

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
	Dependencia	Aprobado	Pág.	
	DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO	1(98)	

RESUMEN-TRABAJO DE GRADO

AUTORES	DANIEL ANDRES QUINTERO CORONEL		
FACULTAD	DE INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERÍA MECANICA		
DIRECTOR	EDWIN EDGARDO ESPINEL BLANCO		
TÍTULO DE LA TESIS	ESTRATEGIA DE ELIMINACIÓN DE FUGAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN LA PLANTA DE AROMÁTICOS DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA-ECOPETROL S.A		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>SE DESARROLLÓ UN PROGRAMA PARA LA ELIMINACIÓN DE FUGAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES BASADO EN EL MÉTODO 21 DE LA EPA (AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS) POR MEDIO DEL CUAL SE ESTABLECIERON LAS DIRECTRICES NECESARIAS PARA PODER IMPLEMENTAR UN PROGRAMA PARA LA DETECCIÓN Y REPARACIÓN DE FUGAS. SE ESTABLECIÓ ADEMÁS TRES MÉTODOS PARA ESTIMAR LA CANTIDAD EN MASA DE HIDROCARBUROS QUE SE PIERDEN DEBIDO A LA FALTA DE CONTROL DE FUGAS.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 98	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 36	CD-ROM: 1



**ESTRATEGIA DE ELIMINACIÓN DE FUGAS DE COMPUESTOS
ORGÁNICOS VOLÁTILES EN LA PLANTA DE AROMÁTICOS DE LA
GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA-ECOPETROL S.A**

DANIEL ANDRES QUINTERO CORONEL

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA MECANICA
OCAÑA
2014**

**ESTRATEGIA DE ELIMINACIÓN DE FUGAS DE COMPUESTOS
ORGÁNICOS VOLÁTILES EN LA PLANTA DE AROMÁTICOS DE LA
GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA-ECOPETROL S.A**

DANIEL ANDRES QUINTERO CORONEL

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero Mecánico

**Director
Ingeniero Mecánico. EDWIN ESPINEL BLANCO**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA
FACULTAD DE INGENIERIAS
INGENIERIA MECANICA
OCAÑA
2014**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a dios por Darne la fortaleza y sabiduría para poder cumplir con las metas que me propongo.

A mi madre Betsaid Coronel Leon por su constante apoyo a lo largo de mi vida y durante el desarrollo de mi carrera profesional.

A mi tía Martha Lucia Sanguino por sus sabios consejos, y a cada una de esas personas que de una u otra forma me ayudaron a lo largo de este camino que decidí emprender.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. TITULO	15
1.1. ECOPETROL S.A	15
1.1.1. Misión	16
1.1.2. Visión	16
1.1.3. Objetivos de la empresa	16
1.1.4. Descripción de la estructura organizacional	17
1.1.5. Descripción de la dependencia asignada: Departamento de Petroquímica	18
1.2. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA	18
1.2.1. Planteamiento del problema	21
1.3. OBJETIVOS DE LA PASANTIA	22
1.3.1. Objetivo general	22
1.3.2. Objetivos específicos	22
1.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR	23
2. ENFOQUES REFERENCIALES	24
2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL	24
2.1.1. Norma ASME B31.3	24
2.1.2. Norma ASME B16.5	25
2.1.3. Método 21 de la EPA	25
2.1.4. Tuberías	26
2.1.5. Unión o empalme roscado	26
2.1.6. Uniones bridadas	27
2.1.7. Empernado	27
2.1.8. Válvulas	28
2.2. ENFOQUE LEGAL	29
3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO	31
3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	31

3.1.1.	Identificación de los componentes	31
3.1.2.	Comparación de lo que está en campo con lo que aparece en los diagramas	32
3.1.3.	Nomenclatura usada sobre los componentes	33
3.1.4.	Resultados unidad 1300 (U1300)	38
3.1.5.	Resultados unidad 1600 (U1600)	42
3.1.6.	Resultados unidad 1500 (U1500)	46
3.1.7.	Resultados unidad 1400 (U1400)	50
3.2.	ESTRATEGIA PARA LA ELIMINACIÓN DE EMISIONES FUGITIVAS	54
3.2.1.	Descripción del método 21 de la EPA	54
3.2.1.1.	Aplicabilidad y principios.....	54
3.2.1.2.	Definiciones	54
3.2.1.3.	Instrumento de monitoreo	55
3.2.1.4.	Requerimientos de prueba para el instrumento.....	56
3.2.1.5.	Gases de calibración.....	56
3.2.2.	Implementación de un programa para la detección y reparación de fugas LDAR basado en el método 21 de la EPA.	56
3.2.2.1.	Identificación de los componentes	57
3.2.2.2.	Definición de fuga establecida	59
3.2.2.3.	Monitoreo de componentes.....	60
3.2.2.4.	Reparación de componentes.....	61
3.2.2.5.	Registros de mantenimiento	63
3.2.3.	Procedimiento de monitoreo de fugas para la planta de aromáticos.	64
3.2.3.1.	Definir los límites de la unidad de proceso	64
3.2.3.2.	Obtención de un diagrama de flujo simplificado	64
3.2.3.3.	Forma de realizar las mediciones sobre los componentes	65
3.2.3.4.	Manipulación de datos	71
3.2.4.	Mejores técnicas disponibles para la eliminación de emisiones fugitivas	
	73	
3.2.4.1.	Materiales de sellado para uniones bridadas.....	73
3.2.4.2.	Materiales de sello para prensa-empaque de válvulas.....	75
3.2.4.3.	Personal competente	76

4. DIAGNÓSTICO FINAL	78
5. CONCLUSIONES	79
6. RECOMENDACIONES	80
BIBLIOGRAFÍA	81
REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS	82
ANEXOS	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Alcance de la norma ASME B31.3	25
Figura 2. Componentes de una unión bridada.....	27
Figura 3. Tornillo/Perno	28
Figura 4.Válvulas utilizadas en una refinería	29
Figura 5. Forma de identificación de los componentes.....	32
Figura 6. Comparación de la bomba P-1320B en planta con lo que aparece en el P&ID	33
Figura 7.Nomenclatura usada sobre P-1301A/B.....	34
Figura 8. Cuadro control 13200A	35
Figura 9.Drenajes enterrados.....	36
Figura 10. Plan de sellado de la bomba P1320	36
Figura 11. P&ID EF-534.....	39
Figura 12. Tabla de registro U1300	40
Figura 13. P&ID EF-366.....	43
Figura 14. Tabla de registro U1600	44
Figura 15.P&ID EF-363.....	47
Figura 16. Tabla de registro U1500	48
Figura 17. P&ID EF-356.....	51
Figura 18. Tabla de registro U1400	52
Figura 19. Descripción del procedimiento al operador encargado.....	58
Figura 20. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de compuerta.	66
Figura 21. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de bola.	66
Figura 22.Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de globo manual.	67
Figura 23. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de globo de control neumático.	67
Figura 24. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula check.	68
Figura 25. Puntos de medida para una conexión roscada universal.....	68
Figura 26. Puntos de medida para una conexión roscada “T”	69
Figura 27. Puntos de medida para una unión bridada	69
Figura 28. Puntos de medida para una bomba centrífuga	70
Figura 29. Puntos de medida para dispositivos de alivio de presión.....	70
Figura 30. Modelo tabla de registro de mediciones	72
Figura 31. Materiales de relleno enrollados en espiral.....	73
Figura 32. Sistema live-loading	76

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz DOFA.....	20
Cuadro 2. Actividades a desarrollar en la empresa.	23

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de componentes identificados para cada unidad.....	57
Tabla 2. Definiciones de fuga según el código federal de regulaciones (CFR) de los Estados Unidos.	60

RESUMEN

Este estudio se direcciona en asegurar un comportamiento óptimo de todos los componentes en una línea de procesos, los ítem mostrados muestran de forma secuencial cómo se plantea la estrategia de eliminación de emisiones fugitivas. La identificación de los componentes en la planta se realiza mediante los diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID). Se actualizan aquellos componentes que no estaban en los P&ID de planta de aromáticos y se establece un procedimiento de monitoreo de los componentes con el fin de asegurar que las emisiones detectadas correspondan a datos confiables y no incorrectos.

Por último se muestran materiales de sellado utilizados actualmente en la eliminación de emisiones fugitivas, así como técnicas complementarias que aportan a este objetivo.

INTRODUCCIÓN

Una línea de procesos, en la cual se transportan hidrocarburos aromáticos es una fuente potencial de emisiones fugitivas que son ocasionadas principalmente por la pérdida de estanqueidad en el material de sellado. El material de sellado se ve afectado generalmente por la presión y temperatura de trabajo que ocasionan dilataciones y contracciones térmicas que provocan que los equipos asociados a la línea de procesos fuguen ocasionando problemas ambientales, afectaciones a la salud y pérdidas económicas relacionadas con el escape de productos comerciales a la atmósfera.

La gerencia complejo Barrancabermeja-Ecopetrol S.A está dividido por departamentos, uno de los cuales es el departamento de petroquímica dentro del cual se encuentran inmersas las plantas de polietileno I y II y la planta de aromáticos. El trabajo y el estudio desarrollado están enfocados en la planta de aromáticos dado que los fluidos que circulan ocasionan grandes contaminaciones al fugarse que puede evitarse si se tiene un control sobre todos los componentes que posee la planta de aromáticos.

Inicialmente el trabajo y los estudios desarrollados están enfocados en asegurar un comportamiento óptimo de los componentes, para lograr esto, se han identificado todos los componentes de la planta de aromáticos (válvulas, uniones bridadas, indicadores de presión, uniones roscadas, entre otros). La identificación permite tener un control de estos, es decir, qué componente está asociado a determinada línea de flujo.

Una vez se han identificado los componentes, se procede a describir la estrategia para asegurar que las emisiones fugitivas sean controladas y posteriormente eliminadas. Esta estrategia está enfocada inicialmente en un método correctivo descrito por el método 21 de la EPA (agencia de protección ambiental americana) y posteriormente en estudios y regulaciones internacionales relacionadas con mejores técnicas disponibles, desarrolladas para procedimientos de torque, nuevos materiales de empaque y empaquetaduras, así como personal capacitado para la aplicación de torque y las herramientas adecuadas para aplicarlo.

El estudio muestra los datos técnicos de los equipos en la planta de aromáticos relacionados con metalurgia, tipo de empaque, tipo de junta y otros datos de los componentes que hacen parte de la línea de procesos.

La identificación de los componentes se hace por medio de los diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID), así como de los diagramas de flujo con los que cuenta la planta de aromáticos.

1. TITULO

ESTRATEGIA DE ELIMINACIÓN DE FUGAS DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN LA PLANTA DE AROMÁTICOS DE LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA-ECOPETROL S.A

1.1. ECOPETROL S.A

La reversión al Estado Colombiano de la Concesión De Mares, el 25 de agosto de 1951, dio origen a la Empresa Colombiana de Petróleos.

La naciente empresa asumió los activos revertidos de la Tropical Oil Company que en 1921 inició la actividad petrolera en Colombia con la puesta en producción del Campo La Cira-Infantas en el Valle Medio del Río Magdalena, localizado a unos 300 kilómetros al nororiente de Bogotá.

Ecopetrol emprendió actividades en la cadena del petróleo como una Empresa Industrial y Comercial del Estado, encargada de administrar el recurso hidrocarburífero de la nación, y creció en la medida en que otras concesiones revirtieron e incorporó su operación.

En 1961 asumió el manejo directo de la refinería de Barrancabermeja. Trece años después compró la Refinería de Cartagena, construida por Intercol en 1956.

En 1970 adoptó su primer estatuto orgánico que ratificó su naturaleza de empresa industrial y comercial del Estado, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, cuya vigilancia fiscal es ejercida por la Contraloría General de la República.

La empresa funciona como sociedad de naturaleza mercantil, dedicada al ejercicio de las actividades propias de la industria y el comercio del petróleo y sus afines, conforme a las reglas del derecho privado y a las normas contenidas en sus estatutos, salvo excepciones consagradas en la ley (Decreto 1209 de 1994)

En septiembre de 1983 se produjo la mejor noticia para la historia de Ecopetrol y una de las mejores para Colombia: el descubrimiento del Campo Caño Limón, en asocio con OXY, un yacimiento con reservas estimadas en 1.100 millones de millones de barriles. Gracias a este campo, la Empresa inició una nueva era y en el año de 1986 Colombia volvió a ser en un país exportador de petróleo.

1.1.1. Misión

Encontramos y convertimos fuentes de energía en valor para nuestros clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde operamos, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con nuestros grupos de interés.

1.1.2. Visión

Ecopetrol, Grupo Empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.

1.1.3. Objetivos de la empresa

De acuerdo con los Estatutos Sociales, el objeto social de Ecopetrol S.A. es el desarrollo, en Colombia o en el exterior, de actividades comerciales o industriales correspondientes o relacionadas con la exploración, explotación, refinación, transporte, almacenamiento, distribución y comercialización de hidrocarburos, sus derivados y productos.

Adicionalmente forman parte del objeto social de Ecopetrol S.A.:

- La administración y manejo de todos los bienes muebles e inmuebles que revirtieron al Estado a la terminación de la antigua Concesión De Mares. Sobre tales bienes tendrá, además, las facultades dispositivas previstas en la ley.
- La exploración y explotación de hidrocarburos en áreas o campos petroleros que antes del primero de enero de 2004 se encontraban vinculados a contratos ya suscritos o estaban siendo operados directamente por Ecopetrol S.A.
- La exploración y explotación de las áreas o campos petroleros que le sean asignadas por la Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH-.
- Exploración y explotación de hidrocarburos en el exterior, directamente o a través de contratos celebrados con terceros.
- Refinación, procesamiento y cualquier otro proceso industrial o petroquímico de los hidrocarburos, sus derivados, productos o afines, en instalaciones propias o de terceros, en el territorio nacional y en el exterior.

- Compra, venta, importación, exportación, procesamiento, almacenamiento, mezcla, distribución, comercialización, industrialización, y/o venta de hidrocarburos, sus derivados, productos y afines, en Colombia y en el exterior.
- Transporte y almacenamiento de hidrocarburos, sus derivados, productos y afines, a través de sistemas de transporte o almacenamiento propios o de terceros, en el territorio nacional y en el exterior, con excepción del transporte comercial de gas natural en el territorio nacional.
- Realizar la investigación, desarrollo y comercialización de fuentes convencionales y alternas de energía.
- Realizar la producción, mezcla, almacenamiento, transporte y comercialización de componentes oxigenantes y biocombustibles.
- Realizar la operación portuaria.
- Realizar cualquier actividad complementaria, conexas o útiles para el desarrollo de las anteriores.
- Garantizar obligaciones ajenas cuando ello sea estrictamente necesario dentro del giro de sus negocios y en el marco de su objeto social, previa autorización de su Junta Directiva".

1.1.4. Descripción de la estructura organizacional

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 39 petroleras más grandes del mundo.



Fuente: Ecopetrol S.A 2014

1.1.5. Descripción de la dependencia asignada: Departamento de Petroquímica

La dependencia asignada corresponde al departamento de petroquímica, el cual tiene a su disposición las plantas de polietileno y de aromáticos.

La industria petroquímica es una plataforma fundamental para el crecimiento y desarrollo de importantes cadenas industriales como son la textil y del vestido; la automotriz y del transporte; la electrónica; de construcción; la de plásticos; la de alimentos; la de fertilizantes; la farmacéutica y la química, entre otras.

Dado el valor que tiene esta industria como primer eslabón de importantes cadenas productivas, es imprescindible que se fortalezca y pueda así abastecer oportunamente a la industria nacional con los insumos que ésta requiere.

La petroquímica, por lo tanto, aporta los conocimientos y mecanismos para la extracción de sustancias químicas a partir de los combustibles fósiles. La gasolina, el gasoil, el querosén, el propano, el metano y el butano son algunos de los combustibles fósiles que permiten el desarrollo de productos de la petroquímica.

Esta ciencia también posibilita la producción de fertilizantes, pesticidas y herbicidas, la obtención de asfalto y fibras sintéticas y la fabricación de distintos plásticos. Los guantes, los borradores y las pinturas, entre muchos otros artículos de uso cotidiano, forman parte de la producción petroquímica.

1.2. DIAGNÓSTICO INICIAL DE LA DEPENDENCIA ASIGNADA

El departamento de petroquímica, consta de su unidad organizativa y 7 plantas de proceso las cuales son U1300, que realiza tres procesos que son Prefraccionamiento, Unifining y Platforming, la U1400 o Sulfolane, la U1500 o Fraccionamiento, U1600 o Hydeal, U1700 o Hydrar, estas unidades pertenecen a la planta de aromáticos. En la planta de polietileno se encuentran las unidades U220 Y U2250.

La planta de aromáticos consta de cinco unidades que realizan básicamente lo siguiente.

La U1300, la cual en el proceso de Prefraccionamiento realiza un corte a la nafta de rango de ebullición 130-400°f a 180-300°f para después retirar los livianos menores de 6 carbonos y los pesados mayores de 9 carbonos, ya que los precursores de los aromáticos son los C6, C7 y C8. La unidad se alimenta con una carga de diseño de 16653 BPD de nafta virgen procedente de las unidades de destilación primaria. El proceso de Unifining hace un tratamiento con H₂ de la nafta adecuada en prefraccionamiento a través de un lecho catalítico, para retirar los contaminantes y así poder procesarla en la unidad de platforming. La capacidad probada en esta unidad llega

a 9600 BPD vs 11830 BPD de diseño. El proceso de Platforming realiza reformado catalítico de la nafta para convertir los productos no aromáticos en aromáticos utilizando un catalizador a base de Platino y Renio, las reacciones que tienen lugar en este proceso son la deshidrogenación de naftenos y parafinas, y deshidrociclización de parafinas.

La U1400-Sulfolane, realiza un proceso de extracción de líquido a líquido por el cual se separan los productos aromáticos de los no aromáticos utilizando el solvente sulfolane, que es fabricado por la compañía Shell. La unidad de extracción con Sulfolane está diseñada para procesar 4704 BPD de platformado con un contenido de aromáticos que puede fluctuar entre 50 y 70%.

La U1500-Fraccionamiento, provoca la separación de los hidrocarburos aromáticos por destilación, previo a la destilación se hace un proceso de absorción que elimina las diolefinas y estabiliza los productos con el fin de evitar que por oxidación se dañe el color de los mismos. Esta unidad está diseñada para procesar 3312 BPD de extracto formado por la mezcla de 2219 BPD de extracto de la unidad Sulfolane y 1093 BPD de producto de la unidad Hydeal.

La U1600-Hydeal, esta unidad lleva acabo la hidrodealquilación térmica de tolueno (o xilenos) para la producción de benceno con un 60-65% de conversión, esta unidad fue diseñada para cargar 1079 BPD, usando el proceso catalítico Hydeal, patentado por la UOP.

La U1500-Hydrar, en la cual se provoca la hidrogenación catalítica del benceno en fase líquida para la producción de ciclohexano de alta pureza, que ocurre en tres reactores catalíticos en presencia de hidrogeno utilizando un catalizador a base de platino. Inicialmente la unidad fue diseñada para procesar 350 BPD de benceno pero en 1981 fue ampliada para procesar 525 BPD.

Para la obtención de los productos mencionados anteriormente, se necesita de una gran cantidad de componentes, tales como torres separadoras, tanques de almacenamiento, reactores, intercambiadores de calor, bombas, tambores, compresores, entre otros y todas las líneas de procesos (tubería, accesorios, válvulas, etc.) que interconectan los equipos. Debido al tiempo de operación y a condiciones aleatorias, estos componentes actualmente presentan fugas de VOCs que principalmente ocurren en las líneas de procesos.

