



UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS" FACULTAD DE
INGENIERIAS QUÍMICA – MECÁNICA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E
INGENIERÍA QUÍMICA

**TÍTULO: Propuesta de mejoras a la seguridad
operacional de los procesos de destilación atmosférica
de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos**

**Trabajo final en opción al Título Académico de
Especialista en Tecnologías de refinación de petróleo**

Autor: Ing. Orestes Raúl Zulueta Torres

**Matanzas
2012**



**UNIVERSIDAD DE MATANZAS "CAMILO CIENFUEGOS" FACULTAD DE
INGENIERIAS QUÍMICA – MECÁNICA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA E
INGENIERÍA QUÍMICA**

**TÍTULO: Propuesta de mejoras a la seguridad operacional de los procesos de
destilación atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos**

**Tesis en opción al Título Académico de Especialista en Tecnologías de refinación de
petróleo**

Autor: Ing. Orestes Raúl Zulueta Torres

Tutor: Ing. Msc. Marisela Rodríguez Alayon

**Matanzas
2012**

DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Yo, Orestes Raúl Zulueta Torres declaro que soy el único autor del presente trabajo y autorizo a la Universidad de Matanzas y al Centro Politécnico del Petróleo a hacer el uso que estime pertinente con la información que aparece en el mismo siempre y cuando se respete nuestra autoría.

Nombre y Apellidos. Firma

SÍNTESIS

El presente trabajo se realizó en Refinería de Cienfuegos, con el objetivo fundamental de aplicar un procedimiento para la mejora del proceso destilación atmosférica de la organización. Para el cumplimiento del mismo se utilizan entrevistas grupales, observaciones directas, revisión de documentos, mapeo de procesos, método de expertos y estadísticos, entre otros.

Como resultados fundamentales se realiza la descripción de las actividades esenciales de dicho proceso, las variables claves de entrada del mismo y salidas del mismo, los riesgos operacionales, se definen las principales fortalezas y debilidades del proceso objeto de estudio, de estas últimas se selecciona la que a los efectos de la investigación puede ser solucionada. Finalmente se presenta la solución a la problemática.

Finalmente se exponen las conclusiones y recomendaciones que se derivan del estudio y que permiten definir una vía de seguimiento adecuada para dar continuidad a un desempeño superior y más seguro del proceso de destilación atmosférica.

Palabras claves: riesgo tecnológico, seguridad operacional, procesos.

ABSTRAT

The present work was carried out in Refinery of Cienfuegos, with the fundamental objective of applying a procedure for the improvement of the process atmospheric distillation of the organization. For the execution of the same one interviews groupies are used, direct observations, revision of documents, map of processes, experts' method and statistical, among others.

As fundamental results he/she is carried out the description of the essential activities of this process, the key variables of entrance of the same one and exits of the same one, the operational risks, are defined the main strengths and weaknesses of the process study object, of these last ones the one is selected that can be solved to the effects of the investigation. Finally the solution is presented to the problem.

Finally the conclusions and recommendations are exposed that are derived of the study and that they allow to define an appropriate pursuit road to give continuity to a superior and surer acting of the process of atmospheric distillation.

Key words: technological risk, operational security, processes.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO	4
1.1 La industria petrolera. Principales características	4
1.1.1 La refinación de petróleo. Principales procesos y características	5
1.2 El proceso de refinación de petróleo en Cuba .Sus particularidades en la Refinería Camilo Cienfuegos	15
1.3 Seguridad operacional y su vinculación al manejo adecuado de los riesgos.	21
1.4 Conclusiones del Capitulo	26
CAPITULO II: PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO	27
2.1 Caracterización de la entidad objeto de estudio	27
2.2. Propuesta de procedimiento para el diagnóstico y mejora del proceso	30
2.2.2. Herramientas básicas para la investigación	33
2.3 Conclusiones del capítulo	38
CAPITULO III APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO	39
3.1 Aplicación del procedimiento	39
3.1.1 Etapa I: Caracterización del proceso de destilación atmosférica.	39
3.1.2 Etapa II: Evaluación del proceso	40
3.1.3 Etapa III: Mejorar el proceso	43
3.2 Conclusiones del capitulo	77
CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	82

INTRODUCCIÓN

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. La mayoría han tomado conciencia de esto y por las normas ISO se plantean cómo mejorar los procesos y evitar algunos males habituales como: bajo rendimiento de los procesos, poco enfoque al cliente, inseguridad en su funcionamiento, subprocesos inútiles debido a la falta de visión global del proceso, excesivas inspecciones entre otras. En tal sentido es importante sentar las bases para la simplificación y optimización de aquellos procesos que mediante la mejora de su operación, contribuyan a lograr una mayor contribución a los objetivos de la organización. La refinación del petróleo se efectúa con el fin de obtener diferentes productos combustibles y lubricantes imprescindibles para la humanidad actual y materia prima para la industria petroquímica.

En general los procesos de refinación incluyen métodos físicos y químicos que se basan en propiedades tales como las temperaturas de ebullición y de cristalización, encontrando su mayor aplicación en la destilación directa del petróleo, basadas en las temperaturas de ebullición de las distintas fracciones obtenidas en los cortes efectuados a distintas temperaturas.

Por otra parte los métodos químicos en el proceso de refinación del petróleo son utilizados para lograr mayor calidad y cantidad de los productos y sus mezclas por ejemplo, la gasolina que es la de mayor uso. Estos métodos implican que se puedan variar en los mismos sus temperaturas, presiones, utilización de catalizadores, empleo de aditivos químicos con fines de purificación y evitar manifestaciones indeseables en diferentes empleos de productos y sus derivados.

La Refinería Camilo Cienfuegos se encuentra ubicada en la Finca Carolina de la ciudad de Cienfuegos. La integran varias plantas entre las que se encuentran, Reformación Catalítica, Tratamiento de Turbo Combustible, Sección de Hornos, Fraccionamiento de Gases y Destilación Atmosférica, en esta última es donde se desarrolla el trabajo de investigación.

Uno de los elementos más importantes a tener en cuenta en procesos de estas características es la seguridad operacional y su éxito está estrechamente vinculado a la aplicación de novedosas técnicas para la identificación y/o evaluación de riesgos, las mismas son

competencia de personal con alto nivel profesional y muy conocedor de las interioridades del proceso.

La etapa del ciclo de vida en que se encuentra una instalación de estas características es determinante en el nivel de seguridad de su funcionamiento.

Después de la reactivación de los procesos tecnológicos en la planta de Destilación atmosférica no se ha realizado un diagnóstico sobre su seguridad operacional, precisamente este elemento constituye la **situación problemática** de la presente investigación.

Basado en los aspectos abordados se plantea el problema científico de la misma.

Problema científico:

La necesidad de un diagnóstico que permita identificar debilidades que puedan repercutir en la seguridad operacional del proceso de destilación atmosférica de la refinería.

Como hipótesis

Puede mejorarse la seguridad operacional del proceso de destilación atmosférica si se identifican sus debilidades y se proponen soluciones factibles y coherentes.

En consecuencia, la hipótesis refleja como variable independiente debilidades operacionales del proceso y la variable dependiente la mejora de la seguridad operacional de la planta.

Objeto de estudio de la investigación:

El campo de investigación es los procesos de refinación del petróleo. El objeto de investigación es el riesgo operacional en los procesos de destilación atmosférica de la Refinación del petróleo donde se singulariza la validez de la hipótesis.

Objetivo general

Proponer acciones de mejoras a la seguridad operacional del proceso de destilación atmosférica a partir del desarrollo de un diagnóstico enfocado a la seguridad operacional.

Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio del estado del arte de los procesos de refinación del petróleo en general particularizando en los de destilación atmosférica así como, las herramientas más actuales de análisis de riesgos de dichos procesos.
2. Analizar el comportamiento actual del proceso de destilación atmosférica de la Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos
3. Realizar propuestas de mejoras al proceso de destilación atmosférica con vistas a mejorar la seguridad operacional de su funcionamiento.

Para darle cumplimiento a estos objetivos el trabajo se estructura en tres capítulos:

En el capítulo I se abordan aspectos relacionados con el surgimiento y desarrollo de los procesos de refinación del petróleo, lo acontecido en el mundo, Cuba y específicamente en la Refinería Camilo Cienfuegos; se profundiza en el término seguridad operacional y su relación con el adecuado manejo de los riesgos.

En el capítulo II se propone un procedimiento para diagnosticar el estado actual del proceso de destilación atmosférica determinando sus principales fortalezas y debilidades. El procedimiento utilizado es una adaptación de la propuesta dada por Villa & Pons Murguía (2006), al tener como ventaja ser un procedimiento de mejora riguroso, que facilita además la adopción de un lenguaje común y universal para la solución de problemas, que es fácilmente comprensible para todos en la organización.

El capítulo III se aplica el procedimiento propuesto y a partir de las debilidades detectadas se analizan las que al efecto de esta investigación pueden ser solucionadas y se presentan las acciones de mejoras plasmando así el aporte práctico del trabajo.

El documento incluye también unas conclusiones y recomendaciones útiles para la toma de decisiones, además de una amplia bibliografía actualizada y un cuerpo de anexos que soportan los análisis y decisiones tomadas.

CAPITULO I: ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO

1.1 La industria petrolera. Principales características

Proveniente del latín petroleum (petra-piedra y oleum-aceite), la palabra petróleo significa aceite de piedra. Es un compuesto de hidrocarburos, básicamente una combinación de carbono e hidrógeno. El petróleo es una mezcla en la que coexisten en fases sólidas, líquida y gas, compuestos denominados hidrocarburos, constituidos por átomos de carbono e hidrógeno y pequeñas proporciones de heterocompuestos con presencia de nitrógeno, azufre, oxígeno y algunos metales, ocurriendo en forma natural en depósitos de roca sedimentaria. Su color varía entre ámbar y negro. [Lluch Urpi, 1968]

El génesis del petróleo se ubica en el depósito y descomposición de organismos de origen vegetal y animal que hace millones de años quedaron atrapadas en rocas sedimentarias en ambientes marinos o próximos al mar y que fueron sometidos a enormes presiones y elevadas temperaturas, que junto a una acción bacteriana anaeróbica da lugar a los hidrocarburos los cuales fluyen entre varias capas sedimentarias hasta que se concentran en unas formaciones geológicas características, no permeables y porosas que constituyen lo que se denomina yacimiento dentro de un campo petrolífero. [Barbieri, 1998]

Las moléculas de hidrocarburos que lo componen son más complejas a medida que aumenta el punto de ebullición de las mismas. Desde el punto de vista estructural están presentes, en mayor o menor proporción hidrocarburos parafínicos, aromáticos y nafténicos.

Salvo la Ex URSS y América del Norte, grandes consumidores y productores de petróleo al mismo tiempo, las grandes zonas regionales son grandes centros de consumo dígame Europa Oriental, Japón o grandes centros de producción en este caso, Oriente Medio y África; en cuanto a América Latina es una zona media de producción y de consumo. Es así que más de la mitad del petróleo producido en el mundo se intercambia en los mercados internacionales, situación que ha conducido a la integración vertical de la industria, del pozo a la bomba. Arabia Saudita es el mayor productor de petróleo de todo el mundo, seguido de Rusia y Estados Unidos.

La industria del petróleo dentro de las industrias químicas de proceso es la más grande, y desde el punto de vista físico y químico la más compleja y la que más se puede extender. Ella tiene un impacto extraordinario en la economía y en la vida de cualquier sociedad a nivel global. [Speight, 2002]

Las inversiones anuales en el sector representan alrededor de un 6% de las inversiones totales de las empresas mundiales de economías de mercado. Para minimizar los riesgos y hacer frente a estas inversiones, las compañías se ven obligadas a asociarse a un cierto número de proyectos, lo cual muchas veces le viene impuesto por la política petrolera de los estados; y es que el desarrollo de esta industria exige considerables esfuerzos financieros, que incluye no solo el riesgo geológico sino también los técnicos, económicos y políticos, por consiguiente, la autofinanciación de proyectos para su desarrollo constituye una permanente necesidad.

El 40% de la producción mundial de petróleo proviene de tres países Arabia Saudita, que es el mayor productor de petróleo de todo el mundo, pero seguido de Rusia y Estados Unidos, diez países proporcionan cerca del 70% de esta producción. Más del 60% de las reservas están situadas en los países del Oriente Medio miembros de la Organización de países Exportadores de Petróleo (OPEP).

La importancia estratégica del petróleo es muy evidente tanto a nivel económico como militar, él no solo se ha constituido en un motor del crecimiento de los países occidentales, sino también se erigió como una de las principales fuentes de ingresos de los países en desarrollo.

Los estados consumidores intervienen, de un modo absolutamente natural en el funcionamiento de la industria petrolera: creación de empresas públicas, legislación, etc.

Son múltiples las compañías petroleras en el mundo entre las que se destacan: PRTRORBRAS, SHHEL, REPSOL, ETROCHINA, PEMEX, PDVSATEXACO, CHEVRON, entre otras.

1.1.1 La refinación de petróleo. Principales procesos y características.

El petróleo crudo no es directamente utilizable, salvo a veces como combustible. Antes que pueda utilizarse como combustible, lubricante, pavimento o materia prima química, sus componentes deben ser separados, purificados, químicamente modificados y vueltos a mezclar de acuerdo con sus propiedades. [Meyer, 2000]

Para obtener sus diversos subproductos es necesario refinarlo, de donde resultan, por centenares, los productos acabados y las materias químicas más diversas. En correspondencia, la materia prima del proceso primario de refinación es el crudo del petróleo o también denominado hidrocarburo. [Parkash ,2003].

Las refinerías son factorías de transformación y sector clave por definición de la industria petrolífera, bisagra que articula la actividad primaria y extractiva con la actividad terciaria.

La refinación del petróleo es un proceso físico-químico en el cual se obtienen diferentes fracciones del petróleo que posteriormente son tratadas de forma individual hasta obtener productos con las especificaciones de calidad requeridas [Cortázar, 2000]. Todo ese proceso se realiza en las refinerías con el objetivo de adicionar el máximo valor añadido a los productos terminados al mínimo costo posible.

El término de refino, fue heredado en el siglo XIX, se reviste hoy de tres operaciones: [Lluch Urpi, 1968].

