION					
INTENCION DEL DISEÑO: RECIBIR Y DIRECCIONAL EL FLUJO												
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	T.A.	C.S.	P	R	
HACER	PRESION											
NO HACER	NO PRESION	Válvulas se bloqueen	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA	
		Obstrucción de tubería	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA	
		Mala operación	Explosión	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE	
		Daños de terceros	Rotura de empaque	2	3	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA	
		Daño en una válvula	Lesiones personales	4	1	Programa de salud ocupacional	I	S	P	1	HSE	

		Deposición de sólidos	Daños de equipos	3	1	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Derrame	4	2	Canal de manejo de corrientes aceitosas	I	S	P	1	MA-HSE
			Corrosión	3	2	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA
			taponamiento	2	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP
			incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
MAS HACER	MAS PRESION	Romper las líneas	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		Rompimiento de empaques de bridas, uniones	Explosión	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
		Daño de las válvulas	Daños de equipos	3	1	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
		Fugas aguas abajo	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
MENOS HACER	MENOS PRESION	No hay producción	Operación inactiva	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA

		Fugas aguas arriba	Perdidas económicas	5	2	Sensor detector de fugas	N	O	P	1	OP
			Derrame	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
			Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	ACUMULACION DE SEDIMENTOS	Baja velocidad del flujo	Taponamientos	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
			Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP
PARTE DE	N. A										
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	CONTAMINA	Rompe el empaque	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Derrame	Pérdidas físicas	4	1	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP- HSE

Fuente: AUTOR

Tabla 15 Análisis HAZOP para el nodo 2


 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO:2					
FECHA: 23 DE ABRIL DEL 2013						PARAMETRO: SEPARAR					
INTENCION DEL DISEÑO:SEPARAR LIQUIDO Y GAS											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	T.A	C.S	P	R
HACER	SEPARAR										
NO HACER	NO SEPARA	Válvula de compuerta de entrada cerrada	Sobrepresión	2	2	Válvula de seguridad	I	O	P	2	OP-MA
		Separador tapado por solidos	Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP
		Presión de operación por fuera del rango de Operabilidad	Daño de líneas	3	1	Inspección de tubería	I	O	P	1	OP-MA
		Acumulación de sedimentos	Daño de válvulas	3	2	Inspección de equipos	I	O	P	1	OP-MA

		Separador dañado	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		No hay flujo	Explosión	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
		Tubería obstruida	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Incumplimientos, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
MAS HACER	N.A										
MENOS HACER	MENOS SEPARACION	Válvula de control de salida cerrada	Sobrepresión	2	2	Válvula de seguridad	I	O	P	1	OP-MA
		Separador tapado por solidos	Empaque dañado	2	3	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
		Menos flujo	Obstrucción de tubería	3	1	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Dosis del demulsificante inadecuadas	fugas	2	3	Sensor detector de fugas	N	O	P	2	OP
			Incumplimientos, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM

			Falla en el dosificador	2	3	Revisión periódica del sistema del desemulsificante	N	O	P	1	OP-MA
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	ASI COMO TAMBIEN SEPARA VIBRA	Daño de filtros	Contaminación auditiva	0	5	Tapa oídos	I	O	P	2	HSE
	ASI COMO TAMBIEN SEPARA ACUMULA SEDIMENTOS		corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP
			Sobrepresión	2	2	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA
PARTE DE	SEPARA PERO NO SE APLICA EL DESENMULSIFICANTE	Separación inadecuada	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Incumplimientos, multas y pérdida de imagen	5	2						
	SEPARA PERO NO CUENTA	Daño en contador de flujo	Desconocimiento de la producción de los pozos	1	3	Mantenimiento al contador de flujo	I	O	P	2	MA
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	CONTAMINA	Fugas	Problemas en las válvulas	3	2	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA

Fuente: Autor

Tabla 16 Análisis HAZOP para el nodo 2, parámetro flujo


 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO:2					
FECHA: 23 DE ABRIL DEL 2013						PARAMETRO:FLUJO					
INTENCION DEL DISEÑO:SEPARAR LIQUIDO Y GAS											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	TA	CS	P	R
HACER	FLUJO										
NO HACER	NO FLUJO	Obstrucción de líneas	Corrosión	3	2	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA
		Válvula de compuerta a la entrada de los separadores cerrada	Derrames	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
		Rotura de las líneas	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA

		No esté operando la estación	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura (Dique)	I	O	P	1	MA
		Pozos se parafinen	Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	AD
			Roturas de líneas	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
			Explosión	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
MAS HACER	MAS FLUJO	Sobrepresión	Rotura de líneas	3	1	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
			Daños de empaques	2	3	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Descontrol de todos los instrumentos	2	2	Ajuste a los instrumentos	N	O	C	1	OP
			Derrames	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
			Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA

MENOS HACER	MENOS FLUJO	Poca producción de los pozos	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Fuga en la línea	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Derrame	4	2	Canal de manejo de corrientes aceitosas	I	S	P	1	MA-HSE
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	PRESENCIA DE SOLIDOS	Fluido con alto contenido de solidos	No funciona la válvula de compuerta de los separadores	2	3	Programa de calibración y mantenimiento de válvulas	I	O	C	2	OP
			Taponamiento	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
			Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	MA
PARTE DE	N.A										
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	N.A										

Fuente: AUTOR


Tabla 17 Análisis HAZOP para el nodo 2, parámetro Presión

											
ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO:2					
FECHA: 23 DE ABRIL DEL 2013						PARAMETRO: PRESION					
INTENCION DEL DISEÑO:SEPARAR LIQUIDO Y GAS											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	T.A.	C. S.	P	R
HACER	PRESION										
NO HACER	NO PRESION	No flujo	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Válvula de control de entrada cerrada	Escape por la línea	2	3	Limpieza de líneas	I	O	P	1	OP-MA
		Daño provocado por terceros	Derrames	5	2	Verificar válvulas abiertas	I	O	P	1	OP-MA
			Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Incumplimientos, multas y pérdida de imagen	5	2	Capacitación a la comunidad	I	S	P	1	HSE
MAS HACER	MAS PRESION	Daño en la válvulas de control de salida	fugas	2	3	Sensor detector de fugas	N	O	P	1	OP

			Derrames	5	2	Canal de manejo de corrientes aceitosas	I	S	P	1	MA-HSE
			Contaminación	3	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP-HSE
			Dispara el Scrubber	1	4	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Daño provocado por terceros	Válvula de control de salida cerrada	1	3	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
		Fallas de operarios	Se llena el gasoducto de líquido	2	2	Ajuste a los instrumentos	N	O	C	2	OP
			Dispara válvula de seguridad	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
MENOS HACER	MENOS PRESION	Daño en las válvulas de control	No operan instrumentos	2	4	Ajuste a los instrumentos	N	O	C	2	OP
			Derrames	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP-HSE
			Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	N.A										
PARTE DE	N.A										
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSA QUE	N.A										

Fuente: AUTOR

Tabla 18 Análisis HAZOP Para el nodo 3


 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP												
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO								NODO:3				
FECHA: 24 ABRIL DE 2013								PARAMETRO:CONTENER Y ALMACENAR LIQUIDO				
INTENCION DEL DISEÑO: CONTENER Y ALMACENAR LIQUIDO												
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	T.A	C.S	P	R	
HACER	ALMACENAR LIQUIDO, SEPARAR POR GRAVEDAD, TOMAR MUESTRA Y FISCALIZAR CRUDO											
NO HACER	NO ALMACENAR	Válvula de drenaje abierta	Se reduce la capacidad de la estación	1	1	Capacitación de personal	I	O	P	1	OP-MA	
		Válvula de entrada cerrada	Se llenan los separadores	2	2	Establecer procedimientos de trabajo seguro	I	O	P	1	OP-MA	
		Fuga en los tanques por fatiga del material	Se disparan válvulas de seguridad	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA	
		El líquido se va por líneas de gas de los separadores	Explosión	5	2	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA	
		Válvula de salida del separador cerrada	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA	
		Línea obstruida	Derrame	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE	