Actualmente, la planta de aromáticos cuenta con un programa de monitoreo y corrección de emisiones fugitivas, el cual para la detección de estas cuenta con un instrumento detector de emisiones (TVA 1000B). El procedimiento de monitoreo, no cuenta con una guía estándar, es decir, se realizan mediciones de forma aleatoria, lo que

provoca que esta programa no se encuentre dentro de un plan de aseguramiento de la confiabilidad de las plantas y no dispone del alcance completo de los posibles focos de emisiones de VOCs (compuestos orgánicos volátiles).

MATRIZ DOFA

Cuadro 1. Matriz DOFA

		FORTALEZAS	DEBILIDADES
		Ambiente Interno	<p>Apoyo constante de los ingenieros y del personal técnico. Gran disposición para el trabajo.</p> <p>Excelentes relaciones personales entre jefe y empleados.</p> <p>Las contrataciones del personal se ajustan al perfil del cargo que establece el manual de funciones.</p>
Ambiente Externo			
OPORTUNIDADES	FO (MAXI-MAXI)	DO (MINI-MAXI)	
<p>Grupos de trabajo adecuados a los requisitos del departamento.</p> <p>Todos y cada uno de las contrataciones de personal son elaboradas acorde a las normas Legales.</p>	<p>Capacitaciones constantes al personal de trabajo tanto técnicos como ingenieros.</p>	<p>Estandarizar los procesos.</p> <p>Organizar el estado actual de todos los componentes de los que disponen las plantas.</p>	
AMENAZAS	FA (MAXI-MINI)	DA (MINI-MINI)	
<p>Posibilidad de demandas por parte del estado.</p> <p>Deterioro de los componentes de los que disponen las plantas.</p>	<p>Evitar la mayor cantidad de emisiones perjudiciales para el entorno en general.</p> <p>Realizar una lista de los componentes que son necesarios para poder adquirirlo y tenerlos a disposición cuando sean necesarios.</p>	<p>Archivar los planos de las plantas con el fin que estén a disposición cuando se necesiten.</p> <p>Crear bases de datos registrando cada uno de componentes necesarios.</p>	

Fuente: Autor del proyecto

1.2.1. Planteamiento del problema

La planta de aromáticos de la gerencia complejo Barrancabermeja-Ecopetrol S.A. dada su continua operación, y condiciones tales como presión y temperatura de trabajo, vibraciones, contracciones y dilataciones térmicas, tipos de fluidos transportados y entornos aleatorios provocan que los fluidos transportados fuguen ocasionando principalmente afectaciones al medio ambiente, al personal de trabajo y pérdidas de productos que se ven reflejados en la economía de la empresa.

Las emisiones fugitivas dada su naturaleza, provocan daños en la salud de las personas que se encuentran en la planta, por tal razón para poder ingresar se debe utilizar sistemas de protección personal para disminuir la contaminación a al personal, el ambiente y los procesos. Las personas deben usar permanentemente máscara full-face.

Además de los daños a la salud de las personas, estas emisiones provocan afectaciones al medio ambiente, por lo cual la empresa Ecopetrol S.A podría verse afectada de forma legal sino cumple con las regulaciones ambientales a las cuales está sujeta. Cabe resaltar que estas emisiones fugitivas no son causantes en gran medida de la eficiencia de las plantas.

Dada la naturaleza de los fluidos procesados, transportados y almacenados, las unidades U1500 y U1600 son altamente peligrosas para los trabajadores, dado que en estas hay fluidos tales como benceno y sus derivados que son cancerígenos, lo que ocasiona que la salud del personal de trabajo se deteriore sino se establece un control de fugas que elimine esas emisiones.

Las emisiones fugitivas se presentan en mayor proporción en juntas bridadas (las juntas bridadas o uniones de tubería consisten en la unión de tres elementos que al ensamblarse producen el elemento final). Una junta se compone de bridas, empaques y pernos. Las fugas en las juntas se producen, por una mala elección del material de sellado, por un mal procedimiento de montaje, por una carga exagerada en los pernos, o por condiciones aleatorias inherentes a los procesos tales como vibración producida en el transporte de los fluidos, la dilatación y la contracción térmica y debido a condiciones climáticas que de alguna u otra forma provocan que las juntas no sean capaces de conservar su hermeticidad.

En las válvulas, las emisiones se presentan primordialmente en el área de sello del prensa-empaque del vástago o la unión bridada de su cuerpo, esto depende de la vida útil, la operación, el mantenimiento efectuado y la tecnología de la válvula. En las uniones roscadas las fugas se presentan por un mal acople, por selección inadecuada del material sellante, por corrosión, por desajuste, entre otros.

Por otra parte, los diagramas de instrumentación y tubería (P&ID), por sus siglas en inglés, se encuentran desactualizados en su gran mayoría relacionado con drenajes, tubería menor, y cortos tramos de tubería que se han interconectado con la ya existente. Esta desactualización provoca que no haya un estimado de los componentes y equipos que posee la planta, por tal razón no se puede tener un control efectivo sobre estos.

1.3.OBJETIVOS DE LA PASANTIA

1.3.1. Objetivo general

Desarrollar una estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles en la planta de aromáticos de la Gerencia Refinería Barrancabermeja-Ecopetrol.

1.3.2. Objetivos específicos

- Conocer metodologías empleadas en la detección y eliminación de emisiones fugitivas de compuestos orgánicos volátiles.
- Describir la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles.
- Aplicar la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles en la planta de aromáticos.

1.4.DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES A DESARROLLAR

Cuadro 2. Actividades a desarrollar en la empresa.

Objetivo general	Objetivos específicos	Actividades a desarrollar en la empresa
<p>Desarrollar una estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles en la planta de aromáticos de la gerencia refinera Barrancabermeja-Ecopetrol S.A</p>	<p>Conocer metodologías empleadas en la detección y eliminación de emisiones fugitivas de compuestos orgánicos volátiles.</p>	<p>Estudio de las regulaciones ambientales que exigen los agencias internacionales para las emisiones fugitivas.</p> <p>Estudio de procesos basados en la eliminación de emisiones fugitivas.</p>
	<p>Describir la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles.</p>	<p>Reconocer la planta de aromáticos y conocer los procesos que se llevan a cabo en esta.</p> <p>Identificar los componentes de las líneas de proceso planta.</p> <p>Definir fuga según las regulaciones ambientales.</p> <p>Establecer las fugas en partes por millón ppm de los componentes de las líneas de proceso (bombas, turbinas, válvulas, bridas y demás componentes).</p>
	<p>Aplicar la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles en la planta de aromáticos.</p>	<p>Establecer una nomenclatura para los componentes de las líneas de procesos.</p> <p>Realizar una base de datos para los componentes identificados.</p> <p>Desarrollar el procedimiento en el cual se basará la estrategia.</p> <p>Aplicar la estrategia en su totalidad.</p>

Fuente: Autor del proyecto

2. ENFOQUES REFERENCIALES

2.1. ENFOQUE CONCEPTUAL

En esta parte de la investigación, se desarrolla lo concerniente a todas las teorías que son necesarias para ejecutar el trabajo realizado en la empresa colombiana de petróleos ECOPETROL S.A.

Se describen las partes primordiales que son base para la realización de este estudio.

2.1.1. Norma ASME B31.3

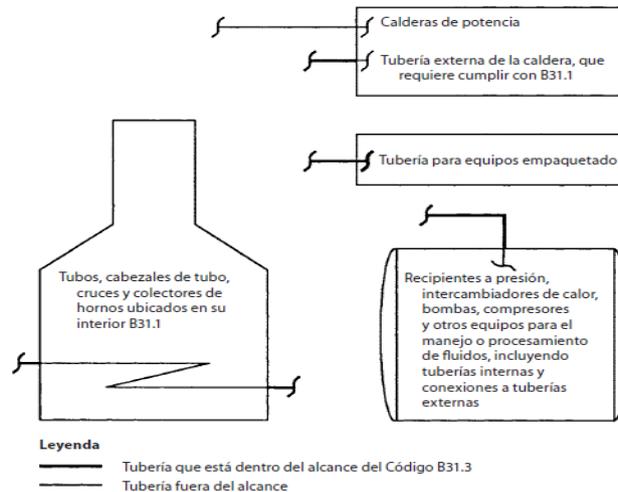
La norma ASME B31.3 establece los lineamientos para tuberías a presión que se encuentran típicamente en las refinerías de petróleo, plantas químicas, farmacéuticas, papeleras, de semiconductores, criogénicas y en plantas y terminales relacionados con el procesamiento.

Esta norma hace referencia a especificaciones de materiales aceptables y a normas de componentes, incluidos los requisitos dimensionales y los rangos de temperatura y presión, además establece las orientaciones y limitaciones para la selección y aplicación de materiales para componentes (válvulas, bridas, uniones roscadas y soldadas) y métodos de unión.

Los requisitos del código incluyen el servicio de fluidos, el cual a su vez establece los lineamientos que afectan la selección y aplicación de materiales, componentes y juntas. Los requisitos del servicio de fluidos incluyen prohibiciones, limitaciones y condiciones, tales como límites de temperatura o exigencias de seguridad.

El Código incluye (ver figura 1) tuberías para todo tipo de fluidos, incluidos productos químicos puros, intermedios y terminados, productos derivados del petróleo, gas, vapor, aire, agua, sólidos fluorizados, refrigerantes y fluidos criogénicos.

Figura 1 Alcance de la norma ASME B31.3



Fuente: Norma ASME B31.3-2010

2.1.2. Norma ASME B16.5

La norma ASME B16.5 (código para bridas de tubería y accesorios de bridas), establece o cubre los lineamientos que tienen que ver con los rating de presión-temperatura, tolerancias, marcado, pruebas y exámenes de designación para bridas y sus accesorios con las siguientes condiciones:

- Bridas con rating 150, 300, 400, 600, 900 y 1500 en tamaño nominal de tubería 1/2 hasta 24(NPS 1/2 hasta NPS 24) y accesorios con rating 2500 en tamaño NPS 1/2 hasta NPS 12.
- Accesorios de bridas con rating 150 y 300 con NPS 1/2 hasta NPS 24.
- Accesorios de bridas con rating 400, 600, 900 y 1500 con NPS 1/2 hasta 24 y accesorios con rating 2500 con NPS 1/2 hasta 12.

Esta norma está limitada a bridas y a los accesorios hechos de materiales fundidos o forjados, bridas ciegas y ciertas bridas reductoras forjadas o fundidas y laminadas.

2.1.3. Método 21 de la EPA

El método 21 de la EPA, es una guía establecida por la agencia de protección ambiental americana (EPA), por sus siglas en inglés, para el desarrollo de un programa para la

detección y reparación de emisiones fugitivas en refinerías, plantas petroquímicas, plantas químicas entre otras.

Este método, establece los pasos a seguir para el desarrollo adecuado de un programa para el control de fugas en las instalaciones de procesamiento de hidrocarburos, además establece estudios realizados por la EPA en industrias que han utilizado programas para el control de emisiones fugitivas y dependiendo de esos estudios han establecido practicas complementarias para hacer más eficiente el programa.

Por otra parte, establece las regulaciones ambientales que debe aplicar cualquier instalación que desee implementar un programa para la detección y reparación y fugas (LDAR), por sus siglas en inglés, así como las definiciones de fugas, equipos utilizados para la detección y los componentes a los que aplica el programa.

2.1.4. Tuberías

Una operación indispensable en cualquier proceso químico y, por tanto, en una refinería, es transportar de un lugar a otro los diversos fluidos, tanto líquidos como gases, que intervienen en los procesos. Estos fluidos deben mantenerse en unas condiciones determinadas para el buen desarrollo del proceso. Las tuberías de sección circular hacen posible el transporte de fluidos a presiones y velocidades elevadas.

El estudio de las tuberías comprende, ante todo, su diseño y fabricación, así como el tipo de material utilizado en su construcción. Existe una amplia variedad de tamaños, espesores de pared y materiales de construcción, que se seleccionan según las exigencias de cada caso. Sin embargo, el diseño de una tubería no debe basarse solamente en las características técnicas y de montaje de las líneas, sino que, además, deben tenerse en cuenta factores como la seguridad, el cumplimiento la reglamentación sobre protección ambiental, la operatividad, el mantenimiento y la economía.

2.1.5. Unión o empalme roscado

Una unión o empalme roscados se usa primordialmente en líneas de servicio, tales como agua, aire de planta, aire de instrumentos, y en todas las conexiones hechas directamente a un instrumento, tales como tomas de las placas de orificio, medidores de presión, pozos de termopares y termómetros.

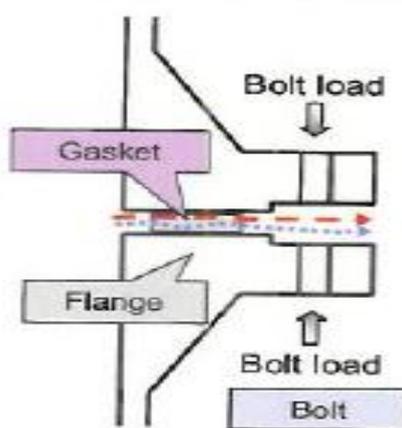
Este tipo de unión consiste en enroscar los terminales de las tuberías a unir en unos accesorios con agujeros roscados. Para realizar este tipo de uniones es necesario practicar una rosca exterior en los terminales de cada tubería. Esto presenta el inconveniente de que la rosca puede debilitar la pared de la tubería. Se utiliza para diámetros inferiores a 2 pulgadas.

2.1.6. Uniones bridadas

La unión de tuberías por bridas es la más utilizada cuando se requiera un posible desmontaje. Sus dimensiones están normalizadas en función de la presión y la temperatura que deben soportar.

Una unión bridada está formada por componentes (ver figura 2) separados pero relacionados entre sí que son ensamblados de acuerdo a procedimientos establecidos para su montaje correcto, a fin de conseguir un funcionamiento adecuado de los componentes. Los elementos de una unión bridada son, bridas (Flange), empaquetaduras (Gasket) y pernos (Bolting).

Figura 2. Componentes de una unión bridada.



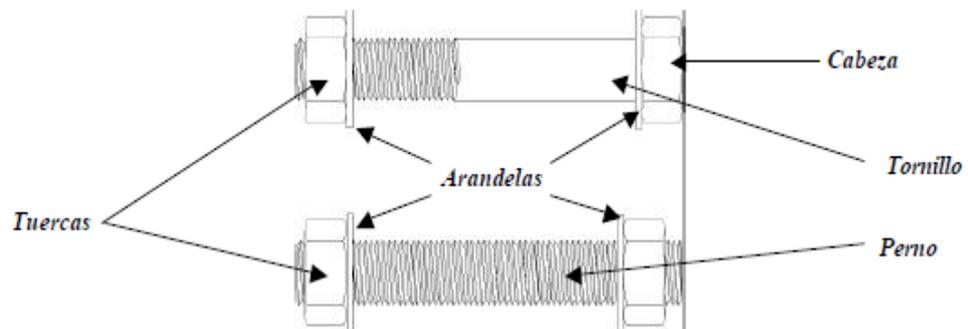
Fuente: SHINKO PLANTECH CO LTD

2.1.7. Empernado

En la misión de eliminar las fugas y controlar las emisiones fugitivas en sistemas de tuberías y recipientes a presión, es importante entender completamente los mecanismos que tienen un impacto en el rendimiento adecuado del atornillado. La inspección correcta de todos los componentes y la utilización de técnicas adecuadas de instalación son pasos críticos en el control de la integridad del atornillado en su conjunto.

Para la mayoría de las uniones de bridas o juntas, los tornillos que proporcionan la presión compresiva sobre las bridas (y a través de ellas sobre la junta) normalmente son tornillos o pernos en tensión. Efectivamente, un tornillo es un tornillo roscado que se utiliza con una tuerca. Un perno o espárrago es un tornillo roscado que se utiliza con dos tuercas (ver figura 3).

Figura 3. Tornillo/Perno



Fuente: ESA/FSA N° 009/98 (juntas y bridas)

La función del tornillo es afianzar la unión lo suficiente para evitar deslizamientos o fugas, y por lo tanto, debe ser lo suficientemente fuerte como para soportar la tensión inducida en el apriete original, junto con las cargas adicionales que soportará durante el servicio (como resultado de la presión, temperatura y el transcurso de los ciclos). Es importante considerar un número de variables al determinar la capacidad de un tornillo, incluyendo la resistencia a la tracción, el rayado de la rosca, la fatiga y la corrosión bajo tensión (SCC).

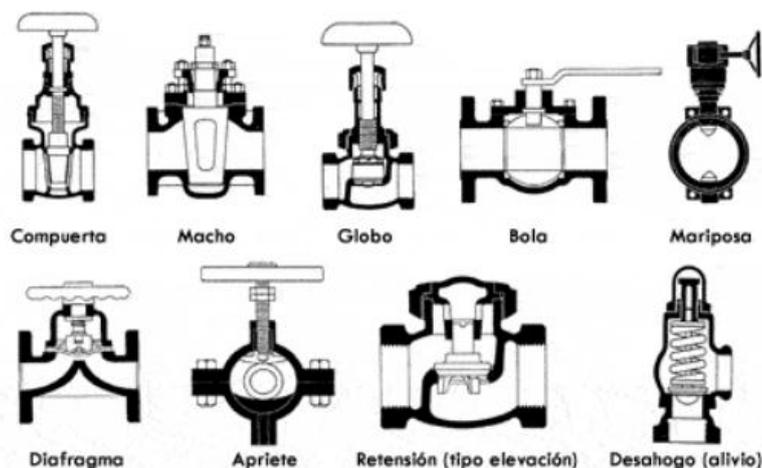
Los tornillos muestran un comportamiento de relajación del esfuerzo de compresión que depende de su material de construcción. Esto tendrá un efecto destacado sobre la carga que es capaz de generar sobre el montaje de brida/junta en condiciones de servicio.

2.1.8. Válvulas

Las válvulas son dispositivos que se utilizan para abrir, cerrar, o regular el paso de un fluido a través de un conducto.

Existen una gran cantidad de tipos de válvulas, aquí solo se hará mención de las más implementadas en una refinería (ver figura 4).

Figura 4. Válvulas utilizadas en una refinería



Fuente: Joaquin “jake” Medellín Jr (Houston Texas)

2.2. ENFOQUE LEGAL

Dado que el desarrollo de las actividades de trabajo se encuentran inmersas en la planta de aromáticos de la gerencia refinería Barrancabermeja-Ecopetrol S.A y por obtenerse de esta hidrocarburos aromáticos, la normativa legal existente para la exposición, liberación a la atmósfera o cualquier otro tipo de contacto con los fluidos transportados para este tipo de plantas es estricta, por tal razón en esta parte del documento hará mención de las regulaciones que rigen la producción y el tratamiento de hidrocarburos. Los niveles de exposición de los trabajadores en una jornada laboral de ocho horas diarias deben ser de 0.5ppm de vapores de benceno y de 2.5ppm para un tiempo de 15 minutos. La planta está envuelta dentro de las regulaciones internacionales que dictaminan esos niveles de exposición a vapores de benceno.

La planta de aromáticos se encuentra regulada por la Norma Colombiana de Calidad del Aire o Nivel de inmisión⁽¹⁾ en la cual en el artículo 5 (niveles máximos permisibles para contaminantes no convencionales con efectos carcinogénicos y umbrales para las principales sustancias generadoras de olores ofensivos) establece los valores máximos permisibles para la exposición a vapores de benceno.