1. La separación de los productos petrolíferos unos de otros, y sobre la destilación del crudo (destilación).
2. La depuración de los productos petrolíferos unos de otros, sobre todo su desulfuración.
3. La síntesis de hidrocarburos nobles mediante combinaciones nuevas de átomos de carbono y de hidrógeno, su deshidrogenación, su isomerización o su ciclado, obtenidos bajo el efecto conjugado de la temperatura, la presión y catalizadores apropiados.

En un inicio, el refino se practicaba directamente en los lugares de producción del petróleo, pero pronto se advirtió que era más económico transportar masivamente el crudo hasta las zonas de gran consumo y construir refinerías, adaptando su concepción y su programa a las necesidades de cada país.

El petróleo crudo es depositado en los tanques de almacenamiento, donde permanece por varios días para sedimentar y drenar el agua que normalmente contiene. Posteriormente es mezclado con otros crudos sin agua y es bombeado hacia la planta para su refinación. [Sons, 2000].

Con el desarrollo de la tecnología y con ella de los procesos tecnológicos, en la actualidad las refinerías están dotadas de procesos automatizados para el control y la conducción de los procesos por lo que el incremento de la calidad y la productividad se ha convertido en una de sus variables claves.

Sin embargo, la moderna tecnología de la refinación excede la simple separación de los diversos productos útiles que se encuentran en el petróleo crudo, a través de procesos de conversión que cambian la estructura química de algunas fracciones y puede modificar su rendimiento de modo que se adecue a la naturaleza de la demanda. Los productos resultantes están directamente relacionados con las características del crudo procesado.

En las refinerías el crudo se separa, fracciona, desintegra, reforma, combina y mezcla materiales para producir gasolina, gas licuado, combustóleos, asfalto, coque y azufre como subproducto, agrega otros compuestos aditivos. Así como usa, (genera y/o compra) una variedad de servicios y materiales tales como electricidad, agua, nitrógeno, hidrógeno, catalizadores y finalmente retorna materiales de desecho al medio ambiente, después de que se les ha dado un tratamiento adecuado para evitar la contaminación, [Gary,2002] .

En correspondencia, la refinación de petróleo es fundamentalmente un proceso de separación que involucra en esencia la destilación seguido de algunas modificaciones químicas necesarias para poder obtener productos deseables; es una industria que posee dos tipos de procesos: físicos y químicos que se basan en varios principios entre los que se encuentran la conservación de la materia, la energía y el incremento de la entropía. [kasatkin,1981].

Cuando el crudo es separado en distintas fracciones mediante la destilación fraccionada a escala industrial quedaría como se muestra en la Tabla 1.1

Producto	Átomo de Carbono	°C
Gas licuado*	1-4	
Naftas*	5-9	75
Gasolinas*	5-10	150
Kerosenos**	10-16	200
Gasóleos**	14-20	250
Acetites	20-50	350
Fuelóleos y Residuos	>20	

Tabla 1.1 Productos obtenidos de la refinación del crudo. Fuente; Arpel, 2009

El porcentaje de cada fracción obtenida por la destilación en general no se corresponde con la demanda. El petróleo crudo contiene mayor porcentaje de fracciones pesadas** que

ligeras* y que pueden ser convertidas a fracciones más valiosas mediante procesos de conversión que rompen las moléculas largas de las fracciones pesadas en moléculas más pequeñas, obteniendo productos más valiosos. Esta ruptura se llama craqueo.

Los procesos de conversión se pueden clasificar según el modo en que se obtiene el craqueo o la severidad de la conversión.

Adicionalmente se requieren de procesos de purificación y de calidad para cumplir con las especificaciones del mercado.

El proceso de purificación constituye una etapa importante en el sistema de refinación en tanto permite la eliminación de impurezas de las fracciones para evitar posibles daños en los equipos y los procesos y minimizar el impacto ambiental. Una de las impurezas más importantes a remover es el azufre el cual se recupera en forma de azufre elemental y es materia prima de la industria química y farmacéutica. Otras impurezas que deben ser eliminadas son nitrógeno, oxígeno, agua y metales.

Los procesos de refinación tienen que estar acompañados de otros de apoyo que posibiliten la terminación del ciclo entre los que se encuentran la recuperación de ligeros, despojador de agua ácida, tratamiento de desechos sólidos y de agua, tratamiento y enfriamiento de agua de proceso, almacenamiento, manejo y transportación de productos, producción de hidrógeno, tratamiento de ácidos y recuperación de azufre [Berger, 1998].

Las operaciones e instalaciones auxiliares es otro proceso de apoyo que incluye la generación de energía y vapor, sistemas de agua contra incendio y de proceso, sistemas de relevo, hornos y calentadores, bombas y válvulas, suministro de vapor, aire, nitrógeno y otros gases, alarmas y sensores, controles de ruido y contaminación, muestreo, pruebas, inspección, laboratorio, cuarto de control, mantenimiento, e instalaciones administrativas [Cupet, 2002]

Según ISO 9000: 2000, cualquier actividad o conjunto de actividades que utiliza recursos para transformar entradas en salidas, puede considerarse como un proceso. [Glez.G, 2006]

En consecuencia, un proceso de trabajo incorpora valor a las entradas transformándolos o utilizándolos para producir algo nuevo. De acuerdo con este autor, pueden considerarse como entradas los materiales, equipamiento, información, recursos humanos, monetarios o condiciones medio ambientales necesarias para llevar a cabo el proceso. Las salidas son los productos y servicios creados en el desarrollo del proceso, el cual se entrega al cliente.

Como se señaló con anterioridad los procesos de refinación de petróleo están considerados de alta complejidad tecnológica y se basan en transformaciones físicas y químicas y que a continuación se describen y caracterizan.

1. Proceso de Destilación

Es el primer proceso que se le practica al petróleo crudo en las refinerías. Esta operación consiste en la extracción de todos aquellos hidrocarburos que pueden ser obtenidos por destilación, sin afectar su estructura molecular. [Lluch Urpi, 1968] El objetivo de este proceso es obtener combustibles terminados y fundamentalmente cortes de hidrocarburos que serán procesados en otras unidades, para convertirlos en combustibles más valiosos.

El principio físico en el que se basa el proceso es la diferencia de volatilidad de los componentes, por tal motivo en las columnas fraccionadoras se adecuan las condiciones termodinámicas para obtener o "condensar" los combustibles perfectamente especificados. [Lluch Urpi, 1968] [Meyer, 2000]. La destilación del crudo, se basa en la transferencia de masa entre las fases líquido-vapor de una mezcla de hidrocarburos.

Para que se produzca la "separación o fraccionamiento" de los cortes, se debe alcanzar el equilibrio entre las fases líquido-vapor, ya que de esta manera los componentes más livianos o de menor peso molecular se concentran en la fase vapor y por el contrario los de mayor peso molecular predominan en la fase líquida, en definitiva se aprovecha las diferencias de volatilidad de los hidrocarburos. [Lluch Urpi, 1968] [Meyer, 2000]; **es decir se** vaporizan los hidrocarburos del crudo y luego se condensan en cortes definidos modificando fundamentalmente la temperatura a lo largo de la columna fraccionadora.

La fase líquida se logra con reflujos de hidrocarburos retomados a la torre. Estos reflujos son corrientes líquidas de hidrocarburos que se enfrían por intercambio con crudo o fluidos refrigerantes. La función u objetivo principal de estos, es eliminar o disipar en forma controlada la energía cedida a los hidrocarburos en el horno, de esta manera se enfría y condensa la carga vaporizada, en cortes o fracciones de hidrocarburos específicas, obteniéndose los combustibles correspondientes. [Lluch Urpi, 1968] [Berger, 1998] [Cortázar, 2000]

La destilación puede ser atmosférica o al vacío la diferencia fundamental entre ambas unidades es la presión de trabajo. La destilación atmosférica opera con presiones típicas de 1,7 Kg/cm² (absoluta), mientras que en el vacío trabaja con presiones absolutas de 0,026

Kgf/cm². Esto permite destilar hidrocarburos de alto peso molecular que se descompondrían o craquearían térmicamente, si las condiciones operativas normales de la destilación atmosférica fuesen sobrepasadas. [Berger, 1998] [Lluch Urpi, 1968]

Algunos de los combustibles de las unidades de destilación atmosféricas se comercializan directamente ya que tienen la calidad de combustibles para despacho; son el mayor contribuyente del nudo de destilados medios, pero la ventaja económica más importante, es que se obtienen cortes de hidrocarburos que son carga de unidades de conversión, que las transforman en productos valiosos y de fácil comercialización.

2. Proceso de Reformación Catalítica

La reformación catalítica es una reacción a través de iones carbono. Las reacciones químicas que tienen lugar son deshidrogenación de nafténicos (aromatización), la isomerización de parafinas normales y la dehidrociclización.

Este proceso tiene por objetivo principal transformar naftas pesadas de las unidades de destilación en un producto de alto valor octánico. [Lluch Urpi, 1968]

Los cortes de nafta pesada que se obtienen por destilación directa de cualquier tipo de petróleo presentan un número de octano investigativo muy bajo (45 a 55), y serían inaplicables para la producción la gasolina que requieren los automóviles modernos (octanajes de 80 a 100). Es necesario entonces modificar la estructura química de los compuestos que integran las naftas, y para ello se utiliza el proceso de reformación en el que a condiciones de presión moderada y alta temperatura, se promueven reacciones catalíticas conducentes a la generación de compuestos de mayor octano como son los aromáticos y las isoparafinas. [Lluch Urpi, 1968] Simultáneamente en las reacciones se produce hidrógeno, que se utiliza en la misma refinería en los procesos de hidrotratamiento. Las reacciones son promovidas por catalizadores basados en γ -alúmina como soporte de metales activos (platino-renio o platino-estaño). [Lluch Urpi, 1968] [Berger, 1998].

La carga de la Unidad de Reformado proviene de las naftas pesadas de destilación atmosférica que son tratadas previamente en las Unidades de Hidrotratamiento. Ingresa a la sección de Reacción que consta de tres reactores en serie. En ellos se desarrollan los diferentes tipos de reacciones químicas. El producto de salida de los reactores pasa por un separador de alta presión donde se libera el hidrógeno producido por las reacciones.

Para ello se utilizan altas temperaturas (490-530 °C), presiones moderadas (10-15 Kgf/cm²) y catalizadores sólidos de platino y otros metales nobles soportados sobre alúmina. Este proceso se lleva a cabo en unidades diseñadas al efecto. [Lluch Urpi, 1968]

Las unidades de reformado catalítico constan generalmente de tres secciones fundamentales:

- a) Desulfuradora de nafta. Tiene como objetivo eliminar el azufre y nitrógeno de la nafta pesada. Es imprescindible dado que son venenos para el catalizador de platino.
- b) Reformado catalítico. La nafta desulfurada se mezcla con una corriente de hidrógeno de reciclaje y después de ser precalentada en un tren de intercambio, pasa al horno de carga donde vaporiza completamente. De allí entra en los reactores de reformado. Es un proceso muy endotérmico, por lo que se lleva a cabo en varios reactores en serie entre los que hay intercalados hornos de recalentamiento.
- c) Estabilización y fraccionamiento. El producto líquido se estabiliza en una columna dedicada al efecto, separándose en ella el gas y Gas Licuado del Petróleo (GLP) que salen por cabeza y el reformado, que sale por fondo. Este reformado tiene un contenido en benceno alto, en torno al 5%, por lo que es muy frecuente que se fraccione obteniéndose un reformado ligero, un concentrado bencénico y un reformado pesado. El benceno es un compuesto cancerígeno y que la legislación de la mayoría de los países limita en la gasolina comercial.

3. Proceso de hidrocracking

El proceso de hidrocracking tiene como objetivo la conversión de destilados de vacío, productos de conversión e incluso naftas de destilación directa y residuos, en productos destilados. Es un proceso de craqueo catalítico en presencia de hidrogeno. [Berger, 1998]

Con la alimentación compite con el craqueo catalítico en lecho fluido pero sus productos, al ser hidrogenados, presentan una mejor calidad, en especial los destilados medios. La Nafta ligera tiene un octano inferior a la producida en el craqueo catalítico en lecho fluido en cuanto a número de octano, del orden de 78 a 85 octano investigativo, pero no presentan olefinas ni azufre. La nafta pesada, de carácter marcadamente nafténico, es una buena alimentación al Reformado catalítico, y los destilados medios presentan un elevado número de cetano, entre 66 – 70. El residuo, altamente hidrogenado, puede utilizarse como alimentación al craqueo catalítico en lecho fluido y también en la obtención de bases lubricantes.

Las reacciones químicas que se producen en el hidrocracking son de dos tipos, hidrogenación e hidrocracking, ambas son exotérmicas por lo que una vez iniciada la reacción es necesario enfriar los productos de reacción para trabajar en las condiciones de temperatura adecuada, este enfriamiento se realiza con el propio gas hidrógeno de reciclo. [Lluch Urpi, 1968] [Berger, 1998]

Entre las reacciones de hidrogenación se encuentran las de desulfuración, denitrogenación, demetalización, desoxigenación y saturación de olefinas; entre la de cracking se encuentran las de hidrodealquilación, hidrodeciclización, hidrocracking. Todas ellas llevan posteriormente la hidrogenación de las olefinas formadas en el mismo. Por último se producen también reacciones de isomerización de parafinas. Como en todos los procesos de cracking se producen también reacciones de coquización pero su extensión es muy corta por la presencia de hidrógeno. El grado de extensión de cada una de estas reacciones depende de la actividad y selectividad de los catalizadores utilizados.

4. Proceso de coquización

La implementación de una unidad de destilación a vacío y el craqueo catalítico en lecho fluido genera un residuo de vacío de mucha peor calidad que el residuo atmosférico de un esquema a destilación atmosférica o a Hidroskimming. El proceso de coquización es un proceso de cracking térmico controlado que tiene como objetivo eliminar el residuo de vacío que junto con una elevada cantidad de coque produce destilados medios y ligeros y una pequeña proporción de gas licuado.

Las reacciones de coquización son de de alquilación y deshidrogenación y paralelamente, debido a la inestabilidad de las olefinas formadas, se producen reacciones secundarias de polimerización y ciclización de olefinas, deshidrogenación de naftenos a aromáticos y condensación molecular para dar lugar a coque. [Lluch Urpi, 1968]

El coque es un material sólido, compuesto básicamente por carbono (90 – 95%) e hidrógeno y con una alta concentración de azufre y metales, especialmente vanadio y níquel en función de la alimentación de la que proviene. Según el proceso utilizado se obtienen diferentes tipos o calidades de coque:

- Coque verde, el de peor calidad, utilizado como combustible en cementeras, industrias cerámicas y centrales térmicas, su contenido en azufre puede variar entre el 1 y el 5%

peso, se obtiene de la coquización de residuos de vacío con altos contenidos en azufre, metales y carbono.