MAS HACER	MAS ALMACENAMIENTO	Mayor producción	Derrame	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
		Unidades de bombeo inactivas	Daños de la válvula de control	3	2	Sensor de nivel	I	O	C	1	OP
			Fallas en la energía eléctrica	1	2	Fuentes de energía externa	N	O	P	1	OP-MA
			Fallas mecánicas	3	2	Mantenimiento al sistema de bombeo	I	O	P	1	MA
MENOS HACER	MENOS ALMACENA	Poca producción	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Acumulación de sedimentos	Fallas en las líneas	3	1	Mantenimiento en las redes de suministro	I	O	P	1	MA
		Fuga	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		Válvula de drenaje abierta	Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	ALMACENA FLUIDO, EMANE GAS	Perdidas por evaporación	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Explosión	5	2	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Daño ambiental	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
PARTE DE	NO ALMACENA FLUIDO PERO SI ALMACENA AGUA	Limpiar las líneas	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la líneas	I	O	P	1	MA

		Suministrarle agua al equipo	Reducir la capacidad de almacenamiento	1	1	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
		Ayudar bombeo del fluido hacia el la Cira 07									
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	N.A										

Fuente: Autor

Tabla 19 Análisis HAZOP para el nodo 3, párametro Flujo


 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP												
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO								NODO:3				
FECHA:24 DE ABRIL DE 2013								PARAMETRO: FLUJO				
INTENCION DEL DISEÑO:CONTENER Y ALMACENAR LIQUIDO												
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I.	T. A.	C.S	P	R	
HACER	FLUJO											
NO HACER	NO FLUJO	Válvula de compuerta de entrada a los tanques está cerrada	Corrosión	2	3	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA	
		Válvula de compuerta de salida de los separadores cerrada	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA	
		Rotura en la línea	Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE	
		No esté operando la estación	Rotura de líneas	3	1	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA	

MAS HACER	MAS FLUJO	Mas producción	Derrames	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
		Fuga en el tanque	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
			Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Daño ambiental	4	2	Sensor de nivel	I	S	P	1	HSE-OP
MENOS HACER	MENOS FLUJO	Fugas en líneas	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		Taponamiento en la línea	Derrames	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
		Sedimentos acumulados	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	MA
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	N.A										
PARTE DE	N.A										
LO CONTRARIO	N.A										

DE											
OTRA COSAS QUE	CONTAMINA	Saturación en los tanques	Derrames	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
			Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Daño ambiental	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP

Fuente: AUTOR

Tabla 20 Análisis HAZOP para el nodo 4

 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO							NODO:4				
FECHA: 25 DE ABRIL DE 2013							PARAMETRO:FLUJO				
INTENCION DEL DISEÑO: BOMBLEAR LIQUIDO A LA CIRA 07 DE ECOPETROL											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	T	RECOMENDACIONES	I	TA	CS	P	R
HACER	BOMBLEAR CRUDO A LA CIRA 7										
NO HACER	NO BOMBEA	No hay producción	No funcione la bomba	1	3	Procedimientos operacionales de la bomba	I	O	P	1	OP-MA
		Falta de coordinación con la Cira 7	Recalentamiento de la bomba	2	3	Revisión y mantenimiento de la bomba	I	O	P	1	MA
		Fallas mecánicas	Perdidas económicas	5	2	Establecer un programa mantenimiento preventivo y correctivo para la bomba	I	O	P	1	OP-MA
		Fallas eléctricas	Sobrepresión	2	3	Configuración redundante de la bomba	N	O	P	1	OP-MA
		Fallas en el oleoducto	Contaminación	3	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
		Taponamiento	Represamiento	2	3	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	OP-HSE


		Rotura de línea	Ruptura	3	1	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	AM
		Válvulas cerradas	Incumplimiento	5	4	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales de la bomba	I	O	P	1	OP-MA
			Saturación de los tanques	4	2	Disponibilidad de repuestos críticos	N	O	E	2	ADM
						Fuentes de energía externa	N	O	P	1	OP-MA
MAS HACER	N.A										
MENOS HACER	MENOS BOMBEO	Filtros tapados	Recalentamiento de la bomba	2	3	Revisión y mantenimiento de la bomba	I	O	P	1	MA
		Válvulas salidas del tanque taponadas	Daño a la bomba	2	3	Criticidad a la bomba	N	O	P	1	OP-MA
		Válvulas de by pass abierta	Incumplimiento con el cliente	5	4	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	AM
		Válvulas de seguridad disparadas	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
		Válvulas de la bomba obstruidas	Derrame	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
		Resorte de las válvulas en mal estado	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	OP-HSE