Por otra parte, no existe actualmente una ley para la regulación de productos aromáticos, pero si existen unas directrices nacionales bajo las cuales la planta de aromáticos se encuentra inmersa, estas directrices son:

- Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados (GATISO – BTX – EB⁽²⁾), esta guía tiene como objetivo emitir recomendaciones basadas en la experiencia para el manejo integral (promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación) de la neurotoxicidad central y/o periférica asociada con la exposición ocupacional a Benceno, Tolueno, Xileno y Etilbenceno.
- Propuesta de calidad de combustibles⁽³⁾(contenido de azufre, ppm), esta directriz establece los contenidos de azufre en las gasolinas y ACPM con que debe cumplir Ecopetrol S.A.
- Resolución 2400 de 1979⁽⁴⁾, por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene, y seguridad en los establecimientos de trabajo por parte del empleador y por parte del empleado.
- Resolución 1013 del 2008⁽⁵⁾, en la cual se adoptan las guías de atención integral de salud ocupacional, trabajadores expuestos a benceno, plaguicidas inhibidores de la colinesterasa, dermatitis de contacto y cáncer pulmonar relacionado con trabajo.

Los distintos niveles de exposición a vapores de benceno son los siguientes:

- NIOSH⁽⁶⁾: TLV (Threshold Limit Value/valor límite de umbral)-TWA (Time Weighted/Media ponderada en el tiempo) de 0.1 ppm, y TLV-STEL (Short Term Exposure Limit/Limite de exposición de corta duración) de 1ppm.
- OSHA⁽⁷⁾: TLV-TWA de 1ppm y TLV-STEL de 5ppm
- IDLH: El IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health/ Peligro inmediato para la vida o la salud) es de 500ppm.

(1)Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo empresarial (resolución N° 610 del 2010).

(2) GATISO-BTX-EB, Ministerio de la protección social y Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá..

(3) Resolución 1 180, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial y Ministerio de minas y energía.

(4) Resolución 2400 de 1979 Ministerio de trabajo y de seguridad social.

(5) Resolución 1013 del 2008 Ministerio de la protección social.

(6) NIOSH, instituto nacional para la salud y la seguridad ocupacional por sus siglas en inglés, es la agencia federal de EEUU, que se encarga de hacer investigaciones y recomendaciones para la prevención de enfermedades asociadas con el trabajo.

(7) OSHA, administración de seguridad y salud ocupacional, por sus siglas en inglés, esta administración hace cumplir las normas EEUU, ofrece adiestramientos y educación motivando a un mejoramiento de la seguridad y salud en el lugar de trabajo.

3. INFORME DE CUMPLIMIENTO DE TRABAJO

3.1. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Objetivo específico 1: Conocer metodologías empleadas en la detección y eliminación de emisiones fugitivas de compuestos orgánicos volátiles.

Para este caso el conocimiento de las metodologías empleadas se realizó mediante una revisión bibliográfica en la cual se encontró que la forma más efectiva para la eliminación de emisiones fugitivas se basa en el método 21 de la EPA, este método además, describe las regulaciones bajo las cuales se encuentra inmersa la planta de aromáticos.

La planta de aromáticos está dividida en cinco unidades las cuales son U1300, U1400, U1500, U1600 y U1700, se presentan los avances desarrollados para las unidades U1300, U1500, U1600 y U1400.

La identificación de los componentes se ha realizado siguiendo diagramas de flujo pero principalmente por medio de los diagramas de instrumentación y tuberías o P&ID (por sus siglas en inglés). El registro de los componentes se ha hecho en el papel, es decir se ha escrito sobre los diagramas. Además se ha anexado información por separado de líneas nuevas y equipos que han sido cambiados o modificados con el fin de que se actualicen. La actualización de los P&ID es parte primordial para establecer el programa de monitoreo de emisiones fugitivas sobre la planta de aromáticos.

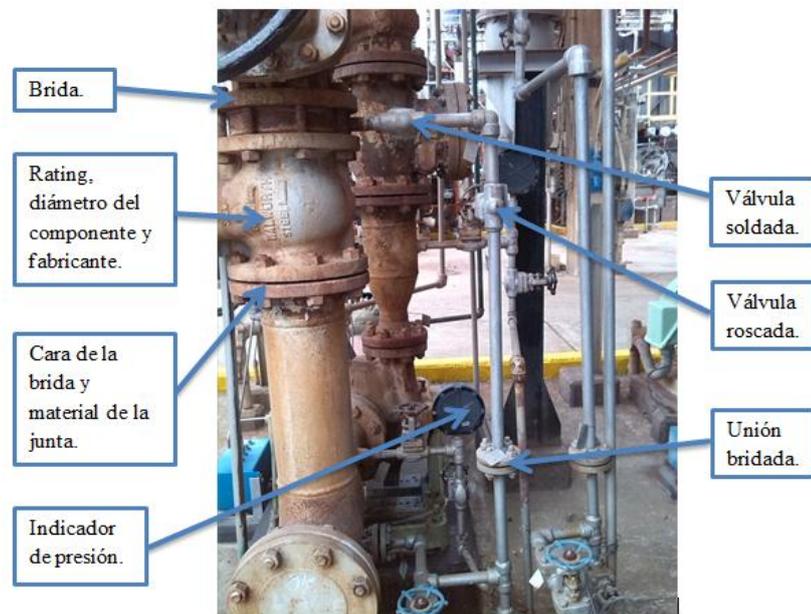
3.1.1. Identificación de los componentes

Se proporciona una visión general de la forma como se han identificado los componentes en una línea de procesos dada (ver figura 5).

En la identificación de los componentes, se han registrado los datos concernientes a los rating de presión y temperatura, material del componente, tipo de empaque, tipo de unión, en el caso de uniones bridadas se ha registrado el tipo de cara que estas presentan, es decir, de cara alzada (Raised Face), de cara lisa (Flat Face), de junta de anillo (Ring Join), además se han especificado aquellas bridas no convencionales.

Algunos datos adicionales pero importantes se han documentado en la tabla de registro que se ha realizado para cada una de las unidades identificadas.

Figura 5. Forma de identificación de los componentes



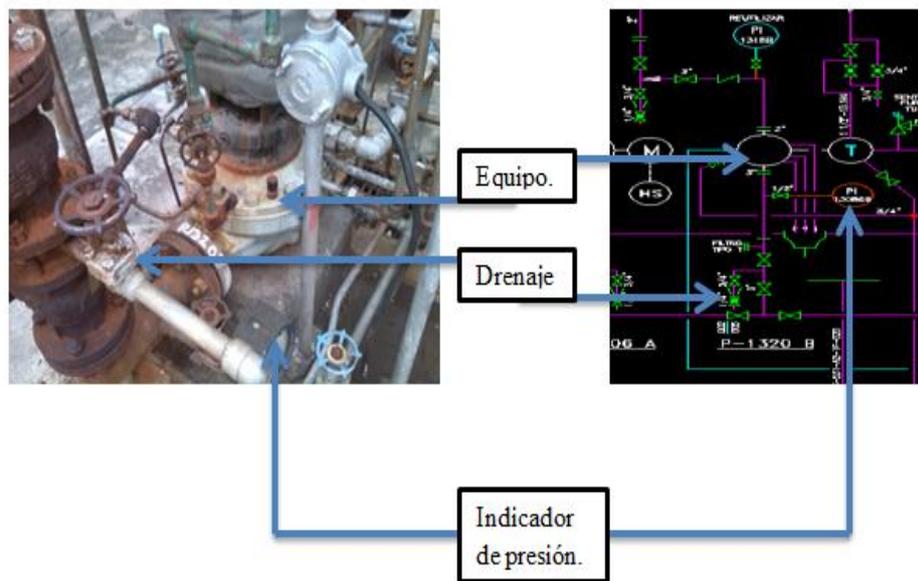
Fuente: Autor del proyecto

3.1.2. Comparación de lo que está en campo con lo que aparece en los diagramas

Para tener una idea de cómo se relacionan los equipos en la planta, es decir en campo realizando su función, con la forma en que aparecen en los diagramas, se muestra la siguiente figura con el fin de obtener una visión más clara de la situación, cabe resaltar que los diagramas de instrumentación y tubería, solo muestran las conexiones de los equipos, pero no muestran como están ubicados los equipos en la planta.

La figura 6, es solo una breve comparación de lo “real” con lo digital. Por lo general la mayoría de los componentes relacionados con drenajes, indicadores de presión, y medidores de flujo están desactualizados, por ejemplo en los P&ID los accesorios aparecen con un diámetro dado y cuando se verifica en campo, el diámetro es otro. Ocurre también, que hay algunas válvulas y uniones bridadas que no se encuentran en los diagramas pero que si aparecen en campo, todo ese registro se ha llevado y se ha especificado agregando los componentes que aparecen y modificando los diámetros, entre otras cosas.

Figura 6. Comparación de la bomba P-1320B en planta con lo que aparece en el P&ID



Fuente: Autor del proyecto

3.1.3. Nomenclatura usada sobre los componentes

La nomenclatura utilizada para la identificación de los componentes sobre los P&ID, es la siguiente:

F: Indica una unión bridada.

Fr: Indica una unión bridada, pero con las bridas roscadas.

V: Indica una válvula.

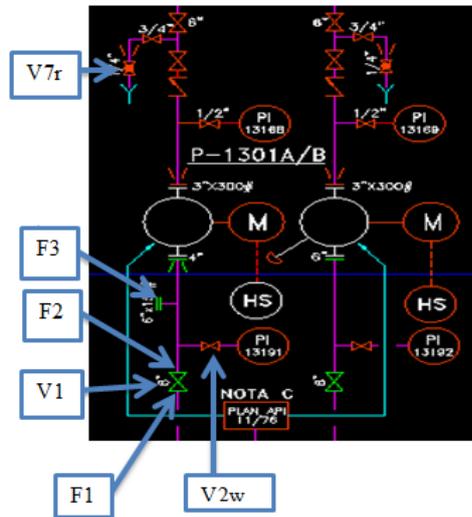
Vr: Indica una válvula roscada.

Vw: Indica una válvula soldada

R: Indica una unión roscada (universal).

La siguiente figura muestra la utilización de la nomenclatura sobre una línea de proceso dada, para este caso la línea de succión y de descarga de la bomba P-1301A/B.

Figura 7. Nomenclatura usada sobre P-1301A/B



Fuente: Autor del proyecto

La nomenclatura es usada de forma general sobre los componentes para las diferentes unidades de la planta de aromáticos. La identificación sobre el plano aparece en las tablas de registro de Excel (ver figura 8), cabe resaltar que solo se muestra una parte de la tabla de registro.

Figura 8. Parte de la tabla de datos

P&ID	JUNTA	DIAMETRO	RATING	MATERIAL		TIPO DE BRIDA	MATERIAL TUBERIA	MATERIAL DEL
				BRID	VALVULA			
EF-529	F1	6	150	A105	-	RF	CS.A106 GR B	SS304
EF-529	V1	6	150	-	A216	RF	CS.A106 GR B	NA
EF-529	F2	6	150	A105	-	RF	CS.A106 GR B	SS304
EF-529	PI13191	1/2"	800	A105	-	NA	CS.A106 GR B	NA
EF-529	F3	6	150	A105		RF	CS.A106 GR B	SS304
EF-529	F4	4	150	A105		RF	CS.A106 GR B	SS304
EF-529	F5	3?	150	A105		RF	CS.A106 GR B	SS304
EF-529	PI13168	1/2"	800	A105		NA	CS.A106 GR B	NA

Fuente: Autor del proyecto

Las figuras a continuación, son parte del material que se ha podido obtener, hacen parte de este material algunas líneas nuevas que no aparecen en los P&ID.

Figura 8. Cuadro control 13200A



Fuente: Autor del proyecto

El cuadro de control 13200A hace parte de una derivación de la válvula de control 13200, pertenece a la U1300, y es una de las líneas que se han adherido a la tabla de registro de datos y que además sea dibujado con el fin de que los diagramas se actualicen.

Los drenajes en los diagramas de instrumentación por lo general aparecen asociados a una sola válvula, pero cuando se verifica esta información realmente aparece como se muestra en la figura 8, todas estas observaciones se han hecho y dibujado a mano alzada con el fin de que se pueda actualizar.

La mayoría de los planes de sellado (figura 9) de las bombas de toda la planta no aparecen en los P&ID, para estos como para los demás componentes se han dibujado sus líneas y componentes asociados.

Figura 9. Drenajes enterrados



Fuente: Autor del proyecto

Figura 10. Plan de sellado de la bomba P1320



Fuente: Autor del proyecto

Objetivo específico 2: Describir la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles.

Actividad 1. Reconocer la planta de aromáticos y conocer los procesos que se llevan a cabo en esta.

En este caso, antes de iniciar la identificación de los componentes en la planta de aromáticos, los operadores de la planta, dan la inducción inicial y explican de forma general la línea de procesos de las unidades, además muestran las rutas de evacuación, así como los peligros a los que se puede exponer cualquier persona que desee hacer cualquier actividad en la instalación. Por otro lado siempre que se vaya a realizar cualquier trabajo se debe ingresar al cuarto de control y llenar la hoja de minuta e informarle al supervisor en cual unidad se va a estar y el trabajo que se quiere realizar.

Actividad 2. Identificar los componentes de las líneas de proceso planta.

Actividad 3. Definir fuga según las regulaciones ambientales.

Actividad 4. Establecer las fugas en partes por millón ppm de los componentes de las líneas de proceso (bombas, turbinas, válvulas, bridas y demás componentes).

Las actividades 2, 3, 4 se desarrollan de manera simultánea, los ítems que siguen muestran de forma secuencial el desarrollo de las actividades para cada una de las unidades de la planta de aromáticos U1300, U1600, U1500 y U1400. Para cada unidad se da a conocer un P&ID y una parte de la tabla de registro, posteriormente se describe la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles para la planta de aromáticos.

3.1.4. Resultados unidad 1300 (U1300)

La unidad U1300 es la más extensa de todas las unidades, esta unidad cuenta con catorce P&ID (EF-530, EF-531, EF-532, EF-533, EF-534, EF-535, EF-536, EF-537, EF-537A, EF-538A, EF-538B, EF-539, EF-540- EF-541), por tal razón es la unidad con mayor número de componentes, de líneas nuevas y es la que presenta mayor desactualización.

Inicialmente se muestra el registro de los componentes en los P&ID, este registro se lleva a lápiz, por tal razón se puede apreciar poco orden de los datos, pero cabe resaltar que el registro se toma en campo, algunos datos se escriben por separado, con el fin de que se puedan apreciar un poco mejor.

Hasta el momento para la U1300 se han identificado 1880 uniones bridadas y 1630 válvulas ya sea soldadas, roscadas o bridadas.

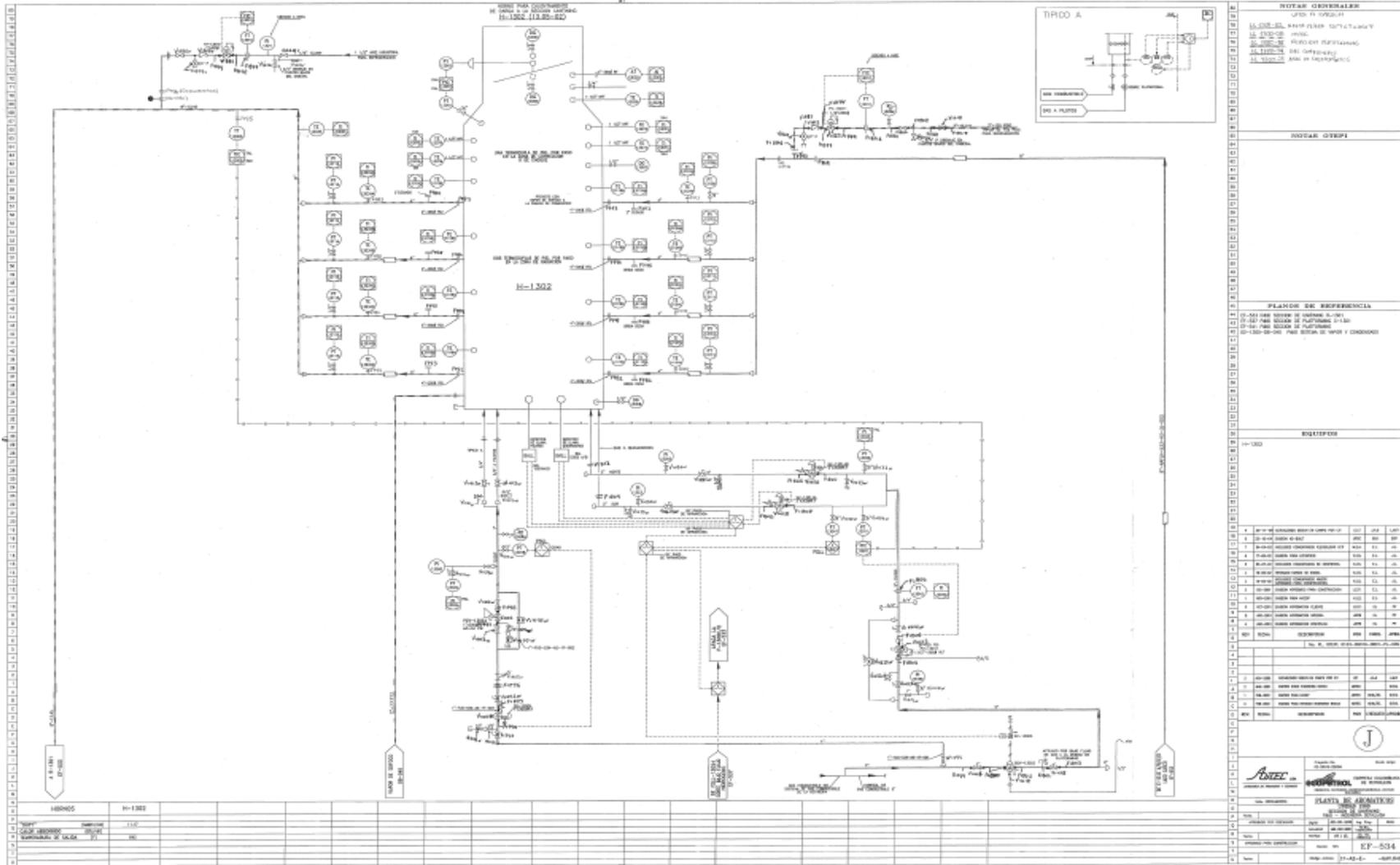
Además de la identificación de los componentes sobre el P&ID, se han dibujado las líneas nuevas, es decir aquellos tramos de tubería que no aparecen en los diagramas, así como los nuevos equipos que aparecen en la planta y que no están en los diagramas.

Todos los componentes se han subido a una tabla de Excel (ver figura 12) con el fin de asegurar la información y que ésta se encuentre disponible en cualquier momento.

El fin último de la identificación de los componentes es establecer y tener un control sobre ellos, es decir, poder saber que componente está relacionado a una línea determinada y con ello poder implementar las medidas de control necesarias para determinado equipo o accesorio.

El registro de los datos en la tabla de Excel, provee la información del componente relacionada con el tipo de equipo (válvulas o conexiones), el lugar al que está asociado, los parámetros de diseño (rating, material, forma de unión), lazo de corrosión y otros datos esenciales.