- Coque regular, obtenido a partir de residuos de vacío de destilación directa, de mejor calidad (bajo azufre y metales y de tipo parafínico) se utiliza en la industria del aluminio, previa su calcinación para eliminar volátiles y humedad.
- Coque de aguja, se obtiene a partir de alimentaciones altamente aromáticas con bajo contenido en asfaltenos e impurezas, se utiliza en la fabricación de electrodos.

5. Proceso de alquilación

La alquilación es un proceso que tiene como objetivo obtener componentes de gasolina a partir de hidrocarburos en C3 y C4. Consiste en la adición de isobutano a compuestos olefínicos, butenos, especialmente n-buteno (subproducto del proceso de aditivos ecológicos para mejorar la calidad de la gasolina), propileno y también amilenos. [Lluch Urpi, 1968][Berger, 1998]

La reacción de alquilación es catalizada por un ácido fuerte, sulfúrico o bien fluorhídrico. Con sulfúrico la reacción opera entre 5 y 15°C a una presión suficiente para producir la vaporización de los productos de reacción y de esta forma eliminar el calor de reacción y poder mantener la temperatura de reacción. En el caso del Fluorhídrico, la refrigeración es por agua y por tanto puede trabajarse a temperaturas entre 25 y 40°C.

Es decir, el proceso de alquilación es una síntesis química por medio de la cual se une un alcano ramificado al doble enlace de un alqueno, extraído del craqueo o segunda destilación. Al resultado de la síntesis se le denomina alquilado o gasolina alquilada, producto constituido por componentes isoparafínicos. Su objetivo es producir una fracción cuyas características tanto técnicas (alto octano) como ambientales (bajas presión de vapor y reactividad fotoquímica) la hacen hoy en día, uno de los componentes más importantes de la gasolina reformulada.

Las refinerías que explotan unidades de alquilación están sometidas a una presión creciente para maximizar su producción, mejorar la calidad del producto y su rentabilidad, funcionando de forma segura y con un bajo impacto medioambiental. Una legislación cada vez más estricta sobre la calidad de las gasolinas y una creciente vigilancia pública y reglamentaria sobre el uso del ácido fluorhídrico se combinan para que el funcionamiento fiable y eficiente.

6. Proceso de isomerización

Los isómeros son moléculas que tienen el mismo tipo y cantidad de átomos, pero ordenados formando distintas estructuras. Las parafinas son hidrocarburos constituidos por cadenas de átomos de carbono con hidrógenos asociados, que tiene una gran variedad de estructuras que cumplen con una misma fórmula general (C_nH_{2n+2}). Cuando la cadena de átomos de carbono es lineal, el compuesto se denomina parafina normal, y si la cadena es ramificada, el compuesto es una isoparafina. [1] [8] [9]

En el grupo de parafinas que forman parte de las gasolinas, las isoparafinas tienen un octanaje superior a las parafinas normales porque tienen mayor antidetonancia y por ende una mejor calidad. Por lo tanto, se convierte la cadena lineal de hidrocarburos parafínicos en una cadena ramificada. Esto se realiza sin aumentar o disminuir ninguno de sus componentes, a través de reacciones de isomerización, que mejoran la calidad del producto. El objetivo de este proceso es mejorar el número de octano de la Nafta ligera de destilación directa, en concreto los hidrocarburos normal parafínicos en C5 y C6 mediante su transformación en sus isómeros ramificados. Es un proceso de reordenamiento molecular de parafinas lineales de pentano y hexano (octano investigativo 60) que da como resultado una nafta (isomerado) (octano investigativo 82) de mayor valor octánico. [Speight,2002]

La isomerización tiene por objeto transformar los hidrocarburos parafínicos de entre 5 y 6 átomos de carbono en sus correspondientes isómeros ramificados. La reacción está limitada termodinámicamente y en consecuencia la conversión es mayor a temperaturas bajas. La reacción se produce sobre un catalizador con dos funciones claramente diferenciadas: una ácida que facilita las reacciones de reestructuración molecular y una hidrogenante, normalmente un metal noble.

La Unidad de Isomerización está compuesta por dos secciones: una es la de Hidrotratamiento de naftas (HTN) que tiene como objetivo la separación del corte de pentanos y hexanos de la carga, y su posterior tratamiento con hidrógeno para eliminar los contaminantes (metales, olefinas y compuestos de azufre y nitrógeno) del catalizador y enviar el efluente como carga a la sección de la reacción de isomerización; esta tiene como objetivo la isomerización de las parafinas lineales de pentanos y hexanos, ya tratada en HTN, previamente pasada a través de unos secadores cuya función es la de adsorber el agua

disuelta, ya que ésta se comporta como un oxigenado frente al catalizador de la reacción de isomerización.

7. Desasfaltación

A medida que se obtienen los productos por los diferentes procesos, muchos de ellos requieren tratamiento adicional para removerles impurezas o para separar ciertos hidrocarburos.

La desasfaltación, en su objetivo, es una extensión de la destilación al vacío, permite la recuperación de hidrocarburos más pesados utilizando bajas temperaturas, por lo cual no hay degradación de estos hidrocarburos por el craqueo térmico. Para desasfaltar se tiene en cuenta la solubilidad de los hidrocarburos en un líquido solvente. Los hidrocarburos menos solubles son los de mayor masa molecular y los aromáticos, por lo cual se extraen los de menor masa molecular y fundamentalmente parafínicos. El propano se utiliza para extraer hidrocarburos relativamente pesados del asfalto para utilizarlos como lubricantes o como carga otros procesos. Este proceso se lleva a cabo en una torre de extracción líquido.

1.2 El proceso de refinación de petróleo en Cuba .Sus particularidades en la Refinería Camilo Cienfuegos.

En Cuba la Refinación del Petróleo se inicia en el año 1867, en plena etapa colonial en la Finca San Carlos en Regla, casa de salud del médico francés Eduardo Belot, en la ensenada de Marimelena con un pequeño alambique, su objetivo era únicamente la obtención de kerosén, producto que en esos tiempos era utilizado para el alumbrado de la población. El crudo procedía de Pennsylvania, Estados Unidos.

En 1881 con el mismo objetivo al incrementarse el mercado y la competencia, mediante capital mixto cubano norteamericano, es montada una pequeña Refinería en las proximidades del río Almendares en un lugar conocido como la Chorrera, la cual queda destruida parcialmente en el año 1885 a causa de un incendio. En 1895 es comprada por capital mixto cubano norteamericano la planta de kerosina que venía operando desde 1867 en Regla.

A principios del Siglo XX con la entrada del motor de combustión interna, se da inicio gradualmente a la producción de gasolina en Cuba, lo que provoca que la planta se transforme en refinería, la cual hacia 1920, ya era capaz de procesar 7000 barriles diarios de crudo, obteniendo gasolina, kerosina, gasoil, y algunos solventes, no obstante ello, el principal producto era la kerosina.

La construcción de la carretera central, en 1928, trajo consigo un desarrollo extraordinario en el transporte automotor, siendo necesario ya en esta época importar los productos que la refinería no podía producir. Para atender la demanda de asfalto que esa obra requería, se construyó una unidad de destilación al vacío, con una capacidad de 1 500 barriles diarios, importándose un crudo asfáltico de México denominado “Panuco”. También se construyó una planta de mezclar lubricantes y se expandieron las plantas de producir latas y bidones, que funcionaban en la refinería. En 1938 se instala una unidad de craqueo térmico.

La refinería de petróleo “Camilo Cienfuegos”, ubicada al norte de la bahía de Cienfuegos, es una de las grandes inversiones que se iniciaron con la colaboración de la desaparecida Unión Soviética. Su etapa de proyección, microlocalización y movimiento de tierra se inició en el período comprendido entre 1977 y 1983 y su construcción y montaje se realizó entre 1983 y 1990.

Durante 1987 comienza a funcionar una nueva unidad de refinación en la refinería de Santiago de Cuba, que aumentó la capacidad de procesamiento de la instalación.

La desintegración de la URSS como estado socialista en 1989 y el recrudecimiento del bloqueo norteamericano hicieron imposible mantener un suministro estable de crudos a las refinerías del país, siendo necesario cerrar algunas de las antiguas unidades construidas en la década de los 50, entre ellas las construidas por la SHELL. En los años 90 también se decidió pasar a estado de conservación la refinería “Camilo Cienfuegos”, para esperar mejores condiciones económicas. [Cupet, 2002]

Situación actual

El año 1990 marcó el inicio de la nueva política de inversión extranjera en el sector petrolero del país, con la firma de un contrato de exploración a riesgo con la compañía francesa TOTAL. Como premisa para este tipo de negocios, el país quedó dividido para la exploración en 22 bloques terrestres y 10 bloques marinos de aguas no muy profundas.

Durante 1998 se hizo una redefinición de los bloques y existen ahora 28 bloques terrestres, así como 13 bloques marinos de aguas no muy profundas, de los cuales se encuentran contratados 18 bloques (5 de aguas no muy profundas y 13 terrestres) por diferentes compañías extranjeras.

En 1999 se abrió para la exploración petrolera la zona económica exclusiva de Cuba en el Sudeste del Golfo de México, la cual quedó dividida en 59 bloques de aguas profundas con un área aproximada de 2 000 m² cada uno, y profundidades entre cientos de metros y más de 4 000 m, debiéndose señalar que el 85% de los mismos tiene profundidades menores que 3000 m.

La extracción del país tiene un coeficiente de explotación medio del 94 %, el 58 % de la producción corresponde a CUBAPETRÓLEO y el 42 % restante es producido con las compañías extranjeras (febrero 2000). El 85 % del crudo extraído es pesado y viscoso con un alto contenido de azufre que se destina a la generación de más del 90 % de la electricidad que se consume en el país. De igual forma todo el combustible que necesita la industria del cemento se abastece del crudo nacional, que también se dedica en parte a la producción de asfalto.

La puesta en explotación de los nuevos yacimientos, ha traído un movimiento de nuevas inversiones, que son un claro reflejo del desarrollo actual de la industria petrolera cubana. Entre las nuevas inversiones se encuentran la construcción de instalaciones de tratamiento y superficie (como el sistema de tratamiento de aguas residuales y el sistema de recuperación de gases), el Oleoducto Varadero – Matanzas (que permite eliminar la transportación de crudo por barco y la posibilidad de un derrame que pudiera afectar a la playa de Varadero), el Gasoducto Melones – Mario Fortuny y el Turboducto Ñ. López – Aeropuerto José Martí. Se encuentran en proyecto otras instalaciones de tratamiento y superficie, así como otros oleoductos y gasoductos, que conectarán los yacimientos con los principales puntos del polo petrolero ubicado en el norte de las provincias La Habana y Matanzas.

El actual crecimiento de la producción de crudo nacional es fruto del trabajo realizado por los especialistas de las diferentes ramas de la exploración – producción del país así como de la participación de compañías extranjeras, donde este trabajo mancomunado ha dado como resultado el descubrimiento de los yacimientos Cupey (1994), Majaguillar, Puerto Escondido, Seboruco (1999).

En la actualidad todas las refinerías cubanas operan con crudo importado, excepto la refinería Sergio Soto cuya materia prima es el crudo nacional procedente de la zona central del país. Los productos que se obtienen en la actualidad en las refinerías cubanas son los siguientes: Gas licuado regular Naftas y solventes Gasolina motor, regular y especial Querosenos Combustible Diesel Petróleos combustibles (fuel oíl) Combustible diesel marino Cementos asfálticos Asfaltos diluidos Bases de Aceites Otros Estos productos pudieran variar en función a las necesidades del país.

La Refinería de Petróleo Camilo Cienfuegos, es una de las grandes inversiones que se realizaron en la década del 80 en colaboración con la desaparecida URSS. Comenzó a funcionar en 1991 de forma intermitente, hasta que en 1995 el Gobierno cubano adoptó la decisión de no operarla más e iniciar un proceso de conservación. [George, 2006]

Los parámetros medioambientales que se tuvieron en cuenta en su micro localización y construcción difieren de las experiencias anteriores, ajustándose a las normas internacionales y los conceptos más modernos de sostenibilidad y manejo responsable.

En el primer semestre del 2005 se iniciaron inspecciones técnicas a las instalaciones por parte de especialistas de las Empresas CUBAPETRÓLEO de Cuba, y la venezolana PDVSA, con el objetivo de determinar el costo capital de la reactivación de la planta en una primera etapa.

El 10 de abril de ese propio año se constituyó oficialmente la empresa mixta, con un 51 por ciento de capital para la parte cubana y un 49 para la entidad de Venezuela. [George, 2007]

En el mes de enero del 2008 se iniciaron los procesos de refinación de crudo gracias a la conclusión de la reactivación del complejo mínimo de arranque, que contempla los siguientes procesos:

- Destilación atmosférica.
- Reformación catalítica.
- Tratamiento de turbo combustible
- Fraccionamiento de gases.
- MCP (Movimiento de crudo y productos)
- Tecnologías y plantas auxiliares para el soporte del proceso.

La capacidad instalada de procesamiento de crudo es de 65 000 BD, pero se ha logrado inyectar de hasta 70 000 BD, con resultados satisfactorios. La producción estimada de

producto es de 15 mil barriles diarios de gasolina regular, 14.225 barriles diarios de diesel, 7 mil 322 de combustible Jet, 32 mil 525 de fuel oíl y 958 de gas licuado de petróleo. Esta proyección permitiría satisfacer la demanda local de combustibles y destinar a exportación más de 9 mil barriles diarios de gasolina vehicular y 582 de combustible de aviación en el mercado del Caribe. La capacidad total de almacenamiento de productos es de 680 000 m³, de ellos el crudo es de 350 000 m³ para un 52% del total, productos terminados 296 000 para un 43% y de productos intermedios 34 000 m³ un 5%. Cuenta además con una estación de bombeo para el oleoducto refinería termoeléctrica 11.3 Km de longitud con 8 pulgadas de diámetros se encuentra enlazada con la base de supe tanquero de matanzas por un oleoducto de 187 Km de longitud y 20 pulgadas de diámetro.

La capacidad de almacenamiento de GLP gas licuado es de 7800 m³, compuesta por 10 balas de 200 m³ cada una, 5 de 200 m³ de propano, 4 esferas de GLP de 600 m³ y 4 de butano de 6000 m³.