		Daños de camisa y de pistón	Multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
		Empaque de las válvula de la bombas dañados	Cavitación	3	3	Mantenimiento al sistema de bombeo	I	O	P	1	MA
		Válvula de succión y descarga de la bomba en mal estado				Limpieza de líneas	I	O	P	1	OP-MA
		Presencia de aire en la bomba				Sensor detector de fugas	N	O	P	1	OP
		Perdida de eficiencia de la bomba				Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Camisa y pistones afectados por elementos externos				Criticidad a la camisa y pistones	N	O	P	1	OP-MA
		Poca lubricación									
		Fugas en la línea aguas arriba									
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	NA										
PARTE DE	NO BOMBEA PERO SUCCIONA DE LOS TANQUES	Falta de coordinación con la Cira 7	Fugas	2	3	Sensor detector de fugas	N	O	P	2	OP

	SUCCIONA DEL API PERO NO BOMBEA	Fallas en el oleoducto	Daños de equipos	2	3	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
	SUCCIONA DE UN TANQUE A OTRO TANQUE PERO NO BOMBEA	Taponamiento en la descarga de la bomba	Derrames	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
		Válvulas de salida de la bomba cerradas	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	OP-HSE
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	CONTAMINA	Empaques dañados	Contaminación auditiva	0	5	Tapa oídos	I	O	P	2	HSE
	CAVITA	Presencia de gas	Derrame	4	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	HSE-OP
	VIBRA	Falla mecánica	Perdida de eficiencia	2	3	Mantenimiento al sistema de bombeo	I	O	P	1	MA
		fugas	Daño de la bomba	2	3	criticidad a la bomba	N	O	P	1	OP-MA

Fuente: AUTOR

Tabla 21 Análisis HAZOP para el nodo 4, parámetro Presión


 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO:4					
FECHA: 25 DE ABRIL DE 2013						PARAMETRO: PRESION					
INTENCION DEL DISEÑO: BOMBLEAR CRUDO A LA CIRA 7											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	TP	CS	P	R
HACER	PRESION										
NO HACER	NO PRESION	No bombea	Pérdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
MAS HACER	MAS PRESION	Valvulas bloqueadas a la salida de la bomba	Dispara la válvula de seguridad	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Obstrucción por sólidos en la línea de salida	Represamiento	2	3	Válvulas de seguridad calibradas	I	O	P	1	OP-MA

		Desgastes de empaques y de la camisa	Ruptura	2	3	Limpieza de líneas	I	O	P	1	OP-MA	
			Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA	
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM	
			Derrame		5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP-HSE
							Criticidad a los empaques y la camisa	N	O	P	1	OP-MA
MENOS HACER	MENOS PRESION	Aire dentro de la bomba	No bombea eficientemente	3	2	Mantenimiento a la bomba	N	O	P	1	OP-MA	
		Sólidos en la bomba	Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM	
		Cauchos dañados	Perdidas económicas	5	2	Sistema redundante de la bomba	N	O	P	1	OP-MA	
		Filtro tapados				Criticidad a la bomba	N	O	P	1	OP-MA	
		Menos bombeo										
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	HACE RUIDO	Válvula de escape parcialmente tapada por fallas mecánicas	Represamiento	2	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA	
	VIBRA	Taponamiento	Corrosión	2	3	Pinturas aislantes	I	O	C	2	MA	

			Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
PARTE DE	N.A										
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	CAVITACION	Agua o algún líquido en la bomba	No bombea	3	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	ADM
			Perdidas económicas	5	2						