Figura 11. P&ID EF-534



Fuente: Autor del proyecto

Figura 12. Tabla de registro U1300

SERVICIO	CATEGORIA FLUIDOS	JUNTA	TAG de la línea	LAZO DE CORROSION	P&ID	UBICACIÓN		DIAMETRO	RATING
						DESDE	HASTA		
NAPHATA	N	F1	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	SP1301A	6	150
NAPHATA	N	V1	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	SP1301A	6	150
NAPHATA	N	F2	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	SP1301A	6	150
NAPHATA	N	PI13191	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	SP1301A	1/2"	800
NAPHATA	N	F3	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	SP1301A	6	150
NAPHATA	N	F4	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	SP1301A	4	150
NAFTA VIRGEN	N	F5	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	3?	150
NAFTA VIRGEN	N	PI13168	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	1/2"	800
NAFTA VIRGEN	N	F6	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F7	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	V2	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F8	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	V3	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F9	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F10	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	3/4"	150 ?
NAFTA VIRGEN	N	F11	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	3/4"	150
NAFTA VIRGEN	N	V4	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F12	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F13	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F14	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	V5	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F15	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	3?	150
NAFTA VIRGEN	N	F16	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	3?	150
NAFTA VIRGEN	N	V6	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	3?	150
NAFTA VIRGEN	N	F17	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	V7	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F18	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F19	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	4	150
NAFTA VIRGEN	N	V8	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	4	150
NAFTA VIRGEN	N	F20	6"-NAF-529-A2-1F-002	LC-1300-01	EF-529	D P1301A	E-1320A/B	4	150
NAFTA VIRGEN	N	F21	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	V9	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F22	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	PI13192	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	1/2"	800
NAFTA VIRGEN	N	F23	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	3/4?	150
NAFTA VIRGEN	N	F24	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	3/4?	150
NAFTA VIRGEN	N	F25	6"-13.1	LC-1300-01	EF-529	STORAGE	S P-1301B	6	150
NAFTA VIRGEN	N	F26	6"-NAF-529-A2-1F-001	LC-1300-01	EF-529	D P-1301B	E-1320A/B	3	150
NAFTA VIRGEN	N	PI13169	6"-NAF-529-A2-1F-001	LC-1300-01	EF-529	D P-1301B	E-1320A/B	1/2"	800

Fuente: Autor del proyecto

3.1.5. Resultados unidad 1600 (U1600)

La unidad U1600 cuenta con cuatro P&ID (EF-365, EF-366, EF-367, EF-368) por lo que la identificación de los componentes de esta se realizó un poco más rápido.

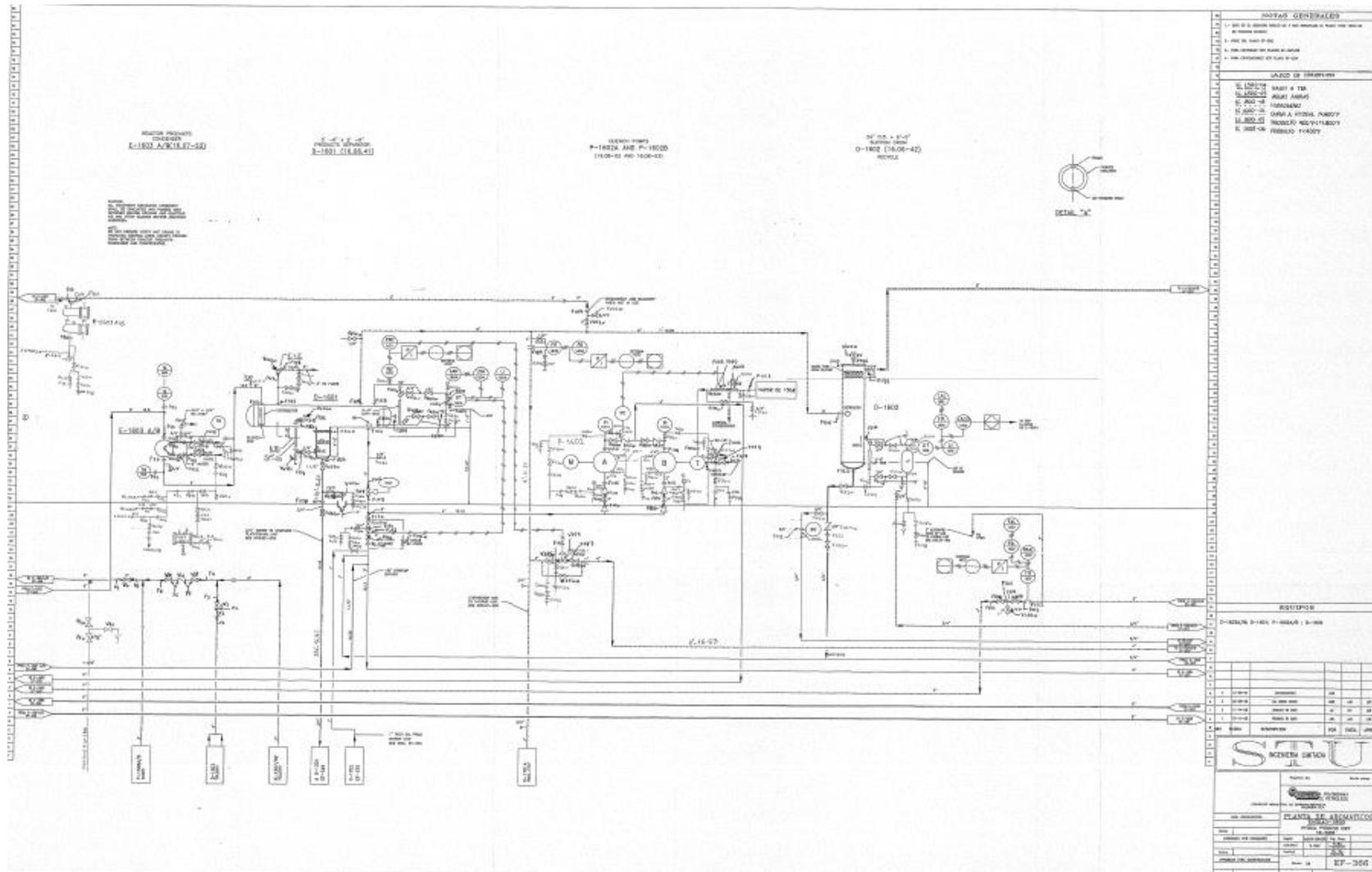
Esta unidad debido a su procesamiento, maneja fluidos que contienen benceno y sus derivados, por eso es de vital importancia identificar los componentes y dibujar aquellos accesorios que no aparecen en los P&ID.

Como con la U1300, la identificación de los componentes se hizo de la misma manera, siguiendo los diagramas de instrumentación y tuberías (ver figura 13).

Todos los componentes se han subido a la tabla de Excel (ver figura 14), la recopilación de información para esta unidad es un poco más rápida, esto dado a que solamente se cuenta con cuatro P&ID, algunos componentes no se pudieron identificar por que no se encuentran los diagramas, para este caso se hizo la aclaración de que la identificación solo había llegado hasta los P&ID con que contaba la unidad.

En esta unidad se han identificado 71 uniones roscadas (universales), 667 válvulas (soldadas, bridadas y roscadas) y 452 uniones bridadas.

Figura 13. P&ID EF-366



Fuente: Autor del proyecto

Figura 14. Tabla de registro U1600

SERVICIO	CATEGORIA FLUIDOS	JUNTA	TAG de la Linea	LAZO DE CORROSION	P&ID	UBICACIÓN		DIAMETRO	RATING	PRESION (PSIG)		TEMPERATURA °F	
						DESDE	HASTA			DISEÑO	OPERACIÓN	DISEÑO	OPERACIÓN
H.C LIQUID		F1	3"15.2	LC1600-01	EF-366	D P-1506/D-1502	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V1	3"15.2	LC1600-01	EF-366	D P-1506/D-1502	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F2	3"15.2	LC1600-01	EF-366	D P-1506/D-1502	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V2	3"15.2	LC1600-01	EF-366	D P-1506/D-1502	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F3	3"15.2	LC1600-01	EF-366	D P-1506/D-1502	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F4	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V3	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F5	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V4	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F6	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V5	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F7	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F8	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V6	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		F9	3"15.2	LC1600-01	EF-366	K-1507/02	S P-1601A/B	3	150				
H.C LIQUID		V7w	3"15.2	LC1600-01	EF-366	BENCENO	S P-1601A/B	1 1/2"	800				
H.C LIQUID		V8w	3"15.2	LC1600-01	EF-366	BENCENO	S P-1601A/B	3/4"	800				
H.C LIQUID		V9w	3"15.2	LC1600-01	EF-366	BENCENO	S P-1601A/B	1 1/2"	800				
H.C LIQUID		F10	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	3	150				
H.C LIQUID		V10	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	3	150				
H.C LIQUID		F11	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	3	150				
H.C LIQUID		V11w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		V12w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		V13w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		V14w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		V15w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		F12	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	150				
H.C LIQUID		V16w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		V17w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		V18w	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	DRENAJE	3/4"	800				
H.C LIQUID		F13	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	3	150				
H.C LIQUID		V19	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	3	150				
H.C LIQUID		F14	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	3	150				
H.C LIQUID		F15	3"15.2	LC1600-01	EF-365	K-1507/02	S P-1601A	2 1/2"	1500				
H.C.AROMAT.+ H2		F16	2"161/6"16.1	LC1600-01	EF-365	D P-1601A	DRENAJE	2	1500				
H.C.AROMAT.+ H2		R1	2"161/6"16.1	LC1600-01	EF-365	D P-1601A	DRENAJE	3/4"	800				
H.C.AROMAT.+ H2		V20w	2"161/6"16.1	LC1600-01	EF-365	D P-1601A	DRENAJE	3/4"	800				
H.C.AROMAT.+ H2		PI1610	2"161/6"16.1	LC1600-01	EF-365	D P-1601A	DRENAJE	3/4"	800				
H.C.AROMAT.+ H2		R2	2"161/6"16.1	LC1600-01	EF-365	D P-1601A	DRENAJE	1/2"	800				
H.C.AROMAT.+ H2		V21w	2"161/6"16.1	LC1600-01	EF-365	D P-1601A	DRENAJE	1/2"	800				

Fuente: Autor del proyecto

Tabla de registro U1600 (continuación)

MATERIAL		TIPO DE	MATERIAL	MATERIAL DEL	MATERIAL	TORQUE	Monitoreo VOCs			Correccion	Monitoreo Post. VOCs			OBSERVACIONES
BRIDA	VALVULA	BRIDA	TUBERIA	EMPAQUE	DEL PERNO		Fecha	PID	FID		Fecha	PID	FID	
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
	A216			NA										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
	A216			NA										
	A216			NA										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										PI
	A216			NA										PI
	A216			NA										PI
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
A105		RJ		SS304										
A105		RJ	ASTM A 53 Gr.A	SS304										
A105		NA	ASTM A 53 Gr.A	NA										
	A216		ASTM A 53 Gr.A	NA										
A105		NA	ASTM A 53 Gr.A	NA										
A105		NA	ASTM A 53 Gr.A	NA										
	A216		ASTM A 53 Gr.A	NA										

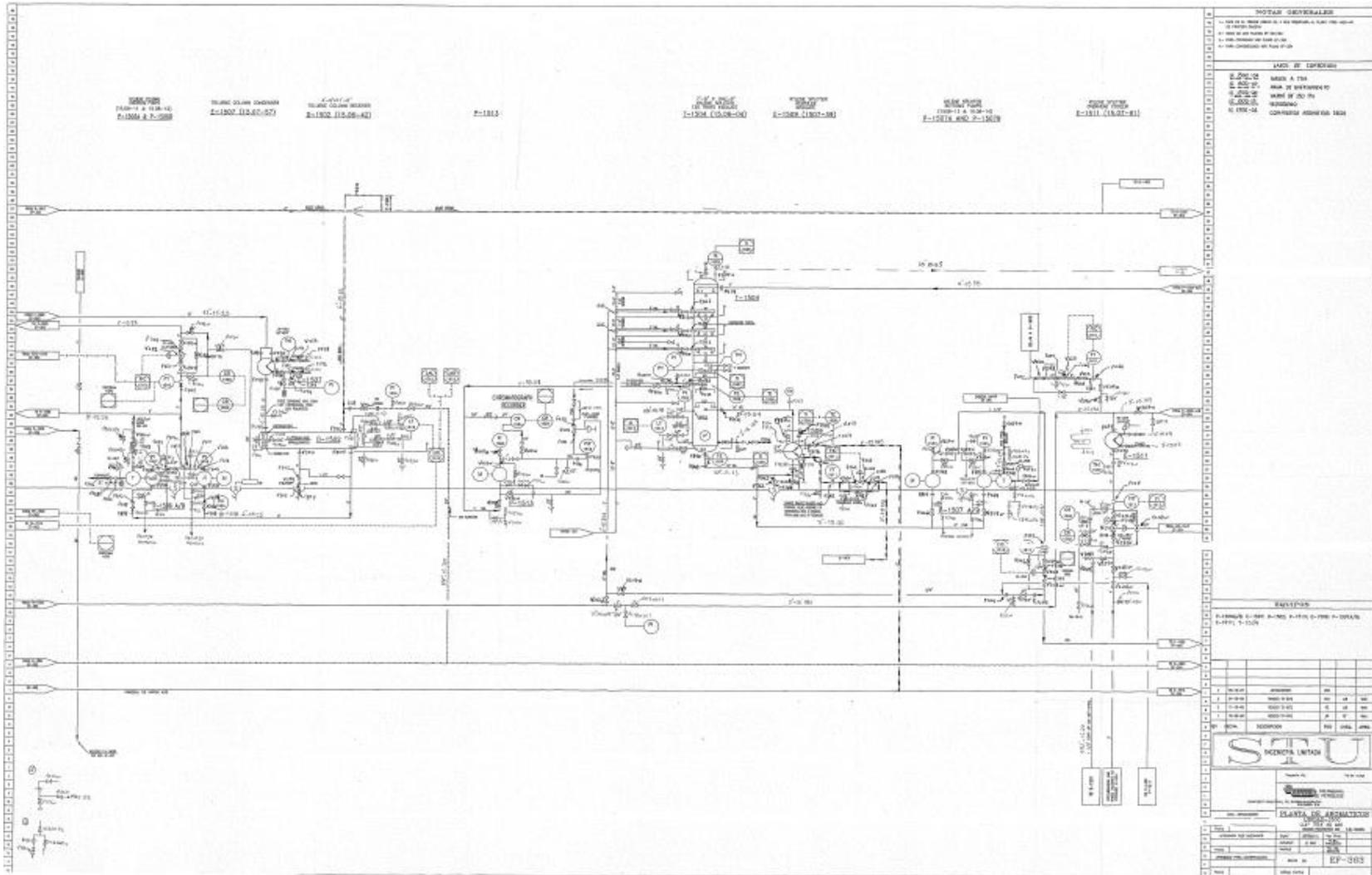
Fuente: Autor del proyecto

3.1.6. Resultados unidad 1500 (U1500)

La unidad 1500 actualmente cuenta con cuatro P&ID (EF-361, EF-362, EF-363, EF-364), la unidad 1500 es una de las unidades que maneja fluidos con contenidos de benceno, por tal razón la identificación de los componentes es de suma importancia. La siguiente figura es uno de los P&ID identificados.

Para esta unidad se han identificado 735 válvulas, 689 uniones bridadas y 104 uniones roscadas (universales), además se han comprobado los medidores de presión, los medidores de flujo, entre otros accesorios.

Figura 15.P&ID EF-363



Fuente: Autor del proyecto

Figura 16. Tabla de registro U1500

SERVICIO	CATEGORIA FLUIDOS	JUNTA	TAG de la línea	LAZO DE CORROSION	P&ID	UBICACIÓN		DIAMETRO	RATING	PRESION (PSIG)		TEMPERATURA °F	
						DESDE	HASTA			DISEÑO	OPERACIÓN	DISEÑO	OPERACIÓN
H.C LIQUID		F1	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		F2	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		V1	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		F3	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		F4	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		F5	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		V2r	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	3/4"	800				
H.C LIQUID		V3r	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501	S P-1501A/B	1/2"	800				
H.C LIQUID		F6	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	2	600				
H.C LIQUID		PI1501	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3/4"	800				
H.C LIQUID		V4r	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3/4"	800				
H.C LIQUID		V5w	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	1/2"	800				
H.C LIQUID		F7	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		V6	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		F8	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		V7	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		F9	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		F10	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		V8	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		F11	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		F12	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	4	150				
H.C LIQUID		V9r	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	3/4"	800				
H.C LIQUID		V10r	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	1/2"	800				
H.C LIQUID		F13	4"15.1	LC 1500-01	EF-361	K1501 EXTRACTO	S P-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		F14	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	2	600				
H.C LIQUID		F15	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		V11	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		F16	3"15.2	LC 1500-01	EF-361	D P-1501A/B	FV 1501	3	300				
H.C LIQUID		V12	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		F17	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		F18	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		V13	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		F19	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	3	300				
H.C LIQUID		V14w	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	2	800				
H.C LIQUID		V14wD1	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	3/4"	800				
H.C LIQUID		V14wD2	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	1/2"	800				
H.C LIQUID		V14wD3	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	1/2"	800				
H.C LIQUID		F20	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	1 1/2"	300				
H.C LIQUID		V15	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	1 1/2"	300				
H.C LIQUID		F21	3"15.2	LC1500-01	EF-361	D P-1501A/B /FV-1501	E-1501A/B	1 1/2"	300				

Fuente: Autor del proyecto

Tabla de registro U1500 (continuación)