El muelle de 13 metros de calado construido para la refinería, puede recibir buques tanques de hasta 226 m de eslora y 52 000 toneladas de peso.

Procesos involucrados en el desarrollo de la Refinería de Cienfuegos.

El proceso inversionista que se ejecuta en la Refinería de Cienfuegos, deberá satisfacer las necesidades de olefinas y productos aromáticos para la industria petroquímica que en el territorio y en otras provincias se pretende desarrollar.

Los procesos, productos de entrada y de salidas incluyendo los procesos actuales y la ampliación que deberá concluir en el año 2013 se indican en la Tabla 1.1.

Completan el llamado Polo Petroquímico las antiguas fábricas de Fertilizantes Nitrogenados y la Empresa Plastimec. Ambas industrias comenzaron sus operaciones a finales de 1978 con un perfil de productos dirigidos al sector agropecuario.

La fábrica de fertilizantes producía urea, nitrato de amonio, fertilizantes nitrogenados y se auto abasteció de los embases necesarios mediante una planta de soplado con una capacidad de procesamiento de más de 80 TM de polietileno de baja densidad. Disponía además de una infraestructura para el soporte y mantenimiento del proceso. Con el tiempo, se incorporaron nuevas tecnologías hasta que a mediados de los años 90 cerró la planta de procesamiento de productos químicos. Actualmente se proyecta obtener allí una cartera de

productos similar a su producción inicial, resinas para pintura, fabricación de palets plásticos.

PROCESOS	ENTRADA		SALIDA	
	Inyector	Cantidad (MBD)	Producto	Cantidad (MBD)
Destilación Atmosférica	Crudo	150	Nafta liviana	2
			Nafta pesada	12
			Jet	13
			Diesel	30
			Residuo	91
Destilación al Vacío	Residuo (atmosf.)	91	VGO	41
			Residuo	91
Hidrocraqueo	VGO (vacío)	55	Nafta liviana (HCK)	7
			Nafta pesada (HCK)	6
			Diesel (HCK)	49.7
HDT Diesel	Diesel (9MBD coquif.) (22MBD atm.)	31	Diesel	31
HDT Nafta	Nafta pesada (atm. 12)	24	Nafta HDT	24
	Nafta DCK (coquif. 9)			
	Nafta HCK (craq. 3)			
Reformación catalítica	Nafta HDT	24	Reformado	22
Complejo BTX	Reformado (ref. catal. 22)	26	MTBE	1.6
	Pygas (craq. Nafta 4)		Nafta HCK	4.3
			AC9 aromáticos	3.5
Craqueo de Nafta	Nafta liviana (atm.5)	29	Pygas	4
	Nafta liviana (hid. Craq. 6)		Etileno (olefinas)	590 TMA
	Refinado (BTX 12)		Propileno (olefinas)	
	NC2/NC3/NC4/IC4/		Butileno	

	LPG 6		(olefinas)	
Planta Hidrógeno	Metano (6)	7	Hidrógeno	108 MMSC FD
	Propano (1)			
Planta Azufre	H ₂ S	1	Azufre	242 TPD
Coquificaci ón Retardada	Residuo (vacío)	51	Nafta DCK	9
			VGO DCK	14
			Diesel DCK	9
			Olefinas	48
			Coque	3

Tabla 1.2. Ficha Técnica de la Refinería de Cienfuegos, incluyendo la etapa de ampliación.
Fuente: Gamma, (2006)

La Empresa Plastimec disponía de la tecnología para la extrusión de tuberías plásticas, inyección de una amplia gama de productos a partir de termoplásticos, vulcanización de productos de la goma, galvanotecnia, fundición no ferrosa y una potente maquinaria para la elaboración de piezas metálicas de alta precisión. Contaba también con una formidable infraestructura de soporte. Esta industria al igual que la anterior, sufrió un serio proceso de descapitalización y en estos momentos se ejecuta un proceso inversionista para la producción de las denominadas Petro-casa, que no es más que la extrusión de perfiles de PVC y su posterior corte y conformación.

1.3 Seguridad operacional y su vinculación al manejo adecuado de los riesgos.

El diccionario define el peligro como “aquello que puede ocasionar un daño o mal”, Mientras que el riesgo queda definido como la “probabilidad de un daño futuro”.

Hasta los años 70 estábamos acostumbrados a hacer o no algo porque era peligroso o no, pero esto ha cambiado. La sociedad ha ido cambiando su vocabulario pasando a denominar riesgo lo que antes era peligro.

Así mismo, la sociedad clásica que tenía que elegir entre hacer o no algo peligroso, era una sociedad más binaria, blanco o negro, lo que limitaba mucho su capacidad de elección, mientras en la sociedad actual del riesgo, que conjuga probabilidad y consecuencia, podemos elegir entre una gran gama de grises. Siempre tendremos algún gris para elegir, y por lo tanto hacer. [Duque; 2001]

Sin embargo, en su uso cotidiano ambos conceptos se suelen confundir, y sobre esa confusión se han construido muchos elementos de las políticas de seguridad incorrectas.

El objeto de todo proceso industrial será la obtención de un producto final, de unas características determinadas de forma que cumpla con las especificaciones y niveles de calidad exigidos por el mercado, cada día más restrictivos y esto debe materializarse con niveles de eficiencia y eficacia y fundamentalmente con un alto grado de seguridad para las personas y el entorno general.

El adecuado análisis del riesgo operacional es claves para lograr lo antes expuesto esto permitirá un manejo adecuado de las variables operacionales en cada momento y posibilitará corregir oportunamente en la mayoría de las ocasiones las desviaciones del proceso.

La seguridad operacional y la fiabilidad son características primordiales para la valoración de los procesos tecnológicos de alta nivel de complejidad, esta reflexión se maximiza en los relacionados con la industria petrolera.

Abordado el concepto, la seguridad operacional se relaciona con el término de mínimos incidentes y ningún accidente. Sin embargo, constituye un principio que ninguna actividad humana ni sistema creado por el hombre pueden garantizarse como absolutamente seguros. La generalidad de las referencias consideran a la seguridad como una noción relativa, que implica un nivel de riesgo inherente que es tanto percibido como aceptado. En correspondencia se entiende por seguridad la "ausencia de riesgo inaceptable". [FAA, 2006], [UK, C., 2006]

Otras como OACI (2005b) incluyen además el término de daños al definir seguridad. No obstante, ninguna de las referencias consultadas establece una diferenciación clara de este campo de la seguridad en relación a otros como la seguridad ocupacional.

En tal sentido se valora adecuado estudiar lo reflejado en la literatura especializada acerca de los términos de Peligro y Riesgo y las técnicas para la identificación y/o evaluación de los riesgos en una instalación.

(Duque, 2001), plantea que el concepto de seguridad en el trabajo se ha redefinido, entendiéndolo como un nivel "aceptable" de riesgo, para lo cual es necesario realizar un "manejo adecuado" de los mismos.

El manejo de los riesgos es de vital importancia, enmarcándose en la teoría moderna de

"Gestión de Riesgos Laborales", lo que ha constituido una herramienta para el desarrollo estratégico de las empresas, y como tal, todos los programas de seguridad deben estar diseñados cuidadosamente sobre un modelo de gestión coherente y racional que evite al máximo que la toma de decisiones esté controlada por la emotividad del momento o del actor.

En la actualidad el tema del análisis de riesgo ha adquirido particular importancia, al mostrar la opinión pública mayor preocupación por los accidentes laborales de cierta magnitud, que han ocasionado graves consecuencias de orden social y económico. Las nuevas tecnologías en la generación de energía, los medios de transporte, las industrias de proceso como la química, petroquímica y otras, además de beneficios traen aparejados riesgos que se traducen ocasionalmente en pérdida de vidas humanas, daños a la salud y pérdidas económicas de consideración. No obstante ninguna actividad humana está exenta de riesgos, por lo que estos pueden ser aceptados en dependencia de los beneficios que la actividad reporta, de la importancia comparativa respecto a otros riesgos de la vida diaria, así como de la percepción de riesgo que se tenga al respecto [Salomón ,2001],

El "riesgo" no se ve o percibe, lo que se ve, percibe o deduce es la situación peligrosa, que es la circunstancia por la cual las personas, los bienes o el ambiente están expuestos a uno o más peligros.

Asimismo, el peligro o factor de riesgo laboral se define como la fuente potencial de un daño en términos de lesión o enfermedad a personas, daño a la propiedad, al entorno del lugar de trabajo o una combinación de estos, de manera que en una situación peligrosa pueden presentarse uno o más peligro[Torrens;2003].

La Resolución 31/2002 y la NC 18000: 2005 coinciden en definir que el riesgo es la combinación de la probabilidad de que ocurra un daño y la gravedad de las consecuencias de este. Por su parte, el daño derivado del trabajo, es la lesión física, muerte o afectación a la salud de las personas, deterioro de los bienes o el ambiente producidos por la actividad laboral.

Por otra parte en la Resolución 39/2007 define el riesgo como la combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso con la gravedad de las consecuencias que pueda causar el evento.

Como se puede observar existe una coincidencia entre los criterios que se emiten en ambas resoluciones. En el Anexo 1 se muestra un resumen de los conceptos que aparecen en la literatura.

Según [Torrens; 2003], los riesgos, en general, se pueden clasificar en cinco grandes grupos: físicos, químicos, biológicos, psicofisiológicos y psicosociales. Los riesgos físicos se pueden clasificar a su vez en: mecánicos, eléctricos y un grupo de ellos muy relacionados con el ambiente de trabajo los que se han denominado especialmente como riesgos físicos relativos al ambiente de trabajo, entre los que se incluyen, los efectos o daños provocados por el ruido, vibraciones, calor, humedad, entre otros. Otra clasificación se muestra en el Anexo 2, ofrecida por [Cortés, 2002].

Para establecer una clasificación de los factores de riesgo no existe una sola forma o enfoque, sino que autores e instituciones diferentes ofrecen criterios y orientaciones distintas. La clasificación que se expone en el Anexo No. 3, divide los factores de riesgo en tres grupos para facilitar su estudio, tomando en cuenta su origen.

No siempre se pueden eliminar todos los agentes que plantean riesgos para la salud en el trabajo, porque algunos son inherentes a procesos de trabajo, indispensables o deseables; sin embargo, los riesgos pueden y deben gestionarse.

La gestión de riesgos según [Duque, 2001].es el proceso mediante el cual se identifican, analizan, evalúan, controlan y financian los riesgos a que están expuestos los bienes, recursos humanos e intereses de la entidad, la comunidad y el medio ambiente que la rodea, optimizando los recursos disponibles para ello.

Análisis de riesgos

La identificación, evaluación y control de los riesgos es un proceso que descubre las situaciones peligrosas, los peligros y los riesgos vinculados con ellos y los pondera. Puede ser cuantitativa o cualitativa, en correspondencia con las características de tales situaciones, es decir, a partir de los resultados de mediciones, por cálculos o por vía de la estimación.

Luego de la evaluación puede resultar que no hay riesgo, no existe peligro para la salud o la vida del trabajador. Pero si se detecta que puede peligrar la salud o integridad física del hombre o la ocurrencia de posibles daños a las instalaciones o a los procesos, hay que proyectar las medidas preventivas,

Existen más de una docena de técnicas para la identificación y/o evaluación de las situaciones peligrosas en una instalación. La efectiva aplicación de una u otra técnica, está en dependencia de la etapa de vida en que esta se encuentra, así como del tipo y grado de complejidad de los procesos que en ella se ejecutan; en el Anexo No 4 se relaciona las más utilizadas.

Una de las técnicas que se utilizan en este tipo de análisis es la HAZOP, como se explica en el Anexo 4, que se aplicó en la organización objeto de estudio y constituye un referente directo de la presente investigación, por tal motivo se dedica un espacio a su explicación detallada.

El HAZOP (del inglés Hazard and Operability Analysis) es una técnica cualitativa sistemática de estimulación creativa del pensamiento para la identificación de peligros potenciales y operabilidad de procesos.

El estudio HAZOP es un método basado en equipo bien estructurado y probado para la identificación de peligros en la terminación del diseño del proceso o para modificaciones planeadas. La técnica realiza un examen detallado del proceso y de la ingeniería de instalaciones nuevas o existentes para evaluar peligros potenciales de la operación fuera del diseño, o el malfuncionamiento de los equipos y la consecuencia de sus efectos en una instalación como un todo.

Es conducido por un facilitador experimentado. Para un proyecto de petróleo y gas, un equipo incluirá típicamente personal de Proceso, Instrumentación, Máquinas, Ingeniería de Proyecto y Operaciones, y puede requerir la participación de tecnólogos de proceso, especialistas ambientales y personal corporativo de Salud y Seguridad y Medio Ambiente.

En correspondencia, está basado en el principio de que un grupo de expertos con experiencias diferentes pueden interactuar en un objetivo de modo sistemático e identificar más problemas cuando trabajan juntos y combinan sus resultados que cuando trabajan de manera independiente.

Para la aplicación de la HAZOP, la instalación se subdivide en una serie de nodos siguiendo el proceso que en ésta ocurre. Para cada nodo se examinan las desviaciones que pueden sufrir sus parámetros derivados de un conjunto de palabras guías preestablecidas.

Se examinan para cada nodo las desviaciones potencialmente peligrosas respecto a la intención de diseño del proceso, sus posibles causas, consecuencias, las defensas (Medidas de Seguridad) existentes y las observaciones y/o recomendaciones adicionales a tomar.

La identificación minuciosa de peligros es la piedra angular de la gestión efectiva de riesgos, si un peligro no ha sido identificado entonces no se pueden implementar las medidas para mitigar el riesgo. Un peligro que ha sido pasado por alto puede tener un impacto significativo en el éxito total de la operación, cubriendo seguridad, medio ambiente, operaciones y mantenimiento.