Fuente: AUTOR


Tabla 22 Análisis HAZOP para el nodo 5

 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO							NODO:5				
FECHA: 26 DE ABRIL DE 2012							PARAMETRO:SEPARAR LAS ULTIMAS GOTAS DE CRUDO DEL GAS				
INTENCION DEL DISEÑO: SEPARAR LAS ULTIMAS GOTAS DE CRUDO DEL GAS											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	π	RECOMENDACIONES	-	TA	CS	P	R
HACER	SEPARA										
NO HACER	NO SEPARA	Gas seco	Incendio	5	2	Sistema contraincendios	I	S	P	1	OP - HSE
		No llegue gas	Derrames	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
		Válvula de control de salida del separador quede abierta	El gas se valla para los tanques	1	2	Ajuste a los instrumentos	N	O	C	2	OP - HSE
		Fuga en la línea	Crudo por las líneas de gas	2	2	Atrapa llamas	N	O	P	1	OP
		Válvula de entrada al Scrubber cerradas	Crudo para la tea	4	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	AM
		Scrubber dañado	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA

			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	AM
MAS HACER	N.A										
MENOS HACER	MENOS SEPARA	No llega gas a la estación	Baja producción de gas	1	2	Limpieza a pozos	I	O	P	1	OP-MA
		Fugas en la línea	Falla en la instrumentación	2	3	Ajuste a los instrumentos	N	O	C	2	OP - HSE
		Baja producción de gas	Perdidas económicas	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	MA
			Incumplimiento, multas y pérdida de imagen	5	2	Acuerdos de servicio	I	D	P	2	AM
			Explosión	Plan de emergencia y contingencia	5	2	I	S	P	1	OP - HSE
Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O		P			1	OP-MA			
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	N.A										
PARTE DE	N.A										
LO CONTRARIO DE	N.A										
OTRA COSAS QUE	N.A										

Fuente: AUTOR


Tabla 23 Análisis HAZOP para el nodo 5, párametro Flujo

 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO: 5					
FECHA: 26 DE ABRIL DE 2012						PARAMETRO:FLUJO					
INTENCION DEL DISEÑO: SEPARAR LAS ULTIMAS GOTAS DE CRUDO DEL GAS											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	F	RECOMENDACIONES	I	TA	CS	P	R
HACER	FLUJO										
NO HACER	NO FLUYE	Válvula de control de salida del separador descalibrada y envíe todo para la tea	Explosión	5	3	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Fuga en la línea	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		Válvulas de entrada al Scrubber cerradas	Sobrepresión	2	2	Válvula de seguridad	I	O	P	2	OP-MA
			Perdidas económicas	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
			Corrosión	3	2	Ánodos de sacrificios	N	O	E	2	OP

						Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	AM
MAS HACER	FLUYE MAS	Que se reactiven nuevos pozos y llegue más gas	Disparo válvula de seguridad	3	2	Mantenimiento y calibración válvulas de seguridad	I	O	P	1	OP-MA
MENOS HACER	FLUYE MENOS	Fugas en la línea	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		Menor producción de gas	Explosión	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
		Válvulas de by pass a la entrada del Scrubber abiertas				Capacitación a la comunidad	I	S	P	1	HSE
		Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales				I	O	P	1	OP-MA	
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	NA										
PARTE DE	NA										
LO CONTRARIO DE	NA										
OTRA COSAS QUE	NA										

Fuente: AUTOR

Tabla 24 Análisis HAZOP para el Nodo 5, parámetro Presión

 ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD HAZOP											
PLANTA: ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO ESCUELA COLORADO						NODO:5					
FECHA: 26 DE ABRIL DE 2013						PARAMETRO: PRESION					
INTENCION DEL DISEÑO: SEPARAR LAS ULTIMAS GOTAS DE CRUDO DEL GAS											
PG	DESVIACION	CAUSAS	CONSECUENCIAS	S	T	RECOMENDACIONES	I	TA	CS	P	R
HACER	PRESION										
NO HACER	NO HAY PRESIÓN	Válvula de seguridad de los separadores disparadas	Aumento de emisiones en los tanques	2	3	Sistema contraincendios	I	S	P	1	OP - HSE
		Línea rota	Contaminación	3	2	Plan de inspección	I	O	P	1	OP-MA
		Valvulas de entrada cerradas	Explosión	5	2	Programa de mantenimiento de la infraestructura	I	O	P	1	AM
		Válvula de salida para la tea abierta				Capacitación comunidad y celadores	I	S	P	1	HSE
						Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE

MAS HACER	MAS PRESION	Válvula de salida del Scrubber cerrada	Presurización del sistema hacia atrás	3	1	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Disparo de la válvula de seguridad	3	1	Mantenimiento y calibración válvulas de seguridad	I	O	P	1	OP-MA
MENOS HACER	MENOS PRESION	Menos flujo de gas	Contaminación	3	2	Procedimiento de manejo de contaminaciones	I	S	P	1	MA
		Fugas	Explosión	5	2	Plan de emergencia y contingencia	I	S	P	1	OP - HSE
			Daño de equipos	3	1	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales	I	O	P	1	OP-MA
			Accidentes laborales	4	1	Programa de salud ocupacional	I	S	P	1	HSE
			Perdidas económicas	5	2	Sensor detector de fugas	N	O	P	1	OP
ASI COMO TAMBIEN (HACER)	NA										
PARTE DE	NA										
LO CONTRARIO DE	NA										
OTRA COSAS QUE	NA										

Fuente: AUTOR

4.2.5 Recomendaciones en la estación recolectora

Después de llevar a cabo la metodología HAZOP, se hizo un análisis de los riesgos y sus recomendaciones, observando cuales eran las más relevantes.

SUCESOS INICIADORES	RECOMENDACIONES
Rotura de la línea, fuga en tanques por fatiga de material.	Plan de inspección de líneas, sensor detector de fugas, ánodos de sacrificio, mantenimiento dique alrededor de la zona de separadores y tanques, plan de emergencia y contingencia.
Obstrucción en válvulas, válvulas de seguridad disparadas.	Programa de calibración y mantenimiento de válvulas.
Taponamiento de la línea, filtros tapados	Limpieza de líneas Plan de inspección de líneas.
Saturación de los tanques.	Sensor de nivel en los tanques.
Fallas mecánicas de la bomba, aire o sólidos dentro de la bomba	Configuración redundante de la bomba, disponibilidad de repuestos críticos, inspección de equipos, revisión y mantenimiento de la bomba.
Fallas eléctricas de la bomba.	Fuentes de energía externa, mantenimiento en las redes de suministro de energía.
Mala operación.	Establecimiento y divulgación de procedimientos operacionales.
El líquido migre por líneas de gas de los separadores, pérdidas por evaporación.	Atrapa llamas, Mantenimiento sistema contra incendios.

CONCLUSIONES

- Se implementó en la estación recolectora del Campo Escuela Colorado el estudio HAZOP para detectar las desviaciones que podrían dar lugar a situaciones peligrosas o problemas de operatividad. El estudio se realizó a través de un análisis de los nodos seleccionados de forma sistemática y creativa, dirigida por las palabras claves propias de la metodología del HAZOP, lo que llevo a la identificación de posibles fallas, con sus respectivas causas y consecuencias. Este análisis nodo a nodo dio como resultado un conjunto de recomendaciones, que tienen como objetivo eliminar, mitigar y controlar los diferentes riesgos y fallas operacionales.
- El mantenimiento preventivo, el establecimiento y la divulgación clara de los procedimientos operacionales correctos, tienen un papel fundamental a la hora de disminuir riesgos y evitar accidentes, así como también optimizar los procesos, reducir tiempos de paradas por emergencias y aumentar la vida útil y el rendimiento de las instalaciones.
- Se hace importante identificar y conocer el grado de incidencia de los diferentes elementos de la estación, para detectar cuáles son los puntos críticos sobre los cuales hay que centrar una mayor atención para lograr una mayor confiabilidad operacional.
- Mediante la implementación de las recomendaciones que se consideren viables, se mejoraran las condiciones de la estación y aseguraran una operación más segura, para reducir la necesidad de mantenimiento.
- EL HAZOP es eficaz si se toma acciones para implementar las recomendaciones realizadas durante el estudio como inspección en los instrumentos, disponibilidad de repuestos crítico, etc.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar el análisis con el estudio HAZOP periódicamente, ya que este es un proceso continuo en busca de la mejora de la estación, haciendo seguimiento de las responsabilidades que le corresponden a cada dependencia y ver el cumplimiento de las que se consideren necesarias.
- Hacer un análisis de riesgo más detallado a la tea, debido a que esta presenta problemas operacionales; este análisis puede ser con un método semi- cuantitativo (Método DOW Y FEMAC).
- Realizar un análisis de criticidad a la estación, para conocer cuales puntos necesitan una mayor atención debido a su importancia en la operación.
- Mejorar los planos P&ID de la Estación recolectora de Campo Escuela Colorado.