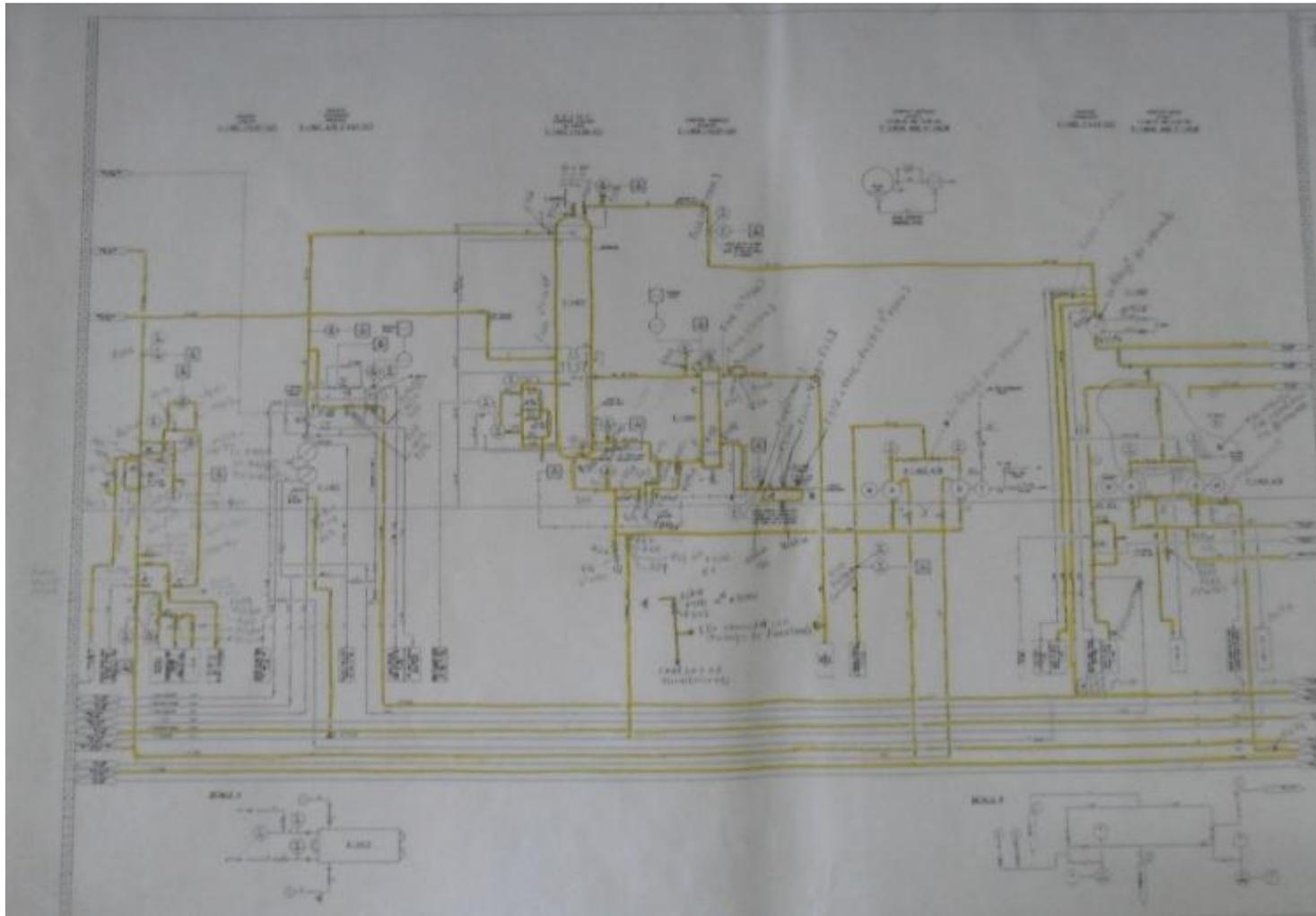
MATERIAL		TIPO DE	MATERIAL	MATERIAL	MATERIAL	TORQUE	Monitoreo VOCs			Correccion	Monitoreo Post. VOCs			OBSERVACIONES
BRIDA	VALVULA	BRIDA	TUBERIA	DEL	DEL PERNO		Fecha	PID	FID		Fecha	PID	FID	
A105		RF		SS304										NO APARECE EN EL P&ID
A105		RF		SS304										
	A 216			NA										
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
	A 216			NA										PI
	A 216			NA										PI
A105		RF		SS304										
A105		NA		NA										
	A 216			NA										
	A 216			NA										
A105		RF		SS304										
	A 216			NA										CHEQUE
A105		RF		SS304										
	A 216			NA										
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
	A 216			NA										
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
A105		NA		NA										PI
A105		NA		NA										PI
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
	A 216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
	A216			NA										
	A216			NA										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										
	A216			NA										
A105		RF		SS304										

Fuente: Autor del proyecto

3.1.7. Resultados unidad 1400 (U1400)

La unidad 1400 o sulfolane, cuenta con seis P&ID (EF-355, EF-356, EF-357, EF-358, EF-359, EF-360). Para esta unidad se han identificado 654 válvulas, 610 uniones bridadas y 48 uniones roscadas. Las siguientes figuras muestran los componentes identificados, así como su registro en la tabla de datos.

Figura 17. P&ID EF-356



Fuente: Autor del proyecto

Figura 18. Tabla de registro U1400

SERVICIO	CATEGORIA FLUIDOS	JUNTA	TAG de la línea	LAZO DE CORROSION	P&ID	UBICACIÓN		DIAMETRO	RATING	PRESION (PSIG)		TEMPERATURA °F	
						DESDE	HASTA			DISEÑO	OPERACIÓN	DISEÑO	OPERACIÓN
FEED AROMATIC H.C		F1	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401A	4	150				
FEED AROMATIC H.C		V1	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401A	4	150				
FEED AROMATIC H.C		F2	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401A	4	150				
FEED AROMATIC H.C		V2r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401A	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		V3w	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401A	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		F3	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401A	3	300				
FEED AROMATIC H.C		V4r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	P-1401A	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		V5r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	P-1401A	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		F4	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	T-1401	2	300				
FEED AROMATIC H.C		PI1403	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	DRENAJE GENERAL	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		V6w	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	DRENAJE GENERAL	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		V7r	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	DRENAJE GENERAL	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		R1	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		R2	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		F5	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		V8	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F6	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		V9	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F7	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401A	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F8	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401B	4	150				
FEED AROMATIC H.C		V10	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401B	4	150				
FEED AROMATIC H.C		F9	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401B	4	150				
FEED AROMATIC H.C		V11r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401B	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		V12r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	K-1401	S P-1401B	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		V13r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	P-1401B	DRENAJE GENERAL	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		V14r	6"14.1	LC1300-17	EF-355	P-1401B	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		R3	6"14.1	LC1300-17	EF-355	P-1401B	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		R4	6"14.1	LC1300-17	EF-355	P-1401B	DRENAJE GENERAL	1/2"	800				
FEED AROMATIC H.C		F11	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	T-1401	2	300				
FEED AROMATIC H.C		V15w	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	DRENAJE GENERAL	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		V16r	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	DRENAJE GENERAL	3/4"	800				
FEED AROMATIC H.C		F12	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		V17	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F13	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		V18	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F14	4"-14.137	LC1300-17	EF-355	D P-1401B	T-1401	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F15	3"	LC1300-17	EF-355	D P-1401A/B	LINE K-1304/05	3	150				
FEED AROMATIC H.C		V19	3"	LC1300-17	EF-355	D P-1401A/B	LINE K-1304/05	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F16	3"	LC1300-17	EF-355	D P-1401A/B	LINE K-1304/05	3	150				
FEED AROMATIC H.C		F17	3"	LC1300-17	EF-355	D P-1401A/B	LINE K-1304/05	3	150				

Fuente: Autor del proyecto

Tabla de registro U1400 (continuación)

MATERIAL BRIDA	TIPO DE VALVULA BRIDA	MATERIAL TUBERIA	MATERIAL DEL	MATERIAL DEL PERNO	TORQUE	Monitoreo VOCs			Correccion	Monitoreo Post. VOCs			OBSERVACIONES
						Fecha	PID	FID		Fecha	PID	FID	
A105		RF		SS304									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									PI
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
A105		NA		NA									
	A216			NA									
	A216			NA									
A105		NA		NA									
A105		NA		NA									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
A105		RF		NA									
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
	A216			NA									
	A216			NA									
	A216			NA									
A105		NA		NA									
A105		NA		NA									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
A105		RF		SS304									
	A216			NA									
A105		RF		SS304									
A105		RF		SS304									

Fuente: Autor del proyecto

3.2. ESTRATEGIA PARA LA ELIMINACIÓN DE EMISIONES FUGITIVAS

La estrategia para la eliminación de emisiones fugitivas se basa en los pasos mostrados a continuación, los cuales describen las técnicas que se aplicarán a la planta de aromáticos con el fin de asegurar que las emisiones fugitivas de VOC procedentes de equipos de proceso sean controladas. Para eliminar las emisiones fugitivas, se describirán recomendaciones generales proporcionadas por fabricantes, en el caso de uniones bridadas lo relacionado con materiales de sello, materiales de las bridas, materiales de los pernos. Para el caso de las válvulas se describirá lo concerniente a la tecnología de estas, así como los materiales para el sello del prensa empaque entre otros.

3.2.4. Descripción del método 21 de la EPA

Describir el método 21 de la EPA, consiste en dar aquellas directrices que se encuentran inmersas dentro de este para poder llevar a cabo la implementación de un programa para la detección y reparación de fugas.

3.2.4.1. Aplicabilidad y principios

Aplicabilidad: Este método aplica para la determinación de fugas de compuestos orgánicos volátiles (VOC) para equipos de proceso. Estas fuentes incluyen Pero no están limitadas a válvulas, bridas y otras conexiones, bombas y compresores, dispositivos de alivio de presión, procesos de drenaje, finales de línea, sellos de compresores y bombas, sistemas de venteo, recipientes acumuladores, y sellos de agitadores.

Principio: Un instrumento portátil es usado para detectar fugas de VOC de fuentes individuales, el tipo del instrumento detector no se especifica, pero debe reunir ciertos requisitos. Una definición de fuga basada en la concentración de un compuesto de referencia es especificada en cada regulación aplicable.

3.2.4.2. Definiciones

Definición de fuga: Es la concentración local de VOC en la superficie de fuga del componente que indica que una emisión de VOC (fuga) está presente. La definición de fuga es la lectura del instrumento basado en un compuesto de referencia y se determina con relación a las regulaciones establecidas por la EPA.

Compuesto de referencia: El tipo de VOC seleccionado como calibración básica para una definición de fuga específica. Si una definición de fuga es de 10000 ppm para

metano, cualquier fuente de emisión que resulte en una concentración que sobrepase este valor en la lectura del instrumento será clasificado como una fuga.

Emisiones no detectadas: Es cualquier concentración en una fuente potencial de fuga que es menor que el valor correspondiente arrojado por el instrumento de medida.

Factor de respuesta: Es el ratio conocido de concentración de un VOC a la lectura observada cuando se mide con un instrumento calibrado con un compuesto de referencia específico.

Precisión de la calibración: Es el grado de acuerdo entre las mediciones de un mismo valor conocido expresado como el porcentaje relativo de la diferencia promedio entre las lecturas conocidas y las concentraciones conocidas.

Tiempo de respuesta: Es el intervalo de tiempo entre el cambio de la concentración de un VOC.

3.2.4.3. Instrumento de monitoreo

- a) El instrumento detector de VOC, debe responder a los compuestos que están siendo procesados. Los tipos de detector deben reunir los requisitos incluidos en este método, pero no están limitados a detectores de oxidación catalítica, de ionización de flama, de absorción infrarroja, y de fotoionización.
- b) Los rangos de respuesta y los rangos de mediciones del instrumento para cada VOC medido y para la calibración de VOC que es usado, deben cubrir la definición de fuga especificada. Una sonda de dilución puede ser ensamblada para llevar la concentración de VOC a ambos rangos.
- c) La escala del instrumento de medida debe ser más o menos 2.5% de la definición de fuga especificada cuando existe una emisión no detectable.
- d) El instrumento debe estar equipado con una bomba eléctrica para asegurar que una muestra es enviada al detector a una velocidad constante. La velocidad nominal debe ser de 0.1 a 3.0 l/m.
- e) El instrumento debe ser equipado con una extensión de sonda que no exceda 0.25” de diámetro externo con una apertura al final para que entre la muestra.
- f) El instrumento debe ser intrínsecamente seguro.

3.2.4.4.Requerimientos de prueba para el instrumento

- a) Un factor de respuesta debe ser determinado para cada compuesto que va a ser medido ya sea por pruebas o por fuentes de referencia. Los factores de respuesta se deben probar antes de poner el instrumento en servicio pero no tiene que ser repetido a intervalos subsiguientes.
- b) Se debe evaluar la precisión de la calibración antes de colocar el instrumento en servicio y posteriormente a intervalos de tres meses.
- c) Se debe evaluar la precisión de la calibración antes de colocar el instrumento en servicio y posteriormente a intervalos de tres meses.

3.2.4.5.Gases de calibración

El instrumento de medida es calibrado en términos de partes por millón de volumen (ppm) de un compuesto de referencia específico según regulaciones. Los gases de calibración requeridos para la evaluación del instrumento de medida son gas cero (aire, menor que 10 ppm de VOC), y un gas de calibración en una mezcla aproximadamente igual a la definición de fuga especificada según regulación. Los gases de calibración pueden ser preparados por el usuario de acuerdo a cualquier procedimiento aceptado para la preparación de gases que precisen la mezcla dentro del 2%. Los estándares de preparación deben ser realizadas cada día a menos que se demuestre que la degradación no ocurre dentro del almacenamiento.

Las calibraciones pueden hacerse usando otro compuesto de referencia si un factor de conversión es determinado para el compuesto alternativo, así que los resultados de las lecturas pueden ser convertidos a los resultados del compuesto de referencia.

3.2.5. Implementación de un programa para la detección y reparación de fugas LDAR basado en el método 21 de la EPA.

Implementar un programa para la detección y reparación de fugas consiste en toda una metodología que se basa en detectar las fugas en equipos de proceso usando un instrumento de monitoreo y una vez detectada la fuga proceder a repararla. Es un método correctivo dado que una vez detectada la falla (la fuga en este caso), se procede a corregirla.

Los ítems que siguen, muestran de forma secuencial como se debe implementar un programa LDAR y la forma como se ha planteado para implementarlo en la planta de aromáticos donde se desarrolla la pasantía.

Objetivo específico 3. Aplicar la estrategia para la eliminación de fugas de compuestos orgánicos volátiles en la planta de aromáticos.

Actividad 1. Establecer una nomenclatura para los componentes de las líneas de procesos.

La nomenclatura dada para cada componente identificad inicialmente se mostró de forma general, pero se muestra posteriormente en el ítem 3.2.5.1.y se da una descripción general de la forma como se llevó esta nomenclatura sobre los diagramas de instrumentación y tubería de la planta.

Actividad 2. Realizar una base de datos para los componentes identificados.

La base de datos son las tablas de registro de todos los componentes que fueron identificados para las distintas unidades dela planta de aromáticos. La tabla 1 muestra de forma general la cantidad de componentes identificados para cada unidad.

Tabla 1. Cantidad de componentes identificados para cada unidad

CONSOLIDADO DE JUNTAS Y VÁLVULAS			
UNIDAD	CANTIDAD DE VALVULAS	CANTIDAD DE BRIDAS	CANTIDAD DE UNIONES ROSCADAS (UNIVERSALES)
U1300	1630	1880	16
U1400	654	610	48
U1500	735	689	104
U1600	667	452	71
Σ	3686	3631	239

Fuente: Autor del proyecto

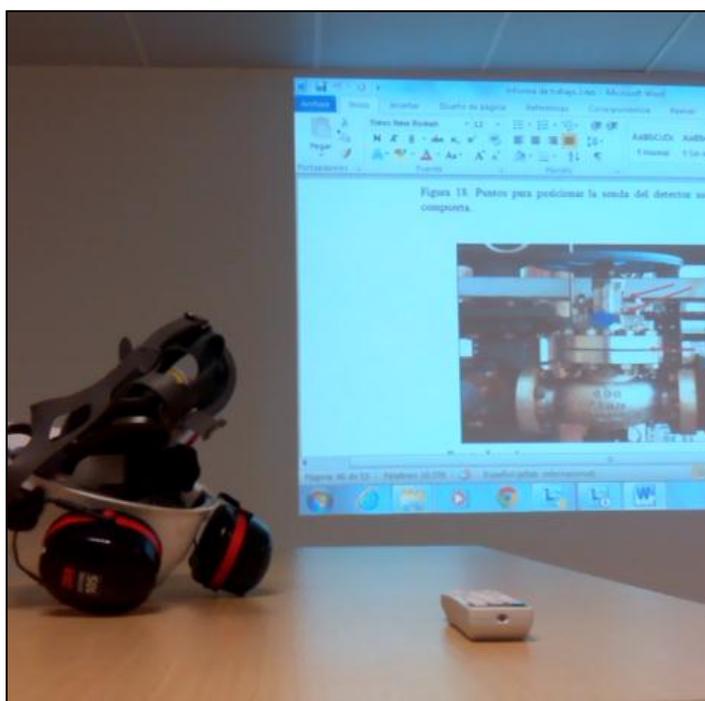
Actividad 3. Desarrollar el procedimiento en el cual se basará la estrategia.

Actividad 4. Aplicar la estrategia en su totalidad.

Las actividades 3 y 4 se desarrollan conjuntamente, el ítem **3.2.6** describe el procedimiento establecido para el monitoreo de emisiones, así como todos los aspectos que se deben tener para asegurar que la estrategia se desarrolle adecuadamente.

Este procedimiento fue posteriormente dado a conocer al operador que realizara el monitoreo de emisiones fugitivas (ver figura19).

Figura 19. Descripción del procedimiento al operador encargado.



Fuente: Autor del proyecto

3.2.5.1. Identificación de los componentes

Este paso consiste en hacer un recuento de todos los componentes que serán objeto de medición, para este caso se tendrán en cuenta accesorios tales como válvulas, uniones bridadas, uniones roscadas, sellos de bombas, sellos de compresores. Esta identificación debe tener en cuenta los rating de presión y temperatura, así como el tipo de componente, el servicio de fluido de trabajo, el material del componente, el material de la junta en una unión bridadada, el material del empaque del vástago en una válvula. Para realizar esta identificación se deben seguir los diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID), o los diagramas de flujo de los que disponga la empresa.

Para el caso de la planta de aromáticos, la identificación de los componentes se ha realizado mediante los P&ID, los accesorios se han registrado en la hoja impresa, es decir se ha marcado sobre los mismos, colocando sobre ellos una nomenclatura dada. Algunos componentes que no aparecen en los P&ID, se han dibujado a mano con el fin también de actualizar los diagramas con los que cuenta la empresa. La siguiente es la nomenclatura usada:

F: La letra “F” indica que es una brida soldada.

Fr: Indica que es una brida roscada.

V: Indica que el componente es una válvula.

Vr: Indica una válvula roscada.

Vw: Indica una válvula soldada.

R: Indica una unión roscada, para este caso designa una unión universal.

Para poder localizar e identificar los componentes en su lugar específico, es decir, en la planta de aromáticos, se deben colocar unas “etiquetas” que identifiquen los accesorios de acuerdo a la nomenclatura anteriormente mencionada. Estas “etiquetas” se deben posicionar lo más cerca posible al componente siguiendo el orden por el cual se identificaron en los P&ID, o estableciendo otro orden, pero se deben registrar los cambios hechos en los diagramas de instrumentación y tubería.

3.2.5.2. Definición de fuga establecida

Esta parte consiste en establecer un nivel de fuga para el cual se considere que el componente está fugando, la definición de fuga debe tener en cuenta el tipo de fluido transportado, el tipo de componente, es decir si es una válvula, una unión bridadada o una unión roscada y además se debe tener en cuenta la regulación sobre la cual se encuentra regida la refinería.

Debido a la naturaleza de los fluidos transportados y almacenados en la planta de aromáticos, las definiciones de fuga se encuentran regidas por las siguientes regulaciones internacionales (ver tabla 2).

Tabla 2. Definiciones de fuga según el código federal de regulaciones (CFR) de los Estados Unidos.

Equipo	Definición de fuga		
	40 CFR 60 Subparts VVa (SOCMI) & GGGa (Refinery)	40 CFR 61 Subparts E, J and V and 40 CFR 63 Subpart HH – PVC, Benzene, and Oil & Natural Gas	40 CFR 60 Subparts VV (SOCMI), GGG (Refinery) & KKK (Gas Processing Plants)
Válvulas de gas o líquido ligero	500 ppm	10000 ppm	10000 ppm
Válvulas de líquido pesado	10000 ppm	10000 ppm	10000 ppm
Bombas con líquido ligero	2000 ppm	10000 ppm	10000 ppm
Bombas con líquido pesado	10000 ppm	10000 ppm	10000 ppm
Válvulas de control	500 ppm	500 ppm	500 ppm
Dispositivos de alivio de presión	500 ppm	500 ppm	500 ppm
Conexiones (bridas y uniones roscadas)	500 ppm	500 ppm	500 ppm

Fuente: Autor del proyecto

Para la planta de aromáticos se ha establecido una definición de fuga de **10 ppm**, esto para cualquier servicio. Las definiciones de fuga mostradas en la tabla anterior son muy elevadas dadas las características de los fluidos transportados en la planta.