1.4 Conclusiones del Capítulo

1. La industria del petróleo desde el punto de vista físico y químico es la más compleja dentro de las industrias químicas con un extraordinario impacto en la vida económica, social, política y medioambiental a nivel global por lo que exige considerables esfuerzos financieros para garantizar su desarrollo permanente y sostenible.
2. El desarrollo de las nuevas tecnologías han permitido automatizar los procesos para el control y la conducción de los procesos de refinación con un consiguiente incremento de su calidad, productividad y seguridad.
3. La seguridad operacional y la fiabilidad constituyen variables claves dentro del proceso de refinación del petróleo, de ahí que el análisis y gestión de los riesgos se haya convertido en una herramienta para el desarrollo estratégico de estas empresas con vistas a reducir al máximo el impacto negativo que en el orden económico, social y medioambiental puede ocasiona

CAPITULO II: PROPUESTA DEL PROCEDIMIENTO

2.1 Caracterización de la entidad objeto de estudio

La Refinería de Petróleo “Camilo Cienfuegos” se encuentra ubicada en la finca Carolina, al norte de la bahía de Cienfuegos entre los ríos Salado y Damují, ocupando sus instalaciones 320 ha.

No es hasta el 10 de Abril del 2006 que en el marco de la Alternativa Bolivariana para las Américas (ALBA) se crea la empresa mixta PDV CUPET, S.A. entre las compañías petroleras: PDVSA de Venezuela y CUPET de Cuba con el objetivo de reactivar la refinería de petróleo de Cienfuegos y en este sentido comercializar los productos resultantes de la refinación tanto en Cuba como en el extranjero. Actualmente la Refinería de Cienfuegos pertenece a la corporación CUVENPETROL, dentro de la cual son una Unidad de Negocio.

Misión:

Garantizar la refinación de hidrocarburos manteniendo la continuidad de la recepción, almacenamiento y comercialización de los productos con calidad, alta seguridad y responsabilidad ambiental, con PDVSA.

Los procesos de la organización, según el esquema que propone la ISO, se identifican en investigaciones anteriores y se desglosan de la siguiente forma:

Tabla No. 2.1 Desglose de procesos según su clasificación. Fuente: Fernández, P.(2006)

Clasificación	Desglose
Gestión por la Dirección (M1)	Planificación estratégica. Organización Comunicación. Provisión de recursos. Revisión por la dirección.
Gestión de los Recursos Humanos (M2)	Reclutamiento y selección* Formación y desarrollo. Evaluación del desempeño. Evaluación del clima laboral. Atención al hombre. *Contratado externamente

Compras (M3)	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación y selección de proveedores. Información y requisitos. Evaluación de ofertas. Verificación de productos o servicios recibidos.
Otros procesos de apoyo (M4)	<ul style="list-style-type: none"> Gestión de la infraestructura. Ambiente de trabajo y protección contra incidentes. Gestión de la documentación. Gestión de los recursos financieros y de los ahorros.
Realización del Producto (M5)	<ul style="list-style-type: none"> Planeación y control de las operaciones (M5.1). Recepción y almacenamiento del crudo (M5.2). Refinación (M5.3). Almacenamiento y entrega de productos (M5.4).
Medición. Análisis y Mejora (M6)	<ul style="list-style-type: none"> Medición de la satisfacción del cliente. Auditorías internas y externas. Seguimiento y medición de productos y procesos. Gestión de no conformidades e incidentes (incluye acciones correctivas y preventivas). Análisis de datos y mejora continúa.

La secuencia de los procesos ha sido identificada por la organización como parte del desarrollo del enfoque de gestión basado en procesos. Esta determinación se realiza a partir de la identificación del flujo de los procesos e interacción entre ellos. El mapa de procesos que se ha identificado en la Unidad de Negocio “Refinería Camilo Cienfuegos” es elaborado por el grupo de coordinadores de la calidad dirigido por el especialista de la calidad en la empresa.

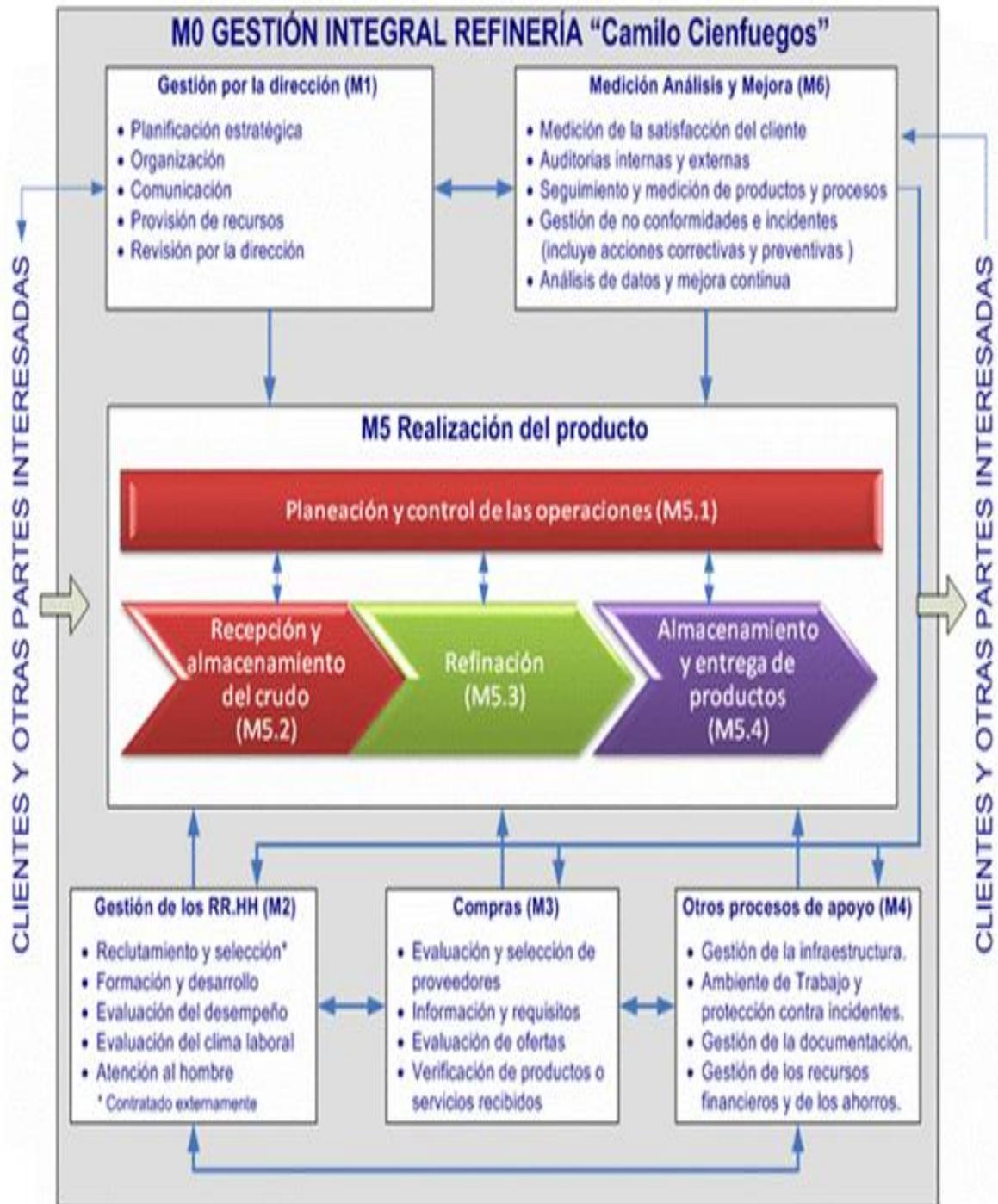


Tabla. No. 2.2 Mapa de Procesos General de la Refinería Camilo Cienfuegos. Fuente: Grupo de Coordinadores de la Calidad de la Refinería Camilo Cienfuegos.

2.2. Propuesta de procedimiento para el diagnóstico y mejora del proceso

El procedimiento para el diagnóstico es una adaptación del procedimiento para la gestión por procesos basado en el ciclo gerencial básico de Deming, elaborado por Villa & Pons Murguía (2006), el mismo es adaptado tomando criterio de diferentes autores tales como: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (2006), Instituto de Estudios e Investigaciones del Trabajo (IEIT), (2006) y NC 18001: 2005. Es éste un procedimiento de mejora riguroso, que facilita además la adopción de un lenguaje común y universal para la solución de problemas, que es fácilmente comprensible para todos en la organización.

Las modificaciones fundamentales se centran en: la evaluación del proceso donde se incorporan herramientas propias del proceso objeto de estudio y en la elaboración de las acciones de mejoras.

El procedimiento se organiza en tres etapas básicas: caracterización, evaluación del proceso y mejora del proceso, cada una de ellas con su correspondiente sistema de objetivos y herramientas para su diseño y ejecución (Tabla 2.3).

A continuación se expone la descripción de cada una de las etapas del procedimiento propuesto dada por sus autores, con las modificaciones realizadas para ser aplicado en la presente investigación.

Etapas I: Caracterizar el Proceso

En esta primera etapa se pretende hacer una presentación del proceso, detallando el mismo en término de su contexto, alcance y requisitos.

Las siguientes etapas componen esta secuencia inicial:

Paso 1: Descripción del contexto.

Este paso (Descripción del contexto), pretende dar respuesta a la pregunta, ¿Cuál es la naturaleza del proceso?

Para llegar a conocer el proceso en su totalidad es preciso especificar:

- La esencia de la actividad.
- El resultado esperado del proceso.
- Los límites del proceso: ¿Dónde comienza? (entradas) y ¿Dónde termina? (salidas).

- Las interfaces con otras actividades (¿cómo el proceso interactúa con otros procesos?).

ETAPAS	ACTIVIDADES	PREGUNTA CLAVE	HERRAMIENTAS
Caracterizar el procesos	Descripción del contexto	¿Cuál es la naturaleza del proceso?	Documentación descriptiva del proceso, Datos históricos, reuniones participativas, Trabajo de grupo
	Definición del alcance	¿Para qué sirve?	Discusión de grupos (involucrados en el proceso), Documentación del proceso
Evaluar el proceso	Análisis de la situación	¿Cómo está funcionando actualmente el proceso?	Diagramas de flujo, trabajo de grupo, Documentación de proceso, Mapeos de procesos (SIPOC).
	Identificación de problemas	¿Cuáles son los principales problemas del proceso?	Matriz de severidad, probabilidad de ocurrencia, matriz esfuerzo-riesgo, trabajo de grupos
Mejorar el proceso	Identificación de las soluciones	Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso	Brainstorming, trabajo de grupos, documentos del proceso
	Propuesta de acciones de mejoras	¿Cómo se hace efectiva la mejora del proceso?	Trabajo de grupo y criterio de expertos

Tabla 2.3 Procedimiento para la mejora de la seguridad operacional en el proceso de destilación atmosférica. Fuente: Adaptado de Villa & Pons Murguía (2006)

- Los actores involucrados en la actividad (ejecutores, clientes, proveedores).

Paso 2: Definición del alcance.

La definición del alcance, trata de responder la pregunta, ¿Para qué sirve el proceso?, esclareciendo su misión y la visión a lograr. La idea consiste en destacar la intención y la importancia de la actividad, permitiéndose inclusive cuestionarla en cuanto a su necesidad.

Etapa II: Evaluar el proceso

En esta segunda etapa se requiere evaluar el proceso haciendo un estudio minucioso de la actividad en cuanto a su situación actual, los problemas existentes y las alternativas de solución.

Esta segunda etapa está compuesta por la siguiente secuencia de pasos:

Paso 3: Análisis de la situación.

En cuanto al análisis de la situación, se necesita responder la pregunta, ¿Cómo está funcionando actualmente la actividad?

Para realizar un examen profundo del trabajo es necesario:

- Conversar con los clientes (fundamentalmente los trabajadores).
- Recopilar datos y obtener información relevante sobre el comportamiento del proceso.
- Obtener una visión global de la actividad.

El Mapeo del proceso permite visualizar cada una de las operaciones (subprocesos) involucradas, de manera aislada o interrelacionadas. Este flujo detallado deja claro la trayectoria de la actividad desde su inicio hasta su conclusión.

Paso 4: Identificación de problemas.

En cuanto a la identificación de problemas, la pregunta a responder es; ¿Cuáles son los principales problemas que afronta la seguridad operacional

Para ello se considera importante definir los puntos fuertes y débiles de la actividad, especificando:

- ¿El qué está bien? (éxito)
- ¿El qué está mal? (fracaso)
- ¿El por qué de cada una de estas situaciones?

Por tanto se definen los aspectos a que irá dirigido el diagnóstico, fundamentalmente: funcionamiento de la instalación en sentido general, control de las sustancias presente en el proceso, documento que lo regula, entre otras, todo enfocado a la seguridad operacional.

Se determinan los instrumentos de recogida de información y las formas de procesamiento y presentación de los resultados.

En esta etapa se revisan la forma en que está documentado el proceso en relación a la seguridad operacional identificando las posibles brechas y se aplican las herramientas para diagnosticar el proceso tecnológico y localizar las posibles alternativas de mejoras

Etapa III: Mejorar el proceso.

Paso 5: Identificación de las soluciones.

Debe trabajarse en las respuestas a las preguntas: ¿Dónde y cómo puede ser mejorado el proceso?, lo que engloba:

- El examen de posibles alternativas, para lo que se listan algunas ideas que podrían resolver el problema.
- La discusión con los proveedores y los clientes con la presentación de las diferentes propuestas.
- Obtención de la concordancia entre todos los comprometidos, sobre el mejor curso de acción posible.

El producto final esperado de esta etapa de evaluación del proceso es un documento que permita visualizar, de manera adecuada, tanto el funcionamiento del proceso como sus puntos críticos que tributen directamente a la seguridad operacional y las posibles soluciones para mejorarlo

En esta etapa se pretende planear, implantar y monitorear acciones de mejoras

Paso 6: Propuesta de acciones mejoras

La elaboración del proyecto, busca responder la pregunta; ¿Cómo organizar el trabajo de mejora?, para lo que se necesita:

- Atendiendo a las características del proceso determinar los puntos en lo que el actor puede diseñar acciones de mejoras
- Elaborar un plan para implantar la propuesta de mejoramiento.
- Obtener la conformidad de las personas / sectores involucrados.

Para el desarrollo del diagnóstico fueron utilizadas las herramientas que a continuación se detallan.

2.2.2. Herramientas básicas para la investigación

Las organizaciones son tan eficaces y eficientes como lo son sus procesos. La mayoría han tomado conciencia de esto y por las normas ISO y EFQM se plantean cómo mejorar los

procesos y evitar algunos males habituales como: bajo rendimiento de los procesos, poco enfoque al cliente, barreras departamentales, subprocessos inútiles debido a la falta de visión global del proceso, excesivas inspecciones entre otras.

En tal sentido es importante sentar las bases para la simplificación y optimización de aquellos procesos que mediante la mejora de su operación, contribuyan a lograr una mayor contribución a los objetivos de la organización.