BIBLIOGRAFIA

- ❖ AMERICAN INSTITUTION OF CHEMICAL ENGINEERS. Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 1985.
- ❖ ANÁLISIS DE RIESGO MEDIANTE LA METODOLOGÍA HAZOP A SUBESTACIÓN CFE
(http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lpro/montoya_m_j/capitulo3.pdf)
- ❖ Asociación de Industrias Químicas (1977) Guía para peligros y Operabilidad Estudios, 1977
- ❖ BADILLO G. Scarleth, ROMERO J. Hilari. Fortalecimiento de la Cultura Ambiental al área asociada a Campo Escuela Colorado. Tesis de Grado. Bucaramanga, 2012
- ❖ CAF PROAMBIENTE LTDA. Diagnóstico del Campo Escuela Colorado, ejecutado por la Universidad Industrial de Santander, UIS. Bucaramanga.
- ❖ CALDERÓN G. Luis, NAVARRETE I. Pablo. Plan de Mantenimiento de Campo Colorado. Tesis de Grado. Bucaramanga. 2007
- ❖ CURSO ESTUDIOS DE RIESGO Y OPERABILIDAD-HAZOP, Campo Escuela Colorado, 2012.
- ❖ DIRECCIÓN GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL. Guía técnica. Métodos cualitativos para el análisis de riesgos, 1994.

- ❖ GUÍA PARA EL DIAGNÓSTICO DE CONDICIONES DE TRABAJO O PANORAMA DE FACTORES DE RIESGO, SU IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN (Guía técnica colombiana GTC 45)
- ❖ GUIAR, Grupo de Investigación Analítica de Riesgos. Universidad de Zaragoza (http://www.unizar.es/guiar/1/Accident/An_riesgo/An_riesgo.htm).
- ❖ INFORME ANUAL DE OPERACIONES DE CAMPO ESCUELA COLORADO AÑO 2006.
- ❖ KLETZ, TA, (1983) HAZOP y HAZAN Notas sobre la Identificación y Evaluación de Riesgos IChemE Rugby, 1983.
- ❖ FREEDMAN Pablo, HAZOP como metodología de análisis de riesgos, Tecna S.A, 2003.
- ❖ METODO HAZOP, Escuela Superior de Ciencias Empresariales, lección 12.
- ❖ PÉREZ Reyes, Carlos Andrés. Evaluación del Comportamiento Hidráulico del sistema de recolección de fluidos del Campo Colorado. Tesis de Grado. 2012
- ❖ REYES Rodríguez, Deicy Patricia. Manual Técnico de las actividades de producción efectuadas en el Campo Escuela Colorado. Tesis de Grado. Bucaramanga. 2012

ANEXOS

ANEXO A: CONFORMACIÓN EQUIPO HAZOP

EQUIPO DE TRABAJO DE ESTUDIO DE RIESGO Y OPERABILIDAD- HAZOP
APLICADO A CAMPO ESCUELA COLORADO.

Leonel Guevara *Leonel* Aux producción

Consuelo González *Consuelo* Aux. M. Mecánico

Cesar Cortés Álvarez *Cesar* superv. produce.

Jairo Rivas García *Jairo* interviniente de ries.

Solomón Golvis B. *Solomon* Sup. Campo

Amr. Maurice Romero / Amr. M. R. / Sup. HSEQ

JULIO C. GONZALEZ *Julio* Bodegas

Javier Gómez Álvarez Javier J. Gómez Secretario

Laura Marcela Arias Pérez Laura Arias Secretario

Diana Carolina Correa P. *Diana* Coord. HSEQ.

Scarleth Badillo García Ing. de operaciones.

**ANEXO B: PLANO P&ID DE LA ESTACION RECOLECTORA DE CAMPO
ESCUELA COLORADO**

ANEXO C: MÚLTIPLE DE ENTRADA

ANEXO D: ZONA DE SEPARADORES

ANEXO E: TANQUES DE ALMACENAMIENTO

ANEXO F: SISTEMA DE BOMBEO

ANEXO G: SISTEMA DE GAS