3.2.5.3. Monitoreo de componentes

El monitoreo de componentes se debe realizar mediante el instrumento portátil TVA1000B, este instrumento mide vapores tóxicos usando dos tecnologías diferentes, la primera es FID (Flame Ionization Detection) y PID (Photo Ionization Detection), el procedimiento de monitoreo se describirá más adelante en este documento.

SOCMI: Industrias productoras de compuestos orgánicos sintéticos.
GGG: Industrias de producción farmacéutica
KKK: Plantas procesadoras de gas natural

El analizador FID cuyo principio de medida es la determinación de una corriente de ionización resultante de la combustión de compuestos orgánicos en una llama de hidrogeno. Esta corriente depende del número de átomos de carbono de compuestos orgánicos quemados en la llama del combustible. Este analizador debe ser capaz de proporcionar una señal de salida de la concentración de COT medida. Debe realizarse un registro continuo de las lecturas negativas (señal inferior a cero), a fin de detectar y si es necesario, corregir la deriva.

Por otro lado, el detector PID, mide niveles bajos de compuestos orgánicos que son volátiles. El PID, usa la energía de la luz ultravioleta, para separar electrones de los núcleos del átomo, creando iones positivos y negativos (ionización). La ionización ocurre cuando la molécula absorbe, la energía alta de la luz ultravioleta, este causa la excitación de la molécula, provocando y resulta en la pérdida temporal de un electrón con carga negativa, y la formación de un ion con carga positiva. El gas se convierte en un gas cargado eléctricamente.

Los compuestos detectados por este tipo de instrumento son algunos compuestos aromáticos, tales como benceno, bencino, etil bencino y tolueno. Además puede detectar algunas cetonas y aldehídos.

Para realizar la medida con el detector de vapores tóxicos TVA 1000B, se debe posicionar la sonda del instrumento lo más cerca posible a la fuente donde se puede producir la fuga, en el caso de uniones bridadas se debe colocar en la periferia de la brida, y rodearla lentamente por toda su circunferencia, el mayor valor registrado por el detector, es el que se debe registrar en la hoja de registro. Para el caso de las válvulas, la sonda se debe colocar lo más cerca posible al vástago, y se debe registrar el mayor valor obtenido por el detector. Para las uniones roscadas, la sonda del detector se debe posicionar a lado y lado del borde final de la rosca y se debe registrar el mayor valor medido.

Algunos equipos que no pueden ser monitoreados, ya sea por cuestiones de seguridad, por falta de acceso, o por cualquier otra causa, en estos casos, el encargado debe especificar claramente y demostrar que determinado equipo no pudo ser monitoreado.

3.2.5.4.Reparación de componentes

La reparación del componente consiste en llevar al equipo a aquella condición en la cual el nivel de emisión esté por debajo de la definición de fuga aplicada. Para poder llevar un equipo a su condición actual, se deben tener claros los procedimientos de reparación, estos se deben seguir al pie de la letra para asegurar que el componente quede funcionando correctamente.

Un primer intento de reparación debe hacerse una vez detectada la fuga y dentro de los primeros cinco días, si la fuga no puede ser reparada dentro de este tiempo deberá ser reparada dentro de los quince días siguientes, cuando los tiempos de reparación no pueden ser llevados dentro de ese intervalo, se debe proporcionar una fecha para la cual se considere que la fuga podrá ser reparada.

Si la reparación de cualquier componente es técnicamente inviable sin un proceso de shutdown, el componente puede ser localizado en una lista de reparaciones atrasadas, con el número de identificación del equipo y una explicación de porqué el equipo no puede ser reparado, una fecha estimada para la reparación del equipo debe ser proporcionada en el registro de datos.

La primera fase de reparación normalmente se reduce a operaciones de apriete, ya sea de los tornillos de la caja de empaquetaduras, de los de las bridas, de las uniones roscadas. Normalmente son reparaciones exitosas en la reducción de emisiones por debajo de la definición de fuga aplicada. Un apriete excesivo puede dañar una junta o empaquetadura y aumentar aún más las fugas. Lo mismo puede ocurrir si se realiza un apriete desigual a los pernos de la brida. También apretar los pernos en el orden equivocado puede crear tensiones en las juntas que desemboquen en fugas mayores.

Se recomienda seguir el siguiente procedimiento para los primeros intentos de reparación:

- Apriete el primer perno una media vuelta. El apriete del perno debe estar de acuerdo con las secuencias de aprietes establecidas en el instructivo de acople de uniones bridadas PMA-PMA-I-501. Si no se tiene un secuencia establecida, elija un perno al azar y apriételo media vuelta, subsiguiente apriete el perno que este ubicado a 180° del primer perno. El siguiente perno a apretar es el que esté a 90° del primer perno, posteriormente se debe apretar el que esté a 270° del primer perno.
- Cuando hay bridas de más de cuatro pernos, se debe seguir apretando los pernos de manera similar, cruzando la brida para proporcionar tensiones iguales alrededor de la junta.
- Una vez que todos los pernos han sido apretados media vuelta, se deben medir la unión bridada con el detector de emisiones para saber si la fuga fue contrarrestada, es decir para constatar que el equipo quedó por debajo de la definición de fuga aplicada.
- Cuando el nivel de fuga es aceptable, la reparación del componente ha terminado. De no ser así, se deben apretar los pernos otra media vuelta siguiendo las misma secuencia de apriete inicial.

- Mida nuevamente las emisiones y repita los pasos anteriores hasta que el nivel de fuga haya disminuido hasta un valor aceptable. Cuando la fuga persiste y los pernos no pueden ser apretados más, se procederá a hacer un cambio completo del componente o solo de su material de estanqueidad.

Por otro lado, cuando se presentan fugas en las válvulas, estas tienen lugar en el prensa empaque del vástago. Cuando se mide con un detector de vapores tóxicos y el valor medido está por encima de la definición de fuga aplicada, se considera que el componente está fugando, el primer paso a aplicar cuando se presenta esta situación es reapretar las tuercas del prensa empaque hasta aproximadamente media vuelta, una vez hecho esto se debe medir nuevamente con el detector para asegurarse que la fuga ha sido erradicada. Si la fuga persiste, se debe proceder al re-empacado del vástago, éste debe realizarse cuando se haya interrumpido el flujo del fluido por la válvula. Cuando la válvula no puede ser monitoreada, o no se puede reparar por razones de seguridad o de cualquier otro tipo, se debe especificar una fecha tentativa para su reparación.

Debido a la continua operación en la planta de aromáticos, el único método de reparación que puede realizarse en campo para una válvula de compuerta y de globo que son las que principalmente se usan, es el reapriete del prensa empaque, esto dado que para poder realizar el cambio de la válvula o el re-empacado de su vástago, se debe detener el fluido transportado, lo que no es conveniente para la planta, ya que parar el flujo de una determinada línea ocasionaría que se interfieran los demás flujos, por lo tanto el re-empacado o cambio de una válvula solo se hará en las paradas de planta.

3.2.5.5.Registros de mantenimiento

Se debe mantener un registro de todos los componentes que son monitoreados y que son intervenidos en un día determinado, esto con el fin de asegurar que se mantenga una base de datos de los equipos que han sido intervenidos.

Algunos requisitos que deben tener los registros de mantenimiento son los siguientes:

- Mantener una lista de todos los números de identificación de los componentes sujetos a una regulación de fuga específica.
- Para válvulas o componentes designados como inseguros para monitorear, se debe mantener una lista de los números de identificación, una explicación y revisión de las condiciones para la designación.

- Mantener detalles esquemáticos, especificaciones del diseño del equipo (incluidas las fechas y las descripciones de cualquier cambio) y los diagramas de instrumentación y tuberías (P&ID).
- Mantener los resultados de las pruebas de rendimiento y monitoreo para detectar fugas, incluyendo los resultados del monitoreo de la fuga por la frecuencia de fuga, el monitoreo de equipos sin fugas y los eventos de monitoreo no periódicos.

3.2.6. Procedimiento de monitoreo de fugas para la planta de aromáticos.

El procedimiento de monitoreo consiste en la forma como se debe llevar a cabo la medición con el detector de emisiones TVA 1000B sobre los componentes que son fuentes potenciales de fugas, así como las directrices que se deben seguir para cada componente, también describe la forma como deben llevarse a cabo los registros de los datos medidos, entre otras cosas.

3.2.6.1. Definir los límites de la unidad de proceso

El primer paso es definir los límites de la unidad de proceso, una unidad de proceso, se define como el conjunto más pequeño de equipos que pueden operar independientemente lo cual incluye todas las operaciones necesarias para lograr su objetivo, de una forma más precisa, es la línea de flujo y todos los componentes asociada a ella que sean considerados fuentes potenciales de fuga.

3.2.6.2. Obtención de un diagrama de flujo simplificado

Este paso consiste en la obtención de un diagrama de flujo simplificado de la unidad de proceso, es decir, un diagrama donde se muestren los componentes que serán objeto de medida y donde además se muestre los fluidos que circulan por estos. Una forma lógica de comenzar con este paso, es ubicar la alimentación de determinada línea dentro de la unidad de proceso, y seguir el recorrido de ésta hasta que por ejemplo entre a un reactor o hasta otro equipo, con esto se asegura que en todo el recorrido de la línea se maneje un mismo fluido. De esta forma entonces, una nueva línea de flujo comenzaría en la salida, en este caso del reactor, y se procede a realizar lo descrito anteriormente.

Cada equipo o fuente debe ser identificado únicamente para indicar que fue monitoreado. La identificación consiste en colocar etiquetas de cualquier estilo, pero que sean visibles para que se pueda saber que el equipo fue monitoreado. Para el caso de componentes que no puedan ser monitoreados y por tal razón no etiquetados, el encargado de realizar las mediciones debe dar un reporte de porqué el equipo presenta esta condición.

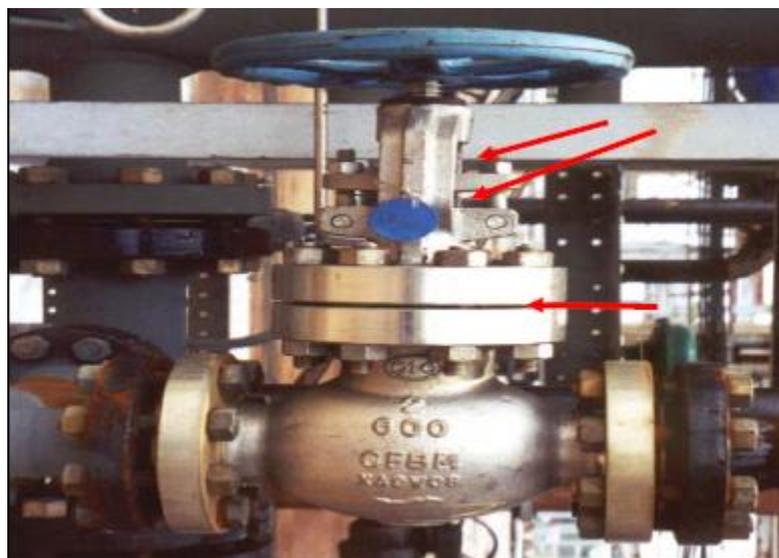
3.2.6.3. Forma de realizar las mediciones sobre los componentes

Cada componente que va a ser medido ha sido previamente identificado. El método 21 de la EPA, establece que la sonda del instrumento de medida, debe ser localizada en la superficie del equipo donde se podría producir la fuga (la fuente de fuga es el límite entre el fluido de proceso y la atmosfera). Para equipos que no tienen partes en movimiento, la sonda del instrumento debe ser colocada directamente sobre la superficie del componente; para equipos con partes en movimiento, la sonda debe ser colocada aproximadamente a 1 cm de la superficie de fuga. La sonda debe ser entonces movida a lo largo de la periferia del componente y se debe observar la lectura del componente. La mayor lectura registrada por el detector es la que debe ser registrada.

Este procedimiento debe ser seguido de forma general para cada uno de los equipos que van a ser medidos tales como válvulas, conexiones y bridas, bombas y compresores, finales de línea y otras fuentes potenciales de fugas de VOC tales como dispositivos de alivio de presión, instrumentos, venteos, drenajes, entre otros. A continuación se muestra cómo debe realizarse las mediciones con el detector sobre cada uno de los componentes.

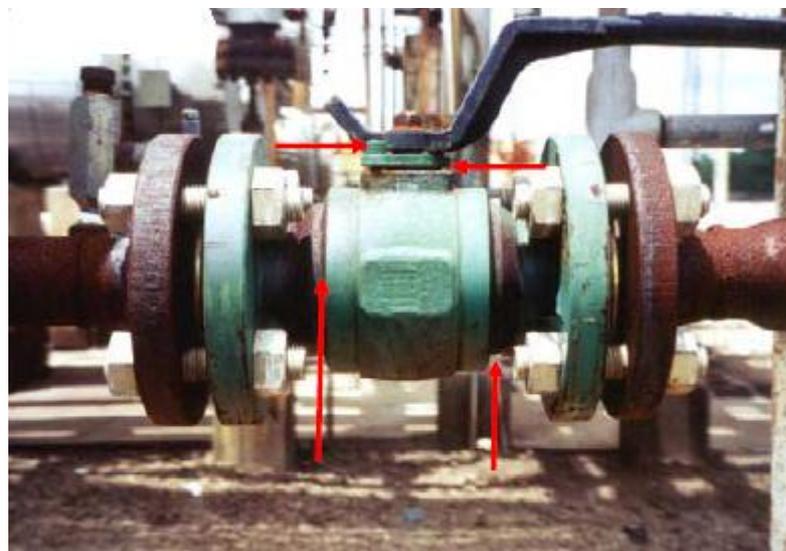
Válvulas: Para las válvulas, la fuente potencial de fugas es el cuerpo del bonete y donde se encuentra alojado el vástago. Para realizar las mediciones sobre estos, la sonda del instrumento se debe posicionar lo más cerca posible en donde se encuentra el sello del vástago y se debe rodear a lo largo de la circunferencia de este. La máxima lectura es la registrada. También, la sonda debe posicionarse sobre el cuerpo del bonete y moverla alrededor de su periferia. Cualquier otro punto sobre la válvula que se considere una fuente potencial de fuga, se debe medir. Las siguientes figuras muestran los distintos puntos donde se debe posicionar la sonda de instrumento de medida para detectar las fugas en las válvulas.

Figura 20. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de compuerta.



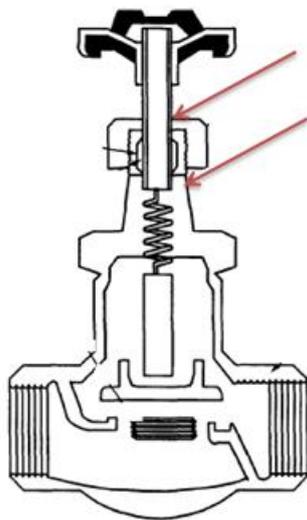
Fuente: Training LDAR 2009

Figura 21. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de bola.



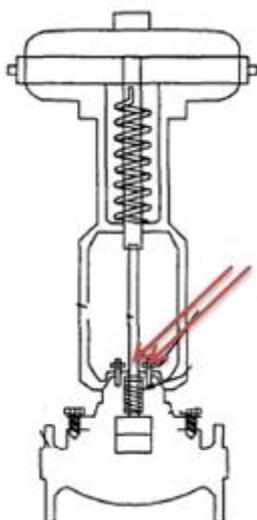
Fuente: Training LDAR 2009

Figura 22. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de globo manual.



Fuente: EPA453/R-093-026-1993

Figura 23. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula de globo de control neumático.



Fuente: EPA453/R-093-026-1993

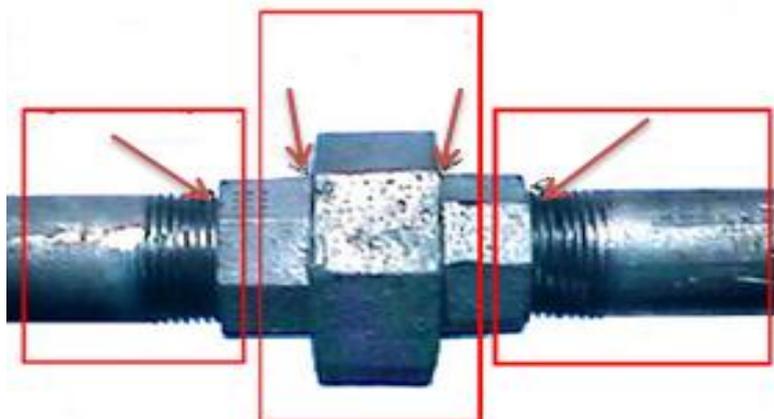
Figura 24. Puntos para posicionar la sonda del detector sobre una válvula check.



Fuente: Training LDAR 2009

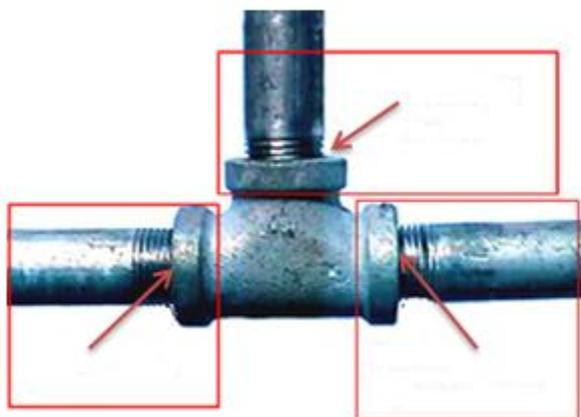
Conexiones y bridas: Para las conexiones, la sonda es colocada en el diámetro exterior de la conexión (para las bridas en la superficie exterior de la junta), la sonda debe ser movida por toda la circunferencia de la conexión y se debe registrar el mayor valor de emisión. Para conexiones roscadas la sonda se debe posicionar a lado y lado de la rosca y luego se debe rodear su circunferencia. Las figuras siguientes muestran los puntos donde se debe posicionar la sonda del instrumento.

Figura 25. Puntos de medida para una conexión roscada universal



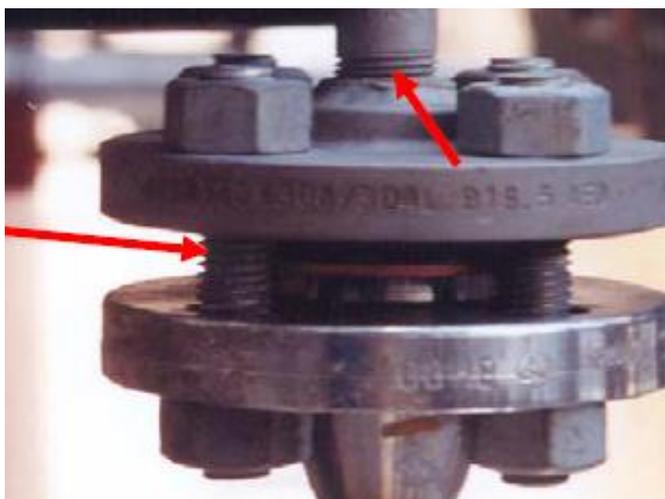
Fuente: Training LDAR 2009

Figura 26. Puntos de medida para una conexión roscada “T”



Fuente: Training LDAR 2009

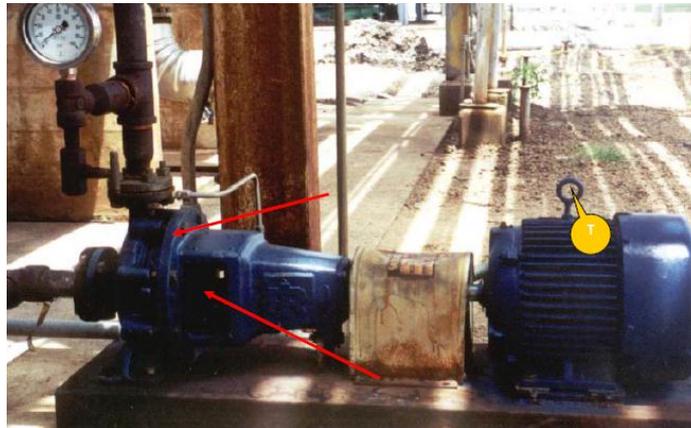
Figura 27. Puntos de medida para una unión bridada



Fuente: Training LDAR 2009

Bombas, compresores y agitadores: Las bombas, compresores y agitadores, son medidos alrededor de la superficie circunferencial donde se aloja el eje en movimiento. Si los equipos son de eje rotante, la sonda debe posicionarse aproximadamente a una distancia de 1 cm del eje. Cualquier otro punto que se considere como fuente de emisión, debe medirse aplicando un procedimiento similar, (ver figura 24).