Un proceso puede ser definido como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí que, a partir de una o varias entradas de materiales o información, dan lugar a una o varias salidas también de materiales o información con valor añadido []. En otras palabras, es la manera en la que se hacen las cosas en la organización. Introducir el mejoramiento

El mejoramiento de un proceso se realiza con el propósito de incidir de manera significativa en la reorientación y/o mejora del mismo, hacia un mejor y más eficiente esquema de trabajo con resultados trascendentes que permitan iniciar un cambio en la forma de administrar los recursos.

Al analizar un proceso tecnológico se atienden las áreas de oportunidad vitales y las acciones de mejora que se generan a partir de éste análisis, están encaminadas a modificar los métodos y procedimientos de trabajo actuales, con lo que se obtiene el mayor beneficio al menor costo para la organización, ya que con los recursos existentes se puede lograr resultados con impactos significativos en la mejora del medio ambiente y en la seguridad de los trabajadores.

El presente trabajo se enmarca en la seguridad operacional del Proceso de Destilación Atmosférica que como se puntualizo en el capítulo anterior desempeña un papel fundamental en el logro de los objetivos del esquema tecnológico de la organización; en tal sentido es importante encontrar reservas que permitan su mejoramiento continuo. Para ello se toma como punto de partida un diagnóstico general del proceso enfocado a la seguridad operacional que incluye un conjunto de herramientas que facilitan detectar aquellas insuficiencias e irregularidades que existe en el proceso que limita su buen desempeño.

Para la realización del mismo se dedico un periodo de tiempo a su preparación **in situ** para enfrentar la tarea, lo cual consistió en conocer detalladamente el proceso, los parámetros de diseño, estándares y su funcionamiento real.

Herramientas utilizadas.

- Diagrama SIPOC.

Una de las herramientas fundamentales que posibilitan el comienzo de una gestión de/o por procesos es el diagrama **SIPOC**.

Esta herramienta usada en la metodología seis sigma, es utilizada por un equipo para identificar todos los elementos relevantes de un proceso organizacional antes de que el trabajo comience. Ayuda a definir un proyecto complejo que pueda no estar bien enfocado. El nombre de la herramienta incita a un equipo considerar a los suministradores (la “S” en el SIPOC) del proceso, de las entradas (la “I” en el SIPOC), del proceso (la “P” en el SIPOC) que su equipo está mejorando, de las salidas (“la O” del SIPOC), y de los clientes (“la C” en el SIPOC) que reciben las salidas del proceso. Los requerimientos de los clientes se sugieren añadir al final del SIPOC con la letra “R” para un mejor conocimiento del proceso.

La herramienta **SIPOC** es particularmente útil cuando, por ejemplo, no se tiene claridad suficiente acerca de aspectos tales como:

- ¿Quién provee entradas al proceso?
- ¿Qué especificaciones se plantean a las entradas?
- ¿Qué actividades conforman el proceso?
- ¿Cómo se interrelacionan estas actividades?
- ¿Quiénes son los clientes verdaderos del proceso?
- ¿Cuáles son los requerimientos de los clientes?

La tormenta de ideas es una técnica de grupo para la generación de ideas nuevas y útiles, que permite, mediante reglas sencillas, aumentar las probabilidades de innovación y originalidad. Esta herramienta es utilizada en las fases de identificación y definición de proyectos, en el diagnóstico de las causas y su solución. La tormenta de ideas (Brainstorming) es, ante todo, un medio probado de generar muchas ideas sobre un tema. Es un medio de aumentar la creatividad de los participantes. Normalmente, las listas de ideas resultantes contienen mayor cantidad de ideas nuevas e innovadoras que las listas obtenidas por otros medios. Los errores más comunes son: Utilizar este tipo de generación de ideas como un sustituto de los datos y la mala gestión de las sesiones, ya sea a causa del dominio del tema de una sola o unas pocas personas para la presentación de ideas, o por la

incapacidad del grupo para juzgar y analizar hasta que la lista de ideas se termine. Los autores citados con anterioridad describen de igual modo esta herramienta.

- **Diagrama de flujo.**

Un diagrama de flujo es una forma más tradicional de especificar los detalles algorítmicos de un proceso y constituye la representación gráfica de un proceso multifactorial. Se utiliza principalmente en programación, economía y procesos industriales, pasando también a partir de estas disciplinas a formar parte fundamental de otras, estos diagramas utilizan una serie de símbolos con significados especiales. Son la representación gráfica de los pasos de un proceso, que se realiza para entenderlo mejor. Son modelos tecnológicos utilizados para comprender los rudimentos de la programación lineal.

El diagrama de flujo es la representación gráfica de flujo o secuencia de un proceso. Rutinas simples, son la forma de especificar los detalles algorítmicos de un proceso mediante la esquematización gráfica para entenderlo mejor. Se basan en la utilización de diversos símbolos para representar operaciones específicas. Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de la operación. Un diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas, y los responsables de su ejecución, en pocas palabras es la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo.

- **Metodología de jerarquización, determinación de malos actores y oportunidades de mejoras.**

Esta herramienta es un método cualitativo, que busca identificar y jerarquizar oportunidades de mejoras considerando el riesgo, para establecer prioridades en las acciones de un plan de recuperación de los sistemas y equipos adscritos a las instalaciones, que permita incrementar la Confiabilidad y Disponibilidad.

La aplicación de esta metodología permite:

- a) Identificar dónde están las mayores oportunidades que existen en las instalaciones.
- b) Establecer el orden y las prioridades que permitan dirigir las inversiones en actividades oportunas que den resultados sustentables a corto, mediano y largo plazos.

- c) Conocer de forma cualitativa cuál es el valor que tiene un evento indeseado o cada oportunidad identificada.
- d) Identificar de forma cualitativa los recursos necesarios para resolver las fallas recurrentes de alto impacto a la instalación.

- **Método de expertos**

Es un método para obtener juicios. El primer paso es reunir a los expertos y pedirles que registren, individualmente y sin intercambiar opiniones y consideraciones respecto a las probabilidades de error para cada una de las tareas/actividades que se les detallan. Después, cada experto expone a los demás los principales considerandos registrados y al acabar esta ronda, todos los expertos disponen de la relación común del grupo. El paso siguiente consiste en un debate altamente estructurado de cada uno de los apartados de ésta. Finalmente, cada experto, de forma individual y por escrito, argumenta las probabilidades de error para cada tarea/actividad considerada.

En general, se procede como con el método Delphi, con la salvedad de que en esta técnica se permite algún debate entre los expertos, para que aclaren y compartan la información que cada uno está considerando. No obstante, las discusiones son limitadas y así se limita también la presión de un/os expertos sobre los juicios de otros. Aunque hay intercambio de pareceres, los juicios se emiten de forma individual y la estimación final suele ser la media aritmética del conjunto de las estimaciones dadas por los expertos.

Para emplear esta técnica conviene que el grupo de expertos sea pequeño, se fomente la libre expresión y se eviten las críticas (discusiones tensas), el sistema de votación y el regateo. El éxito de la técnica depende, por una parte, de la habilidad y la experiencia de quien hace de moderador del grupo y por otra, de la buena voluntad del grupo de expertos para trabajar juntos en un marco altamente estructurado.

En síntesis, el método está basado en la utilización sistemática e iterativa de juicios de opinión de un grupo de expertos hasta llegar a un acuerdo que considera:

1. Concepción inicial del problema.

- Los elementos básicos de trabajo.
- Objetivo a alcanzar.
- Situación actual.
- Componentes o elementos necesarios para llevar a cabo el trabajo.

1. Selección de los expertos mediante la fórmula siguiente:

$$n = \frac{k(1-p)^k}{i^x}$$

Donde:

k : cte. que depende del nivel de significación estadística.

p : proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

i : precisión del experimento.

3. Preparación de los instrumentos ya sean entrevistas, cuestionarios, otros.

4. Procesamiento y análisis de la información.

Deben utilizarse escalas cuantitativas de valores que caractericen la variable susceptible a definir a partir de lo que se está midiendo. Las variables definidas de esta forma tendrán un determinado recorrido lo cual posibilita la fácil utilización de procedimientos estadísticos. Es necesario definir la escala de puntuaciones.

Para medir el grado de concordancia de los expertos se calcula el coeficiente de Kendall utilizando el paquete estadístico SPSS para Windows, en su versión 19.0.

2.3 Conclusiones del capítulo

1. El procedimiento para la mejora de la seguridad operacional en el proceso de destilación atmosférica toma como base el procedimiento para la gestión por procesos basado en el ciclo gerencial básico de Deming, elaborado por Villa & Pons Murguía; en su concepción se demuestra su rigor científico y lo factible que es para la solución de problemas.
2. La aplicación correcta del procedimiento exige de la utilización de herramientas asociadas a la gestión de procesos, métodos asociados a la seguridad operacional de una planta de las características del objeto de estudio, del empleo de registros documentales del proceso y la ejecución del trabajo en equipo, que permitan evaluar y mejorar su desempeño mediante la aplicación de acciones de mejoras.

CAPITULO III APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

3.1 Aplicación del procedimiento

A continuación se presenta la aplicación del procedimiento en el proceso de destilación atmosférica, siguiendo en orden las etapas y actividades del mismo descritas en el capítulo anterior.

3.1.1 Etapa I: Caracterización del proceso de destilación atmosférica.

Paso 1: Descripción del contexto

La esencia del proceso es la destilación atmosférica. La planta está destinada para procesar 57.048 BPD de Crudo Mesa 30 y 7.952 BPD de Crudo Merey 16, dando un total de 65000 BPD.

El proceso se efectúa por medio de métodos físico-químico, entre los químicos están la desalación y deshidratación y entre los físicos la rectificación y el intercambio de calor. Todo el proceso se verifica en dos etapas, una la desalación eléctrica y otra la destilación atmosférica. En el Anexo 5 se muestra una explicación teórica de cada una de estas etapas; en el mismo se detalla de forma teórica las diferentes operaciones que se le practica al crudo en la planta de destilación atmosférica precisando las variables operacionales y el rango numérico en que pueden operar.

Para lograr una mejor comprensión de los elementos relevantes que conforman el proceso así como, la interrelación que se establece entre ellos, en el Anexo 6 se muestra el diagrama SIPOC que como se observa expone en detalle los suministradores, entradas, los procesos que en él tienen lugar, las salidas y los clientes, visualizándose con claridad la complejidad del proceso y la definición de hacia qué está orientado. Este es un proceso que funciona de manera continua con un horario de trabajo compartido en doce horas, con cambio de turno del personal que labora en el mismo sin que se produzcan interrupciones tecnológicas.

Pasó 2: Definición del alcance

El proceso de destilación atmosférica abarca subprocesos de transformaciones fundamentalmente físicas, es decir desde la recepción del producto en la planta proveniente de los tanques de almacenamiento hasta la entrega de los cortes iniciales en el nudo de mezcla para mejorar las composiciones de los mismos de acuerdo a las exigencias de los clientes. En la Figura 3.1 aparece un diagrama de flujo donde se muestra la composición

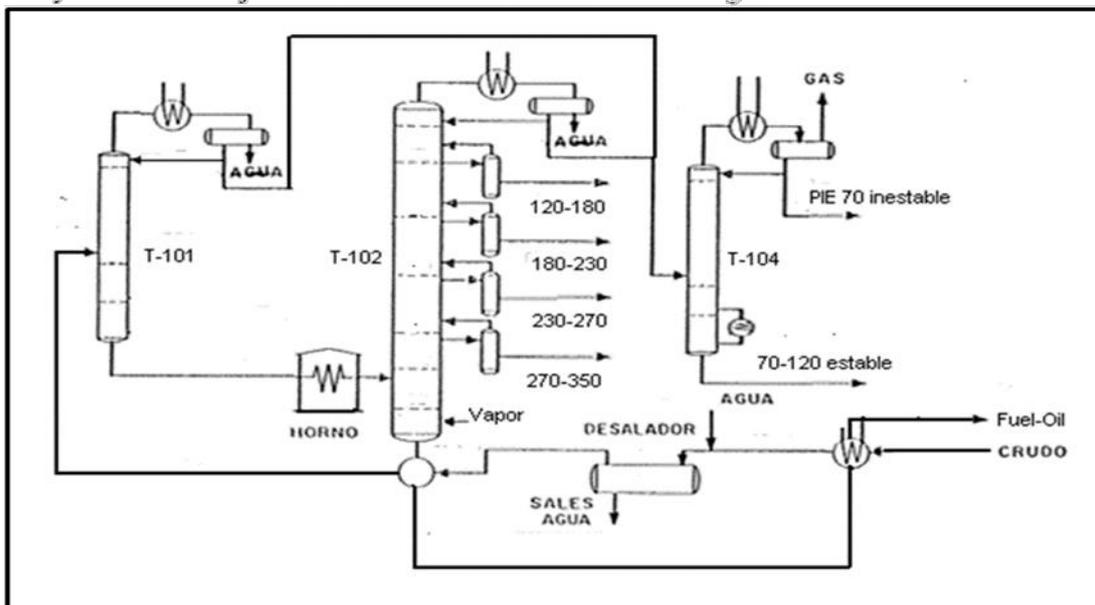
tecnológica del proceso. Al mismo tiempo para ofrecer mayor detalle sobre el proceso, en el Anexo 7 se describen sus límites, la base documental y la interrelación entre las diferentes etapas.

3.1.2 Etapa II: Evaluación del proceso

Paso 4: Análisis de la situación

Una vez descrito y mapeado el proceso de destilación atmosférica se concluye que el mismo está compuesto por varios subprocesos todos de vital importancia y que por las características tecnológicas del proceso tienen que funcionar en total armonía.

Figura 3.1 Diagrama de Flujo Tecnológico del proceso de Destilación Atmosférica. Fuente: Proyecto Técnico Ejecutivo Refinería de Petróleo de Cienfuegos



Para analizar la situación del proceso enfocado a la seguridad operacional se realizaron trabajo de grupos con los operadores, supervisores, despachadores y personal administrativo de la planta donde se les planteo la siguiente interrogante: ¿Cuáles son las principales desviaciones que se producen en el proceso y cuáles son sus posibles consecuencias?.

De este intercambio se obtuvieron importantes elementos que enriquecieron la investigación teniendo en cuenta que los participantes eran personas con un alto nivel profesional, certificados internacionalmente y muy experimentado en la explotación de esa instalación.