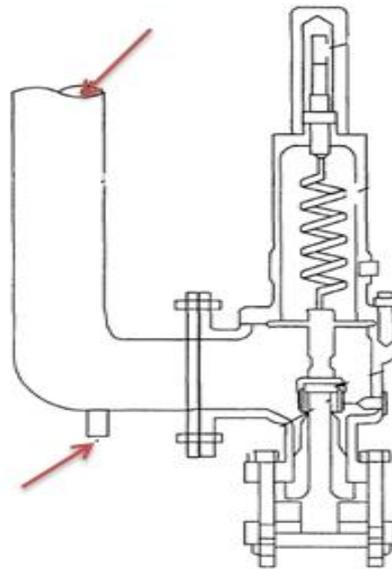
Figura 28. Puntos de medida para una bomba centrífuga



Fuente: Training LDAR 2009

Dispositivos de alivio de presión: La mayoría de los dispositivos de alivio de presión dada su configuración no permiten posicionar la sonda del instrumento en el punto potencial de fuga, por tal razón se debe colocar la sonda en el lugar indicado en la siguiente figura.

Figura 29. Puntos de medida para dispositivos de alivio de presión



Fuente: EPA453/R-093-026-1993

3.2.6.4. Manipulación de datos

Se debe mantener una hoja de registro de los datos obtenidos de las mediciones la cual debe llevar la siguiente información. (Ver figura 27)

- Tipo del instrumento de monitoreo y número de modelo.
- Nombre del operador.
- Fecha.
- Número de identificación del componente.
- Tipo de componente (válvula, brida, bomba, etc.).
- Localización/flujo. Proporcione una breve descripción del lugar donde se encuentra el componente y del tipo de fluido que circula por este.
- Tipo de servicio (gas, líquido liviano o líquido ligero).
- Horas al año en el cual los componentes se encuentran en servicio.
- Valor medido en ppm con el detector PID y FID.
- Valor de medida anterior.

3.2.7. Mejores técnicas disponibles para la eliminación de emisiones fugitivas

En esta parte de la investigación, se da una visión general de aquellas técnicas disponibles para asegurar que una línea de procesos no presente emisiones fugitivas. Estas técnicas se desarrollan de acuerdo a nuevos materiales de sellado disponibles para uniones bridadas y para el sello del vástago de una válvula. Muestra además los estudios recientes relacionados con la integridad de las uniones bridadas, entre otras técnicas para asegurar un comportamiento óptimo de los componentes en una línea de procesos.

3.2.7.1. Materiales de sellado para uniones bridadas

En el caso de las uniones bridadas, uno de los problemas recurrentes por los cuales ésta falla es debido a una mala elección del material. Para esto, se proporcionan nuevos materiales de sellado de acuerdo a los criterios de diseño de Flexitalic, el cual es un reconocido líder mundial en la fabricación de juntas de sellado. Flexitalic recomienda el uso de los siguientes materiales para servicios de temperaturas críticas:

Figura 31. Materiales de relleno enrollados en espiral.

Guía de Materiales de Relleno Enrollados en Espiral	Tipo de Material de Relleno					
	Thermiculite 735	Thermiculite 835	Flexicarb	PTFE ¹	Flexite Super ²	Cerámica
Temperatura Máxima	1000°F 538°C	1800°F 982°C	900°F 482°C	500°F 260°C	480°F 249°C	2300°F 1260°C
Temperatura Mínima	-400°F -240°C	-400°F -240°C	-400°F -240°C	-300°F -184°C	-150°F -101°C	-150°F -101°C

Fuente: Flexitalic

Thermiculite: Exclusivo de Flexitalic, este material revolucionario está compuesto de versiculita exfoliada química y térmicamente que simula la estructura del grafito exfoliado, con una excepción notable, ésta mantiene la integridad a través de un amplio rango de temperaturas extremas. Utilizando la vermiculita, un mineral de origen natural con una estructura parecida a una placa que muestra un rango excepcionalmente amplio de resistencia a los productos químicos y las temperaturas. Flexitalic ha desarrollado dos materiales de relleno enrollados en espiral que son excepcionales, 735 y 835. Ambos materiales son extremadamente versátiles, seguros contra los incendios y no son susceptibles a la oxidación.

El material de relleno tipo Thermiculite 735 es capaz de reemplazar al material Flexite Super, a la mayoría de los materiales de grafito tipo Flexicarb, y a la mayoría de los materiales de relleno de poli-tetra-fluoroetileno (PTFE) – ideal para la estandarización. El material tipo Thermiculite 735 puede ser combinado con alambre de enrollado de aleación de acero ya sea 304 ó 316L únicamente para las juntas de sellado de la tubería de tamaño nominal.

La capacidad de alta temperatura del material tipo Thermiculite 835 lo hacen ideal para las aplicaciones problemáticas y para los sellos críticos. Además, la capacidad de sello del material tipo Thermiculite es muy superior a la mica y la cerámica a dichas altas temperaturas.

Flexicarb: Un grafito de alta pureza sin aglutinantes o materiales de relleno. Éste exhibe una sellabilidad superior y una resistencia excelente para un amplio rango de productos químicos. Su combinación única de baja permeabilidad, lubricidad inherente, y compresibilidad hacen al material tipo flexicarb adecuado para los servicios críticos de gas y de vacío. El contenido de cloruros de lixiviación del material tipo flexicarb de grado industrial es de 50 ppm como máximo. Está disponible en grados industriales, nucleares o de inhibición de la corrosión.

Poli-tetra-fluoroetileno (PTFE): Es utilizado como un material de relleno en las juntas de sellado Flexitallic en donde sea requerida la inertidad química extrema. El poli-tetra-fluoroetileno no es afectado por ningún producto químico conocido con la excepción de los metales álcalis fundidos y los precursores del flúor. Debido a su baja permeabilidad, el poli-tetra-fluoroetileno también es utilizado frecuentemente como un material de relleno en las juntas de sellado de Flexitallic para las aplicaciones de vacío. Las juntas de sellado enrolladas con poli-tetra-fluoroetileno deberán estar totalmente confinadas ya sea por medio de su colocación en una ranura o por medio de la provisión de ambos, un anillo externo y un anillo interno.

Flexite Super: Material de relleno de bajo cloruro, desarrollado por Flexitallic, está compuesto de un mineral de cloruro con grafito y un aglutinante acrílico. Este material podrá ser utilizado para las aplicaciones de servicios generales.

Fibra cerámica: Está compuesta de fibras de silicato de aluminio con un aglutinante orgánico. Este material tiene una sellabilidad inferior comparada con otros materiales de relleno, sin embargo, éste tiene una excelente estabilidad para altas temperaturas hasta de 1250 °C (2300 °F). Éste resiste los ataques provenientes de la mayoría de los agentes corrosivos (con excepción de los ácidos fluorhídrico y fosfórico), así como los álcalis concentrados. Este material es recomendado únicamente en donde las condiciones impiden el uso de materiales de relleno tipo Thermiculite.

3.2.7.2. Materiales de sello para prensa-empaque de válvulas

Se proporcionan aquellos materiales para prensa-empaque de vástagos de válvulas, los cuales están diseñados para servicios críticos en donde emisiones fugitivas podrían ocurrir. Los siguientes materiales son tomados de el catalogo Walworth:

Die-formed flexible graphite: Grafito flexible, con un contenido mínimo de carbón del 95% con anillos trenzados de carbón o anillos terminales de grafito. Los anillos die-formed son planos y vienen en varias densidades, los de mayor densidad se utilizan para una presión de servicio mucho mayor.

Capacidad de soportar la temperatura a la atmosfera de 850°F y una temperatura del vástago de 1200°F. Este tipo de material ha sido el más usado por cerca de 30 años, pero no puede evitar velocidades bajas de emisiones que cada día son más estrictas por las agencias de protección ambiental.

Grafito flexible trenzado: Con 95% de carbono, usualmente con tratamiento de los hilos. Capaz de soportar temperaturas de 850°F a la atmosfera y de 1200°F en el vástago de la válvula.

Posee un rendimiento para velocidad de fuga menor a 100 ppm, es decir es un material adecuado para el cumplimiento de las regulaciones nacionales e internacionales de calidad del aire. Un determinado tamaño del material trenzado, puede ser usado para sellar muchas válvulas diferentes.

Combinación de materiales: la combinación de anillos de die-formed flexible graphite de varias geometrías y densidades con hilos trenzados, o hilos trenzados de grafito flexible para el sistema de sellado. Capaz de soportar 850°F a la atmosfera y 1200°F en el vástago de la válvula con una resistencia a la presión de 10000 psi.

Las emisiones producidas están alrededor de entre 500ppm y 100ppm y los conjuntos se diseñan a los tamaños de vástago de la válvula y la caja específicas con procedimientos de instalación simple.

Las válvulas Walworth, son componentes que cumplen con los requerimientos de 50ppm máximo de emisiones fugitivas a la atmosfera.

Particularmente las válvulas de compuerta y las válvulas de globo, son ensambladas con empaques de vástago que cumplen con el requisito anterior, además proporcionan una larga vida del sello del vástago y de la caja de empaques.

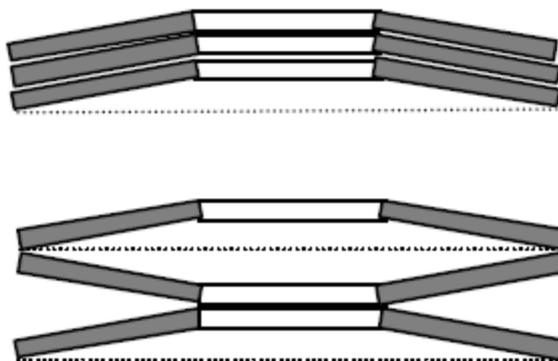
Algunos empaques anillos de grafito flexible de alta y baja densidad se suministran en combinación con un inhibidor de corrosión los cuales producen una compresión adecuada con lo que se obtiene un sello efectivo y controlado.

Cuando se requieren condiciones de funcionamiento críticas, o especiales en válvulas sometidas a un gran número de apertura y cierre, en las cuales por su acceso es difícil reajustar los empaques del vástago o cuando existen variaciones importantes en las temperaturas y presiones de servicio las válvulas de compuerta y globo se suministran con el sistema de empaques de vástago de carga viva (Live Loading)(Ver figura 29).

El sistema de carga viva (Live Loading): Provee una compresión constante sobre los empaques del vástago, lo cual compensa las variaciones de las cargas, permitiendo un sello uniforme que además de ser duradero, alarga la vida de los empaques del vástago.

Las válvulas se suministran para las diferentes clases de presión desde 2500-1500-800-600-300-150, requerimientos adicionales de diseño pueden ser fabricadas por acuerdo mutuo entre el fabricante y el comprador.

Figura 32. Sistema live-loading



Fuente: ESA/FSA N° 009/98 (juntas y bridas)

3.2.7.3. Personal competente

Un reciente estudio publicado por la sociedad de ingenieros del petróleo, en su documento SPE16498, establece que el 60% de las fugas han sido asociadas a intervención humana en los sistemas de proceso, las actividades más comunes están asociadas a la selección incorrecta de los accesorios de las bridas, juntas y pernos y a un mal ensamblaje de las válvulas durante las intervenciones de mantenimiento.

El documento establece que el factor de mayor contribución puede ser explicado por el hecho de la competencia del personal envuelto en tales actividades. Esta conclusión puede ser soportada por un reciente estudio en la universidad de Norwegian de

Stavanger y la sociedad de gas y aceite Norwegian. De acuerdo al estudio, la prevención de fugas de hidrocarburos es realmente importante debido a las implicaciones accidentales que tiene. Análisis cuidadosos, nuevos métodos de entrenamiento y personal competente pueden reducir ampliamente el número de fugas en las instalaciones de gas y aceite.

Específicamente el estudio establece que en el año 2000, la cantidad de fugas encontradas mayores a 0.1kg/s fue de 40, para el año de 2003 hasta el 2008, con los métodos de entrenamiento y personal calificado, estas fugas fueron de 10kg/h.

Por tal razón el uso apropiado del instructivo para acople de uniones bridadas PMA-PMA-I-501 con que dispone la empresa se debe seguir al pie de la letra para contribuir a que las emisiones fugitivas sean erradicadas por completo.

4. DIAGNÓSTICO FINAL

Durante el desarrollo de las actividades en la planta de aromáticos de la gerencia complejo Barrancabermeja-Ecopetrol S.A, se observó la necesidad de implementar un método de detección y eliminación de emisiones fugitivas basado en un procedimiento adecuado, dado que los métodos que estaban aplicando no tenían un fundamento, es decir las mediciones realizadas podrían en algunos casos no indicar las fuentes potenciales de fuga.

Con el proceder de la práctica en la empresa, se identificaron todos los componentes que hacen parte de los fluidos que se consideran compuestos orgánicos volátiles (VOC), así como aquellos que podrían tener algún porcentaje de VOC. Se actualizaron en los P&ID aquellos componentes que no se encontraban en los diagramas, esta actualización permite que los componentes sean identificados y por tal razón monitoreados.

El aporte profesional que se dio, tuvo énfasis en la estandarización de los procesos, es decir el establecimiento de procedimientos que aplicados de forma correcta ayudan al personal de trabajo y a todos los trabajadores de la empresa a tener un ambiente más seguro y confiable dado que el control efectivo de emisiones permite entre otras cosas asegurar la salud de las personas, cumplir con las regulaciones ambientales y disminuir las pérdidas económicas de la empresa.

5. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la práctica se logró reconocer todos aquellos componentes que hacen parte de una línea de procesos en la producción de hidrocarburos aromáticos.

Se aprendió a utilizar y a seguir los diagramas de instrumentación y tuberías con los que cuenta la empresa.

Se identificaron todos los componentes con los P&ID que tiene la planta y se dibujaron aquellos componentes que no aparecen en los diagramas, además se asoció cada componente a los lazos de corrosión dentro de los cuales este se encuentra inmerso.

Se describió y se desarrolló, se sustentó el programa de detección y reparación de fugas al operador encargado de realizar dicha labor.

Se registraron los componentes identificados en una tabla de registro y se escribió cada componente sobre los P&ID.

Se describió y se propuso un método para la estimación de emisiones másicas con el fin de saber la cantidad de producto que se pierde y las falencias económicas que esto conlleva.

6. **RECOMENDACIONES**

Actualizar los componentes dibujados en los P&ID en un medio virtual, así como establecer y monitorear aquellos componentes que se consideren críticos dado el fluido que transportan.

Asignar a dos personas para el monitoreo de emisiones fugitivas, dado que esta labor requiere de mucha dedicación y esfuerzo.

BIBLIOGRAFÍA

- UOP, manual de entrenamiento copyright 1978
- Norma ASME B31.3 Process Piping 2012
- ASME B16.5 Pipe Flanges and Flanged Fittings
- ASME-PCC1 Guidelines for Bolted Flanges Assembly

REFERENCIAS DOCUMENTALES ELECTRÓNICAS

- <http://www.epa.gov/compliance/resources/publications/assistance/ldarguide.pdf>.
- http://www.lamons.com/public/pdf/lit_reference/ManualDeJuntas-GuiaTecnicaDeEstanqueidad.pdf.
- <http://www2.udec.cl/matpel/sustanciaspdf/b/BENCENO.pdf>.
- <http://www.minminas.gov.co/minminas/downloads/archivosSoporteRevistas/1799.pdf>.
- http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_0601_040406.pdf
- http://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/pdf/resolucion_minproteccion_1013_2008.pdf
- <http://www.colombianadesalud.org.co/SALUD%20OCUPACIONAL/GUIAS/3-gatiso%20benceno%20y%20sus%20derivados.pdf>.
- http://www.stps.gob.mx/dgift_stps/pdf/valores%20umbrales.pdf.
- http://www.europeansealing.com/uploads/resources/publications/ESA-FSA-Guia-Juntas-y-Bridas-009_98_ESP.pdf.
- <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/017069/017069-13.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Métodos de estimación de emisiones másicas

Son cuatro los métodos que existen para la estimación de emisiones fugitivas, en este documento solo se describen tres, además se recomienda el uso del tercer método por cuestiones de confiabilidad, ya que éste es el más preciso a la hora de estimar emisiones. Cabe resaltar que los tres métodos tienen algún margen de error, pero hasta ahora son las técnicas más aproximadas para medir la velocidad másica de emisiones provenientes de equipos de proceso para los diferentes tipos de fluidos manejados, es decir, gas, líquido liviano y líquido ligero. Los métodos mencionados son los siguientes:

- Método del factor de emisión promedio (MEFP)
- Método de los rangos de medida (MRM)
- Método de correlación de la EPA (MECE)
- Método de la unidad de correlación específica (MCUE)

Estos métodos, pueden ser usados en cualquier instalación para desarrollar un inventario de emisiones de compuestos orgánicos totales (TOC) o compuestos orgánicos volátiles (VOC) procedentes de equipos de proceso. En general, el más refinado de los métodos requiere más datos y provee mayor precisión en la estimación de las emisiones.

En el método factor de emisión promedio y el método de rangos de medida, los factores de emisión son combinados con la cantidad de equipos para estimar las emisiones. Para estimar emisiones con las ecuaciones de correlación de la EPA, las concentraciones medidas (valores medidos) para todos los equipos son introducidos individualmente dentro de las ecuaciones de correlación desarrolladas por la EPA. En el método de correlación específica de una unidad, los datos de mediciones y velocidades de fuga son usados para un conjunto selecto de componentes individuales y estos son usados para desarrollar las correlaciones específicas de la unidad. Los valores medidos son entonces introducidos en estas correlaciones para la estimación de emisiones.

La siguiente figura (figura 31) presenta una visión general de los datos de recolección y análisis que se requieren para aplicar cada uno de los métodos. Como se puede apreciar en la figura, todos los métodos requieren una cantidad precisa de componentes por tipo de equipo (válvulas, conexiones bombas, etc.). Además para algunos equipos se debe suministrar el tipo de servicio al que está asociado (líquido liviano, líquido ligero y gas).

Método del factor de emisión promedio (MEFP)

Un método aceptado para la estimación de emisiones permite el uso de factores de emisión promedio desarrollados por la EPA en combinación con datos de una unidad específica que son fáciles de obtener. Estos datos incluyen:

- El número de cada tipo de componente en una unidad (válvula, conexión, etc.)
- El servicio de cada componente (líquido ligero, líquido pesado y gas).
- La concentración de compuestos orgánicos totales (TOC) en el flujo.
- El periodo de tiempo en el cual está en servicio determinado componente.

Aunque las unidades del factor de emisión promedio están en kilogramo por hora por fuente individual (Kg/h/fuente), es importante notar que estos factores son mayormente válidos para la estimación de emisiones de un conjunto de equipos.

Para la estimación de emisiones usando el método del factor de emisión promedio, la concentración de TOC en porcentaje en peso es necesario dado que el equipo con mayores concentraciones tendera a tener mayores velocidades de fuga. Cuando se usa el método del factor de emisión promedio, los equipos deben ser agrupados por “flujos”, donde todos los equipos con un determinado flujo tienen la misma fracción en peso TOC.

Para aplicar los factores de emisión, se usa la siguiente ecuación, que estima la emisión másica de TOC de todos los componentes para un tipo de flujo dado:

$$E_{TOC} = F_A * WF_{TOC} * N$$

De donde:

E_{TOC} = Velocidad de emisión de TOC de todos los equipos en un flujo dado. (Kg/h)

F_A = Factor de emisión aplicable para el tipo de equipo.

WF_{TOC} = Fracción en peso de TOC en la mezcla.

N= Número de componentes.

Si existen varios flujos en una unidad de procesos, la velocidad total de emisión de TOC para un tipo de equipo es la suma de las emisiones de cada uno de los flujos. La velocidad total de emisión para todos los tipos de equipo se suman para obtener la velocidad total de emisión TOC de una unidad de proceso.

Asumiendo que todos los compuestos orgánicos en el flujo se consideran como VOC (compuestos orgánicos volátiles), la emisión total de VOC para cada flujo es calculado como la suma de emisiones TOC asociado con cada tipo de equipo específico en el flujo.

Cabe aclarar que los factores de emisión no proveen una estimación precisa de la velocidad de emisión de un equipo en particular. Dicho de otro modo, los factores de emisión son usados para estimar emisiones de conjuntos de equipos.

El método de factor de emisión promedio se usa para proveer una indicación de la velocidad de emisión de conjuntos de equipos en ausencia de datos medidos.

Método de los rangos de medida (MRM)

Este método es conocido normalmente como fuga/no fuga y ofrece mayor precisión que el método del factor de emisión promedio. Este método se usa para definiciones de fuga de 10000 ppm detectadas con un equipo de medición, los datos medidos son una indicación de las velocidades de fuga. Cuando se aplica este método se considera que los componentes con valores medidos mayores a 10000 ppm tienen velocidades de emisión diferentes a aquellos con valores menores que 10000 ppm.

El método de los rangos medidos es aplicado de manera similar que el método de factor de emisión promedio en la que la cantidad de equipos es multiplicado por un factor de emisión. Para calcular emisiones de TOC usando el método de los rangos de medida se debe usar la siguiente ecuación:

$$E_{TOC} = (F_G * N_G) + (F_L * N_L)$$

De donde:

E_{TOC} = Velocidad de emisión de TOC para un tipo de equipo. (Kg/h)

F_G = Factor de emisión aplicable para valores de fuentes medidas mayores o iguales que 10000 ppm. (Kg/h/fuente).

N_G = Cantidad de equipos (tipo de equipo específico) con valores medidos mayores o iguales que 10000 ppm.

F_L = Factor de emisión aplicable para fuentes con valores medidos menores que 10000 ppm. (Kg/h/fuente).

N_L = Cantidad de equipos (tipo de equipo específico) para fuentes con valores medidos menores que 10000 ppm.

Asumiendo que todos los compuestos orgánicos en el flujo son considerados como VOC, la emisión total de VOC, para cada flujo es calculado como la suma de emisiones TOC asociadas con cada flujo para un tipo de equipo dado.

Los factores de emisión para el método de los rangos medidos son una mejor indicación de la velocidad actual de fuga que el método de factor de emisión promedio. Sin embargo los datos disponibles indican que las velocidades de emisión másica pueden variar considerablemente de velocidades previstas por este método.

Método de correlación de la EPA (MECE)

Este método ofrece un refuerzo adicional para la estimación de emisiones de fugas de equipos proporcionando una ecuación para predecir la velocidad de emisión másica como función de los valores medidos para un tipo de equipo en particular. Las correlaciones desarrolladas por la EPA relacionan los valores medidos para velocidades de emisión másica de unidades de proceso SOCOMI y unidades de proceso de la industria del petróleo.

El método de correlación de la EPA es preferido cuando los valores medidos están disponibles. Las correlaciones pueden ser usadas para estimar emisiones para rangos medidos completos diferentes de cero con valores medidos potencialmente altos a los valores medidos que representan el límite de detección mínima del instrumento de medida.

Las correlaciones de la EPA permiten estimar emisiones de fugas de equipos proporcionando una ecuación para un tipo de equipo en particular.

Es válido para estimar emisiones de un conjunto de componentes y no está preparado para estimar emisiones de un componente individual a lo largo de un periodo corto de tiempo (por ejemplo una hora). Las ecuaciones de correlación de la EPA relacionan valores de concentración medidos con velocidades de emisión másica de compuestos orgánicos totales (TOC) incluidos no VOC (etano y metano).

La velocidad de emisión por “defecto cero” es la velocidad de emisión másica asociada con valores medidos de cero (cualquier valor medido que sea menor o igual a la concentración del ambiente es considerado como un valor medido de cero). Las correlaciones matemáticamente predicen cero emisiones para valores medidos de cero.

La velocidad de emisión fijada es la velocidad de emisión másica asociado con un valor que se ha fijado al dispositivo de medida portátil. En el caso de valores medidos fijados

en 10000 ppm una sonda de dilución debe ser usada para extender el límite de detección de medida del instrumento a 100000ppm. Entonces los valores medidos pueden ser reportados por arriba de 100000 ppm antes de fijar el instrumento y las ecuaciones de correlación pueden ser usadas para estimar las emisiones másicas.

Anexo 2. Factores de emisión para los métodos MEFP y MRM, y ecuaciones de correlación para MECE

- Factores de emisión promedio para MFEP

EQUIPO	SERVICIO	FACTOR DE EMISIÓN
Válvulas	Gas	0.00597
	Líquido liviano	0.00403
	Líquido ligero	0.00023
Sellos de bombas	Líquido liviano	0.0199
	Líquido ligero	0.0862
Sellos de compresores	Gas	0.228
Válvulas de alivio	Gas	0.104
Conexiones	Todos	0.00183
Finales de línea	Todos	0.0017
Conexiones de muestreo	Todos	0.0150

Fuente: EPA453R95-017

- Factores de emisión promedio para MRM

EQUIPO	SERVICIO	F_G	F_L
Válvulas	Gas	0.0782	0.000131
	Líquido liviano	0.0892	0.000165
	Líquido ligero	0.00023	0.00023
Sellos de bombas	Líquido liviano	0.243	0.00187
	Líquido pesado	0.216	0.00210
Sellos compresor	Gas	1.608	0.0894
Válvulas de alivio	Gas	1.691	0.0447
Conexiones	Todos	0.113	0.0000810
Finales de línea	Todos	0.01195	0.00150

Fuente: EPA453R95-017

- Ecuaciones de correlación para MECE

Equipo	Valor cero (Kg/h/fuente)	Valor fuera de rango(Kg/h/fuente)	
		10000 ppm	100000 ppm
Válvula de gas	$6.6 * 10^{-7}$	0.024	0.11
Válvulas de líquido liviano	$4.9 * 10^{-7}$	0.036	0.15
Bombas de líquido ligero	$7.5 * 10^{-6}$	0.14	0.62
Conexiones	$6.1 * 10^{-7}$	0.044	0.22

Equipo	Valor cero (Kg/h/fuente)
Válvula de gas	$1.87 * 10^{-6} * SV^{0.873}$
Válvulas de líquido liviano	$6.41 * 10^{-6} * SV^{0.797}$
Bombas de líquido ligero	$1.90 * 10^{-5} * SV^{0.824}$
conexiones	$3.05 * 10^{-5} * SV^{0.885}$

Fuente: EPA453R95-017

Anexo 3. Ejemplo de cálculo usando los diferentes métodos de estimación de emisiones.

Se considera una situación hipotética para ilustrar la forma de llevar a cabo los cálculos cuando se estiman emisiones fugitivas. Los parámetros que se suministran son aquellos que son necesarios para poder calcular las emisiones con los métodos de estimación dados. Estos parámetros son la cantidad de equipos, las horas de operación de los equipos y la composición para cada flujo. Las composiciones de los flujos son totalmente hipotéticas y solo se suministran con fines de ejemplo. La siguiente tabla suministra la información mencionada anteriormente.

Flujo	Equipo/tipo de servicio	Cantidad de equipos	Horas de operación(h/año)	Composición del flujo	
				Compuesto	Fracción en peso
A	Bombas de líquido liviano	15	8760	Acrilato de etilo	0.8
				Agua	0.2
B	Bombas de líquido liviano	12	4380	Acrilato de etilo	0.10
				Estireno	0.90

Calculo usando el método del factor de emisión promedio (MFEP)

El método del factor de emisión promedio se demuestra para los flujos A y B los cuales utilizan bombas de líquido liviano. Basados en los factores de emisión de la tabla 1, el total de emisiones VOC puede ser calculada.

Los cálculos se realizan con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{TOC}} = F_A * WF_{\text{TOC}} * N * h$$

Para el flujo A:

$$E_{\text{TOC}} = 0.0199 \text{ Kg/h} * \text{comp} * 0.8 * 15 \text{comp} * 8760 \text{ h/año}$$

$$= 2091.88 \sim 2092 \text{ Kg/año}$$

Dado que solo el acrilato de etilo es el compuesto orgánico para el flujo A, y este es un VOC, en este caso la emisión másica de TOC es igual a la emisión másica de VOC.

Para el flujo B:

$$E_{TOC} = 0.0199 \frac{Kg}{h} * comp * 1 * 12comp * 4380 \frac{h}{año} = 1041.168 \frac{Kg}{año}$$

Para demostrar los dos métodos de estimación siguientes, se proporciona una tabla con valores de fuga hipotéticos medidos para los equipos del Flujo A y B.

Valores medidos para el flujo A:

Equipo	Valor medido(ppm)
A1;A2;A3;A4;A5	0
A6	20
A7;A8	50
A9;A10	100
A11	200
A12	400
A13	1000
A14	2000
A15	5000

Valores medidos para el flujo B:

Equipo	Valor medido(ppm)
B1;B2;B3	0
B4	10
B5	30
B6	250
B7	5000
B8	2000
B9	5000
B10	8000
B11	25000
B12	No medido

Calculo usando el método de los rangos de medida

Los cálculos usando el método de los rangos de medida es similar al de factores de emisión promedio, con la diferencia de que se usan dos factores de emisión, el primero

es para valores medidos mayores o iguales a 10000 ppm ($SV \geq 10000$ ppm) y el segundo para valores medidos por debajo de 10000 ppm ($SV < 10000$ ppm).

En este caso para el flujo A, no hay un valor mayor o igual que 10000 ppm para las bombas de líquido ligero y en el flujo B hay un equipo que no pudo ser medido.

Para los flujos:

Componentes con $SV \geq 10000$ ppm = 1 entonces de la tabla 2, Fg es igual 0.243

Componentes con $SV < 10000$ ppm = 15 para flujo A y 10 para flujo B, entonces F1 es igual 0.00187

Componentes no medidos = 1 para el flujo B.

Para el flujo B con $SV \geq 10000$ ppm; Fg ES 0.243

$$E_{VOC} = N * \text{factor de emision TOC} * \left(\frac{WP_{VOC}}{WP_{TOC}} \right) * \text{horas de operación}$$

$$E_{VOC} = 1 * 0.243 * \left(\frac{1}{1} \right) * 4380 = 1064.34 \text{ Kg/año}$$

Para el flujo B con $SV < 10000$ ppm; F1 es 0.00187

$$E_{VOC} = N * \text{factor de emision TOC} * \left(\frac{WP_{VOC}}{WP_{TOC}} \right) * \text{horas de operación}$$

$$E_{VOC} = 10 * 0.00187 * \left(\frac{1}{1} \right) * 4380 = 81.9 \sim 82 \text{ Kg/año}$$

Para los valores no medidos, se debe utilizar factores de emisión promedio, de la tabla 1, el factor de emisión promedio para bombas con líquido ligero es 0.0199, el cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$E_{VOC} = N * \text{factor de emisión promedio} * WT_{TOC} * \left(\frac{WP_{VOC}}{WT_{TOC}} \right) * \text{horas}$$

$$E_{VOC} = 1 * 0.0199 * 1 * \left(\frac{1}{1} \right) * 4380 = 87.162 \text{ Kg/año}$$

En el flujo A, los valores medidos están por debajo de 10000 ppm, por tanto la ecuación a utilizar es la siguiente:

$$E_{VOC} = N * \text{factor de emision TOC} * \left(\frac{WP_{VOC}}{WP_{TOC}} \right) * \text{horas de operación}$$

$$E_{\text{VOC}} = 15 * 0.001187 * \left(\frac{0.8}{0.8}\right) * 8760 = 245.718 \sim 246 \text{ Kg/h}$$

La sumatoria de las emisiones da un total de 1479.502 Kg/h de fugas de compuestos VOC.

Calculo usando el método de correlación de la EPA (MECE)

En este método, cada una de los valores medidos debe ser introducida en la ecuación de correlación específica para así obtener las emisiones de VOC.

Equipos A1 hasta A5:

Los equipos A1 hasta A5, valores medidos de 0 ppm, de las tablas 3, la velocidad de emisión cero por defecto es $7.5 * 10^{-6} \text{ Kg/h} * \text{fuente}$.

Las emisiones se calculan con la siguiente ecuación:

$$E_{\text{VOC}} = \text{vel de emisión cero por defecto} * \left(\frac{WP_{\text{VOC}}}{WP_{\text{TOC}}}\right) * \text{horas de operación}$$

$$E_{\text{VOC}} = 7.5 * 10^{-6} \text{ Kg/h} * \text{fuente} * \left(\frac{0.8}{0.8}\right) * 8760 \text{ h} = 0.066 \text{ Kg/año}$$

Equipo A6: Este equipo tiene un valor medido de 20 ppm, la ecuación de correlación de la tabla 3 es $1.90 * 10^{-5} * SV^{0.824}$, la emisión se calculan de la siguiente manera:

$$E_{\text{VOC}} = \text{ecu de correlacion} * \left(\frac{WP_{\text{VOC}}}{WP_{\text{TOC}}}\right) * \text{horas de operación}$$

$$E_{\text{VOC}} = 1.90 * 10^{-5} * 20^{0.824} * \left(\frac{0.8}{0.8}\right) * 8760 = 2.0 \text{ Kg/año}$$

Los cálculos para los demás tipos de componentes asociados a los flujos A y B se calculan de manera similar, en el caso del componente B12 el cual no tiene un valor de medición, los cálculos se realizan usando el método del factor de emisión promedio. Los datos calculados para los demás componentes se muestran en la siguiente tabla.

Valores calculados para el flujo A:

Equipo/flujo A	Valor medido SV (ppm)	Emisión másica de VOC
A1;A2;A3;A4;A5	0	0.33
A6	20	2.0
A7;A8	50	8.36
A9;A10	100	14.8
A11	200	13.1
A12	400	23.2
A13	1000	49.34
A14	2000	87.35
A15	5000	185.86
		Σ=384.34

Valores calculados para el flujo B:

Equipo/flujo B	Valor medido SV (ppm)	Emisión másica de VOC
B1;B2;B3	0	0.09855
B4	10	0.55
B5	30	1.37
B6	250	7.87
B7	500	13.94
B8	2000	43.68
B9	5000	92.93
B10	8000	137
B11	25000	350
B12	no medido	87.162
		Σ= 734.6

Cálculo de compuestos particulares

Las emisiones particulares en una mezcla pueden ser estimadas de la siguiente ecuación, para el caso del ejemplo las emisiones solo pueden calcularse para el flujo B, esto dado que el flujo A es 80% de acrilato de etilo y 20% de agua, pero el agua no es un VOC. La ecuación a aplicar es la siguiente:

$$E_X = E_{TOC} * (WP_X / WP_{TOC})$$

Para este caso el compuesto "X" es al acrilato de etilo que tiene un porcentaje de 10% en la mezcla y el estireno de 90%, el cálculo se realiza con las emisiones totales de

cualquiera de los métodos de estimación descritos anteriormente. Para este caso se hará con el método de correlación de la EPA.

$$E_{\text{acrilato de etilo}} = 734.6 * \left(\frac{0.1}{1}\right) = 73.6 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ de acrilato de etilo}$$

$$E_{\text{estireno}} = 734.6 * \left(\frac{0.9}{1}\right) = 661.14 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ de estireno}$$

Calculo de los factores de respuesta

Los factores de respuesta fueron desarrollados para corregir los valores medidos para poder compensar las variaciones de respuesta del monitor a los diferentes compuestos.

La siguiente tabla muestra los factores de respuesta calculados para el flujo B, el cual constituye una mezcla de estireno y de acrilato de etilo, el peso molecular de los dos compuestos se encuentran revisando sus propiedades químicas.

Compuesto	Peso molecular	Fracción molar	Factor de respuesta a una concentración de 500 ppm	Factor de respuesta a una concentración de 10000 ppm
Acrilato de etilo (10%)	100.1	0.1036	2.49	0.72
Estireno (90%)	104.2	0.8964	1.10	4.16

Los factores de respuesta están ubicados en el apéndice D del protocolo para la estimación de emisiones de equipos de proceso, además están basados en un instrumento de medida Foxboro OVA-108 calibrado con metano. En el caso de la fracción molar se calcula de la siguiente ecuación:

$$fracción\ molar = \frac{FPC_i}{PM_i} \frac{PM_i}{\sum_{i=1}^n \frac{FPC_i}{PM_i}}$$

De donde:

FPC_i = Fracción en peso del compuesto “i”

PM_i = Peso molecular del compuesto “i”

Para el acrilato de etilo el cálculo es como sigue:

$$\text{fracción molar} = \frac{\frac{0.1}{100.1}}{\frac{0.1}{100.1} + \frac{0.9}{104.2}} = 0.1036$$

Para el estireno el procedimiento es el mismo.

Se debe calcular el factor de respuesta de la mezcla RF_m para poder corregir los valores medidos que se corregirán. El RF_m se calcula de la siguiente ecuación:

$$\text{RF}_{m(500 \text{ ppm})} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (x_i / \text{RF}_i)}$$
$$\text{RF}_{m(500 \text{ ppm})} = \frac{1}{\left(\frac{0.1036}{2.49} + \frac{0.8964}{1.10}\right)} = 1.1675$$
$$\text{RF}_{m(10000 \text{ ppm})} = \frac{1}{\left(\frac{0.1036}{0.72} + \frac{0.8964}{4.16}\right)} = 2.78$$

La EPA recomienda que si un factor de respuesta es igual o menor que tres (RF < 3) los datos medidos se pueden dejar sin corregir, aunque si se lo desea los valores se pueden corregir.

Para hacer esta corrección solo basta multiplicar el valor medido por el factor de respuesta de la mezcla. Como lo muestra la siguiente ecuación:

$$\text{SV}_{\text{corregido}} = \text{SV} * \text{FR}_m$$

Anexo 4. Material fotográfico unidad 1400 (U1400)



Fuente: Autor del proyecto