Para obtener más información se revisó la documentación técnica operativa, entre ellos: libro de incidencia, libro de órdenes, libro de parámetros tecnológicos, libro de entrega y recepción de equipos a mantenimiento, libro de la inspección por especialidades. Además se

revisaron los reglamentos tecnológico y operacional, instrucciones del puesto de trabajo, plan de liquidación de averías y análisis de peligro operacional.

De igual modo se estudiaron el informe de seguridad, los análisis de accidentes e incidentes tecnológicos.

Para la ejecución del diagnóstico técnico se utilizó como herramienta la Metodología de jerarquización, determinación de malos actores y oportunidades de mejoras. En el Anexo 8 se muestra metodología que en la actualidad organiza la aplicación de esta herramienta de forma oficial en la organización.

Paso 4: Identificación de problemas.

Una vez analizada la situación basado en lo descrito en el paso anterior se presenta en la Tabla 3.1 un resumen de los problemas y acciones emanadas de la aplicación del procedimiento antes señalado.

Tomando la información aportada por el diagnóstico tecnológico realizado según la metodología descrita en el Anexo 8 se realiza una sesión de trabajo con la participación de seis Operadores A de la planta, tres Supervisores y un Especialista de Seguridad e Higiene del Trabajo, para listar las principales fortalezas y debilidades del proceso en relación a la seguridad operacional, para ello se utiliza la técnica de la lluvia de ideas (Brainstorming). Posteriormente se aplica la reducción de listado donde se unieron variables, eliminaron las repetidas quedando un listado con las que se consideraron más importantes. Los resultados se muestran a continuación.

Fortalezas

1. Los recursos humanos tienen una alta cultura en relación al tema de seguridad operacional
2. El sistema de control de conocimiento favorece la actividad.
3. Existe un sistema centralizado de control del proceso que facilita la supervisión del mismo y por tanto hace más seguro su operación
4. Los procedimientos de inspección y mantenimiento de la instalación están basados en métodos actualizados a nivel internacional
5. La gerencia destinada un alto presupuesto para esta actividad
6. Existe una base documental que regula la seguridad operacional del proceso

No	Problemas / Acciones	Categoría	Responsable	Cumplimiento
1	Restricción de la tercera cámara del horno F-01-101 de la torre T-102. Ensuciamiento de la parte exterior de los tubos aleteados de la zona convectiva, por el uso de fuel oil, limitando la subida del inyector (carga).	I		
	Acciones. Procurar los químicos aditivantes para tratar el combustible Caracterizar los productos encontrados en los tubos para verificar la efectividad de los aditivos de fuel oil		Procura	Cumplido
	Montaje de una nueva bomba dosificadora donada por los proveedores del aditivo		Tecnología	Cumplido
	Realizar un Análisis Causa Raíz para determinar las causas de pérdida de eficiencia en la transferencia de la zona convectiva. Automatizar los sistemas de protección por pérdidas de vacío		Mantenimiento	Cumplido
	Analizar la composición del fondo durante el estudio		Inspección Técnica	Cumplido
2	Baja confiabilidad en la calibración de las válvulas de seguridad en medios líquidos, debido al uso de un banco de pruebas inadecuado (aire).	II		
	Acciones. Agilizar el proceso de procura e instalación de un banco de prueba en medios líquidos		AIT	Cumplido
	Comprobar con AIT si el banco de pruebas de las válvulas de control sirve para calibrar las válvulas de seguridad.		Tecnología	Cumplido
3	Falta de control del stock de repuestos en los almacenes por la ausencia de un sistema automatizado y optimizado.	IV		
	Acciones Acelerar la implantación del sistema de gestión MP2 en todas sus fases.(Preogramacion)		Programación	En proceso
	Firmar el Contrato de Venus con JAR para la terminación de la implementación de MP2 con sus Módulos de Inventario y Compras.		Mantenimiento	En proceso
4	Imposibilidad para medir los espesores en líneas con aislamiento térmico.	V		
	Acciones Procurar grasa acóplate para utilizar el equipo de medición		Procura	En proceso

Tabla 3.1 Resumen de los problemas y acciones detectadas. Fuente: Metodología de jerarquización, determinación de malos actores y oportunidades de mejoras.

Debilidades

1. No funciona de forma eficiente el sistema de control que garantice el stock necesario de piezas de repuesto para el sistema tecnológico.
2. No se utiliza de forma óptima las técnicas de análisis cuantitativos para la investigación de incidentes operacionales.

3. No existe una cultura que propicie la investigación de incidentes operacionales.
4. La base documental existente sobre el tema seguridad operacional no siempre es utilizada como herramienta de trabajo y el documento que clasifica las sustancias según tipo de daño y nivel de toxicidad puede ser completado.
5. El análisis de peligro operacional carece de una salida que aporte las posibles acciones operacionales ante las desviaciones recogidas

3.1.3 Etapa III: Mejorar el proceso.

Paso 5: Identificación de soluciones.

Para identificar las soluciones se toma como punto de referencia las debilidades detectadas; al realizar un análisis de las mismas se valora que al efecto de esta investigación se puede trabajar con la debilidad cuatro, que plantea lo siguiente.

El análisis de peligro operacional carece de una salida que aporte las posibles acciones operacionales ante las desviaciones recogidas.

El documento peligro operacional está elaborado sobre la base de la matriz HASOP, la misma es una herramienta de consulta para el personal técnico y de operaciones y constituye un soporte para la gestión del conocimiento; recoge de forma organizada las posibles desviaciones del proceso, sus causas, consecuencias y medidas de seguridad prevista en la tecnología instalada.

El documento tiene una relevancia primordial para la seguridad operacional y constituye una barrera ante la ocurrencia de hechos indeseables vinculados a la seguridad del proceso tecnológico. Este documento recoge la experiencia de más de veinte años de explotación y es consultado y actualizado frecuentemente además, es utilizado para el adiestramiento de los nuevos operadores.

En la sesión de trabajo realizada y descrita en el paso cuatro se valoró con mucha fuerza lo conveniente que sería que el documento de peligro operacional recogiera una propuesta de acciones correctivas ante las desviaciones descritas en dicho documento, debido a que el mismo no era lo suficientemente práctico y operativo para el personal en turno ya que se limitaba a establecer desviaciones, consecuencias y medidas tecnológicas o de mantenimiento dirigidas a la instalación, omitiendo las acciones de operación para corregir in situ las desviaciones ocurridas dejándose esto a la iniciativa y creatividad de cada operador, todo lo cual se subordinaba a su nivel de experiencia práctica.

En correspondencia, se seleccionaron 16 operadores de la planta que poseen gran experiencia y se les convocó a varias sesiones de trabajo en grupo en las que se les solicitó que listaran de acuerdo a su experiencia las posibles acciones correctivas ante cada desviación descrita en cada nodo.

De estas sesiones se obtuvo una amplia lista de propuestas de acciones que fueron analizadas por el autor de la investigación y se fueron filtrando con las regulaciones técnicas del proceso las cuales serían sometidas a los juicios de los expertos encargados de decidir cuáles debían formar parte del documento de peligro operacional.

Paso 6. Propuesta de mejoras

Una vez recogida toda esta información se confeccionó una lista por cada nodo (16 en total) de las acciones propuestas para enfrentar cada una de las desviaciones la cual es entregada al grupo de expertos para que seleccionaran las más efectivas y factibles para ser incorporadas al documento de peligro operacional.

Este momento del procedimiento es importantísimo en tanto es imprescindible utilizar la experiencia acumulada durante varios años de explotación de la instalación pues, como se explicó en el capítulo anterior el método está basado en la utilización sistemática e iterativa de juicios de opinión de un grupo de expertos hasta llegar a un acuerdo.

Para la aplicación del método se procede a determinar el número de expertos de la manera siguiente:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

Nivel de confianza %	Valor de C
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6806

Donde:

k : cte. que depende del nivel de significación estadística.

p : proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

i : Nivel de precisión deseado.

De acuerdo a la característica de la investigación se le asigna los valores de precisión deseado y se sustituye en la fórmula dada.

$$n = \frac{0.05(1-0.05) \cdot 3.8416}{0.05^2}$$

$$n = 6,7612$$

$$n \approx 7$$

Una vez determinada la cantidad de expertos se seleccionan los candidatos atendiendo a los criterios de creatividad, disposición a participar, experiencia práctica y profesional en el tema, capacidad de análisis, pensamiento lógico y espíritu de trabajo en equipo. Partiendo de estos criterios se seleccionan los siete expertos y se les prepara para el trabajo.

Preparación de los expertos.

Los expertos fueron consultado con anterioridad y recogida su voluntad personal de participar en la tarea, creando un ambiente de compromiso con el resultado y posteriormente fueron instruido en el método de trabajo.

- **Concepción inicial del problema:** Se tiene un grupo de variables que forman el documento actual de riesgo operacional en la planta de destilación atmosférica, ellas son.
- **Desviación:** Se refiere a la desviación operacional que puede surgir durante el proceso de operación
- **Causas:** Son las causas que pueden originar la desviación antes señalada
- **Consecuencia:** En este punto se relacionan los desajustes operacionales que pueden originar en el proceso la desviación analizada.
- **Medidas de seguridad:** Se detallan las medidas de seguridad con que cuenta la instalación para enfrentar el suceso analizado.

Trabajo a desarrollar

Como se observa se carece de la descripción de las acciones que desde el punto de vista operacional puede acometer el operador para corregir el proceso una vez que las medidas operacionales implícitas en la tecnología no satisfaga la desviación y que la experiencia en la explotación del proceso reconozcan como buenas prácticas, ante eventos no comunes e indeseables para el proceso.

Se prepararon los instrumentos de trabajo que consiste en la tabulación del documento de análisis de peligro operacionales nodo a nodo.

Se les presentó a los expertos la lista de las acciones propuestas por cada nodo para que realizaran la selección, y se les solicitó que las ordenaran en una escala de 1 a 5 tomando como criterio el nivel de efectividad y factibilidad de la acción, donde 1= máxima nivel, 2= Nivel alto, 3= Nivel medio, 4= bajo nivel y 5 = mínimo nivel lo cual debían ir trabajando por cada nodo. De esa manera se fue trabajando y realizando las rondas necesarias hasta

llegar a un acuerdo de los expertos. Para esto se determinó en nivel de concordancia entre expertos por cada nodo.

A continuación se muestran los resultados del trabajo de los expertos el cual queda solamente representado desde el nodo No1 hasta el nodo No 6, motivado por la extensión del documento elaborado y el volumen establecido académicamente para este tipo de investigación. En el Anexo 9 aparece reflejado el nivel de concordancia de los expertos para el nodo No 1 y así se realizó para los 16 que incluye la planta teniendo en cuenta el paquete estadístico SPSS para Windows en su versión 19.0

Nodo 1 : Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
	Alto contenido de agua en el crudo (Mayor de 5%).	<p>Se manipula crudo con tratamiento previo deficiente.</p> <p>Se manipula crudo con especificaciones diferentes.</p> <p>Poco tiempo de asentamiento del crudo en los tanques.</p> <p>Incorrecta manipulación o selección de los tanques por MAP.</p>	<p>Incrustaciones en el banco de intercambiadores.</p> <p>Corrosión en el banco de intercambiadores.</p> <p>Baja eficiencia del proceso de deshidratación.</p> <p>Sobrepresión en el sistema por presencia de vapor, puede conllevar a averías de equipos, fugas, etc.</p>	<p>Análisis de BSW en Laboratorio.</p>	<p>Bajar inyecto de materia prima (no exceder de 280m³//hrs)</p> <p>Mantener 100 °C en el tope de la T-101 y T-102</p> <p>Incrementar el trabajo de supervisión la desaladora y el drenaje de sus puntos bajos</p> <p>Incrementar el trabajo de supervisión de los tambores de tope y el drenaje de los mismos</p>
	Diferente composición de la mezcla de crudo.	<p>Diferente materia prima.</p> <p>Incorrecta manipulación o selección de los tanques por MAP.</p>	<p>Se hace necesario ajustar el proceso (adición de desemulsificante y de agua).</p> <p>Se eleva el stress operacional.</p>	<p>Análisis de densidad en Laboratorio.</p> <p>Análisis de contenido de sales en Laboratorio.</p>	<p>Ajustar el inyecto a planta y los parámetros operacionales</p> <p>Ajustar el inyecto del inhibidor de</p>

		Realización de blinding. Reinyección de slop. Disparo de SV-01-110.	Afectación al proceso de refinación (corrosión, calidad de los productos).		corrosión
--	--	---	--	--	-----------

Nodo 1 : Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
3	Bajo flujo de crudo hacia banco de intercambio	Bajo nivel en tanques de almacenamiento. Problemas con el funcionamiento de las bombas en el Título 14 (P-1001, ver Qué pasa si..?). Problemas en el funcionamiento de las bombas P 101, fallo de la alimentación eléctrica. Obstrucción en la línea de crudo. Tupición en el filtro de la	Bajo flujo de crudo hacia desaladora. Alta temperatura del crudo hacia desaladora (aumenta probabilidad de formación de almohada gaseosa en desaladora, posible explosión o incendio). Afectaciones al proceso productivo. En caso de tupición del filtro, aumenta la presión en la bomba. En caso de fuga puede ocurrir contaminación del terreno, en presencia	Indicación del flujo a la descarga de las bombas P 101-A/B y a la entrada de cada rama del banco de intercambio. Señalización y control a distancia de temperatura a la salida de cada rama del banco de intercambio. Señalización y control a distancia del funcionamiento de las bombas	Revisar parámetros de la bomba P-101 y coordinar con MCP en caso que necesario Limpieza de los filtros de la P-101 Revisar válvulas de flujo FIC 100 ; 101 y sus Lazos de control con el PIC -1 Valorar la posibilidad de bajar inyectos y en caso extremo poner a recircular la planta

		bomba. Fuga.	de fuente de ignición puede ocurrir incendio..	P-101.	
--	--	-----------------	--	--------	--

Nodo 1 : Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
4.	Alto flujo de crudo hacia banco de intercambiadores .	Problemas en el funcionamiento de las bombas. Disparo de SV-01-110 a la succión de la bomba P-101.	Baja temperatura del crudo hacia desaladora. Afectaciones al proceso de desalado (menor tiempo de retención). Presurización de la bomba P-101, Aumentan las probabilidades de fuga. Diferente composición de la mezcla de crudo.	Indicación del flujo a la descarga de las bombas P 101-A/B y a la entrada de cada rama del banco de intercambio. Señalización y control a distancia de temperatura a la salida de cada rama del banco de intercambio. Señalización y control a distancia del funcionamiento de las bombas P-101.	Revisar los FIC-101 y FIC-102, y sus lazos de Control con el PIC -1 Revisar válvula de seguridad de la desaladora Revisar la presión de la T-101 y no permitir que baje. Aumentar la temperatura en el banco de intercambio hasta donde sea posible según límites operacionales.

Nodo 1: Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
5	Alta temperatura del crudo a la salida del banco de intercambiadores .	<p>Bajo flujo de crudo a la entrada del banco de intercambiadores .</p> <p>Alto flujo o alta temperatura de los agentes empleados para el precalentamiento .</p>	<p>Alta temperatura del crudo hacia desaladora (aumenta probabilidad de formación de almohada gaseosa en desaladora, posible explosión o incendio).</p> <p>Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.</p>	Señalización y control a distancia de temperatura a la salida de cada rama del banco de intercambio.	<p>Ajustar el flujo de crudo en la FV100 y 101</p> <p>Estabilizar los reflujos circulantes en la T-102</p>

Nodo 1 : Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
6	Baja temperatura del crudo a la salida del banco de intercambiadores.	<p>Bajo flujo o baja temperatura de los agentes empleados para el precalentamiento.</p> <p>Alto flujo de crudo hacia banco de intercambiadores.</p> <p>Pérdidas por deficiente aislamiento térmico de tuberías y equipos.</p>	<p>Alta viscosidad y tensión superficial del crudo lo que afecta la formación de la mezcla y la separación del agua.</p> <p>Disminuye la solubilidad de las sales en el agua.</p> <p>Afectaciones al proceso.</p>	Señalización y control a distancia de temperatura a la salida de cada rama del banco de intercambio.	<p>Comprobar que todos los intercambiadores estén aportando al proceso.</p> <p>Revisar temperatura del horno</p> <p>Observar que el inyector este estable si se está aumentando coordinarlo con los reflujos y la extracción del fondo de la T-102</p>
7	Alta presión a la descarga de las bombas P-101.	<p>Alta presión a la succión de las bombas.</p> <p>Alto contenido de</p>	Aumentan las probabilidades de fuga por uniones bridadas, sellos, etc.	<p>Manómetro a la succión y descarga de las bombas.</p> <p>Señalización</p>	Revisar el sistema para descartar posibles restricciones

		<p>agua en el crudo.</p> <p>Obstrucción en los intercambiadores de calor.</p> <p>Cierre de los lazos de control a la entrada del banco de intercambio por fallo propio o fallo del sistema de aire de instrumentos.</p>	<p>Recalentamiento de las bombas, daño mecánico a las bombas.</p>	<p>a distancia de la presión a la succión de las bombas.</p> <p>Válvula de seguridad en la línea de succión de las bombas.</p>	<p>de fluido</p> <p>Disminuir presión en la succión de la P-101</p>
Nodo 1 : Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
8	Baja presión a la descarga de las bombas P-101.	<p>Baja presión a la succión de las bombas (Problemas en el Título 14, Disparo espurio de válvula de seguridad).</p> <p>Fugas.</p>	<p>En caso de fugas, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio.</p> <p>Afectaciones al volumen de producción.</p>	<p>Manómetro a la succión y descarga de las bombas.</p> <p>Señalización a distancia de la presión a la succión de las bombas.</p>	<p>Coordinar con Despacho y MCP para descartar posibles incidencia del Tit-14</p> <p>Revisar el sistema para detectar posibles fugas</p>

					Limpia filtro de la bomba
9	Bajo flujo de desemulsifican te.	Problemas con el funcionamiento de las bombas de desemulsifican te, fallo eléctrico. Deficiencias en la regulación de los golpes de las bombas. Fuga.	Baja separación del agua contenida en el crudo. Alto contenido de humedad en la zona entre los electrodos de la desaladora (esto puede provocar una explosión).	Manómetro a la descarga de la bomba de desemulsifican te.	Revisar nivel del D-115 Verificar parámetros operacionales de la P-125 y específicament e su embolada

Nodo 1 : Acondicionamiento de Crudo					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
10	Alto flujo de desemulsificante.	Problemas con el funcionamiento de las bombas de desemulsificante. Deficiencias en la regulación de los golpes de las bombas.	Pérdidas económicas. (Sin consecuencias para la seguridad ni el proceso)	Manómetro a la descarga de la bomba de desemulsificante .	Regular embolada de la P-125
11	Diferente composición del desemulsificante.	Problemas con el suministro (bajo inventario, calidad	Se afecta la separación del agua contenida en el	Análisis de BSW, y contenido de	Verificar modo de preparación del lote en uso , así como su

		no adecuada). Problemas con la preparación del desemulsificante.	crudo. Alto contenido de humedad en la zona entre los electrodos (esto puede provocar una explosión). Afectaciones al proceso de destilación.	sales a la entrada y salida de la desaladora.	calidad actual Comprobar parámetros de etiqueta de recipiente
--	--	---	---	---	--

Nodo 2 : Primera etapa de desalado					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
1.	Bajo flujo de crudo hacia la 1 ^{ra} Etapa de desalado (1/2D-101)	Bajo flujo de crudo a la salida de los intercambiadores de calor (incrustaciones en los intercambiadores, fugas, problemas en las bombas de crudo). Válvula de bloqueo manual cerrada por fallo propio o error humano.	Afectaciones al proceso productivo. Bajo nivel de crudo, puede formarse una almohada gaseosa con peligro de explosión. En caso de fuga puede ocurrir contaminación del terreno, en presencia de fuente de ignición puede ocurrir incendio.	Señalización de flujo de crudo a la entrada de la 1 ^{ra} Etapa de desalado. Interruptores por bajo nivel de líquido en las desaladoras. Interruptores por presencia de almohada gaseosa en las desaladoras.	Revisar alineación de la planta Valorar la posibilidad de ventear para evitar acumulación de gases en el sistema Revisar nivel en la T-101 de ser necesario ubicar en manual para corregir el inyector. Valorar la posibilidad de ponches en el primer banco de intercambio hacer las comprobaciones

		Fuga en la línea de entrada a las desaladoras.			Revisar parámetros operacionales de la P-101
2.	Alto flujo de crudo hacia la 1 ^{ra} Etapa de desalado (1/2D-101)	Alto flujo de crudo a la entrada del banco de intercambiadores. Problemas con el alineamiento manual de válvulas para dirigir el flujo hacia una desaladora u otra.	Bajo tiempo de retención en la desaladora. Afectaciones al proceso de desalado. Afectaciones posteriores al proceso.	Indicación del flujo a la descarga de las bombas P 101-A/B y a la entrada de cada rama del banco de intercambio.	Revisar alineación de los EDH Chequear descarga de la P-101 Revisar funcionamiento del PIC-1

Nodo 2 : Primera etapa de desalado					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
3.	Alta presión.	Obstrucción en las líneas de salida. Formación de almohada gaseosa.	Posibilidades de fugas con las agravantes de incendio y/o explosión.	Válvulas de seguridad en las desaladoras. Control de flujo a la entrada del banco de intercambio ante alta presión en la desaladora.	Revisar funcionamiento de lazo de control PIC -1 y FIC -101 y 102 Revisar el sistema para descartar posibles restricciones de fluido Valorar la posibilidad de ventear para evitar acumulación de gases en el sistema
4..	Baja	Fuga.	En caso de fugas,	Señalización en	Revisar

	presión.	<p>Disparo espurio de válvula de seguridad.</p> <p>By pass de válvula de seguridad abierto.</p>	<p>contaminación del terreno, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio.</p> <p>Si hay incremento de la temperatura ocurre formación de almohada gaseosa, disminuyendo la eficacia del proceso de desalado.</p>	panel de presión a la salida de la segunda etapa de desalado.	<p>funcionamiento de lazo de control PIC -1 y FIC -101 y 102</p> <p>Revisar parámetros operacionales de la P-101</p> <p>Revisar los bay-pass de las válvulas de seguridad</p>
--	----------	---	--	---	---

Nodo 2 : Primera etapa de desalado					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
5.	Alta temperatura.	Alta temperatura del crudo a la salida del banco de intercambiadores.	<p>Formación de almohadas gaseosas con peligro de explosión.</p> <p>Afectación al proceso de desalado.</p> <p>Afectaciones a los electrodos.</p> <p>Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.</p>	Lazos de control de temperatura a la salida de las dos ramas del banco de intercambio.	<p>Verificar la armonía del inyecta a la desaladora con los ajuste tecnológico de la T-102</p> <p>Comprobar el correcto funcionamiento de las válvulas que controla la temperatura de salida hacia la desaladora .</p> <p>Revisar el correcto proceso de intercambio en el primer banco y de ser necesario sacar de</p>

					funcionamiento algún intercambiador.
6.	Baja temperatura.	<p>Problemas con el aislamiento térmico de tuberías y equipos.</p> <p>Baja temperatura del crudo a la salida del banco de intercambiadores.</p>	Afectación al proceso de desalado (disminuye solubilidad de sales).	Lazos de control de temperatura a la salida de las dos ramas del banco de intercambio.	<p>Revisar el sistema para descartar posibles restricciones de fluido</p> <p>Chequear los flujos calientes que van al intercambiador y sus alineaciones</p> <p>Comprobar temperatura de salida hacia la desaladora.</p>

Nodo 3 : Segunda etapa de desalado					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
1..	Bajo flujo de crudo hacia la 2 ^{da} Etapa de desalado (1D/2D-102)	<p>Bajo flujo hacia 1^{ra} etapa de desalado.</p> <p>Obstrucción en la línea entre ambas etapas.</p> <p>Fuga.</p>	<p>Afectaciones al proceso productivo.</p> <p>En caso de fuga puede ocurrir contaminación del terreno, en presencia de fuente de ignición puede ocurrir incendio.</p>	Indicación de flujo de crudo a la entrada de las desaladoras de la 2 ^{da} Etapa.	<p>Revisar alineación del banco intercambio</p> <p>Evaluar posible obstrucción en un intercambiador por incrustaciones y valorar la posibilidad de aplicarle bay-pass</p> <p>Revisar parámetros de la P-101</p> <p>Revisar funcionamiento de la F-101</p>

2.	Alto flujo de crudo hacia la 2 ^{da} Etapa de desalado (1D/2D-102)	Alto flujo de crudo hacia la 1 ^{ra} Etapa de desalado	Bajo tiempo de retención en la desaladora. Afectaciones al proceso de desalado. Afectaciones posteriores al proceso.	Indicación de flujo de crudo a la entrada de las desaladoras de la 2 ^{da} Etapa.	Regular el FIC - 100 y 101 Revizar funcionamiento del EDH

3.	Alta presión.	Obstrucción en las líneas de salida. Formación de almohada gaseosa.	Posibilidades de fugas con las agravantes de incendio y/o explosión.	Válvulas de seguridad en las desaladoras. Señalización en panel de presión a la salida de la segunda etapa de desalado. Control de flujo a la entrada del banco de intercambio ante alta presión en la desaladora.	Revisar lazo de control entre el PIC-1 y FIC-100y 101 Valorar necesidad de ventear el EDH
----	---------------	--	--	--	--

4.	Baja presión.	<p>Fuga.</p> <p>Disparo espurio de válvula de seguridad.</p> <p>By pass de válvula de seguridad abierto.</p> <p>Fallo del lazo de regulación de flujo FIC-101 en cascada con PIC-001 (fallo del aire, fallo propio de los instrumentos).</p>	<p>En caso de fugas, contaminación del terreno, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio.</p> <p>Si hay incremento de la temperatura ocurre formación de almohada gaseosa, disminuyendo la eficacia del proceso de desalado.</p>	Señalización en panel de presión a la salida de la segunda etapa de desalado.	<p>Revisar lazo de control PIC-1 con el FIC-100 y 101</p> <p>Revezar valvular de seguridad del EDH</p>
----	---------------	--	--	---	--

5.	Alta temperatura.	Alta temperatura del crudo a la salida del banco de intercambiadores.	<p>Formación de almohadas gaseosas con peligro de explosión.</p> <p>Afectación al proceso de desalado.</p> <p>Afectaciones a los electrodos.</p> <p>Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.</p>	Lazos de control de temperatura a la salida de las dos ramas del banco de intercambio.	<p>Revisar el flujo del banco de intercambio, específicamente el de tubo y coraza, valorar la posibilidad de pasar a bay-pass el que se necesario.</p> <p>Revisar funcionamiento de la TV-1 y TV-2 que regula temperatura a la salida del banco de intercambio hacia la desaladora.</p>
6.	Baja temperatura.	Problemas con el aislamiento térmico de tuberías y	Afectación al proceso de desalado (disminuye	Lazos de control de temperatura a	<p>Revisar el flujo del banco de intercambio.</p> <p>Revisar funcionamiento</p>

		equipos. Baja temperatura del crudo a la salida del banco de intercambiadores.	solubilidad de sales).	la salida de las dos ramas del banco de intercambio.	de la TV-1 y TV-2 que regula temperatura a la salida del banco de intercambio hacia la desaladora . Revisar estado del aislamiento térmico de los intercambiadores.
--	--	---	------------------------	--	--

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
1.	Alta temperatura a la entrada de T-101 (platos 7, 8, 9)	Bajo flujo de inyectos. Fallo de los lazos de control (01FIC-007/008) por fallo de válvula o problemas con los instrumentos o el aire de instrumentos. Fugas. Alta temperatura o alto flujo de los agentes empleados para precalentamiento	Puede aumentar la presión en la Torre y en el banco de intercambiadores. En caso de fugas, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio. Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.	Indicación local de temperatura a la salida de cada rama del segundo banco de intercambio. Indicación en panel de temperatura a la salida de cada rama del segundo banco de intercambio y en la T-101 en la zona de entrada del inyectos. Indicación en panel de presión	Regular flujo de inyectos a planta Revisar funcionamiento del FIC-7 y FIC-8 de ser necesario tirarlo por bay-pass Observar funcionamiento del banco de intercambio. Revisar parámetros de trabajo de la P-101 Observar trabajo de la L-101. Observar reflujo de la T-102 específicamente los que le aporta

		(diesel de T-102).		en el tope de la T-101.	temperatura al crudo de ser necesario corregir su trabajo.
--	--	--------------------	--	-------------------------	--

				Válvulas de seguridad en T-101. Indicación local de presión a la salida de los intercambiadores.	
--	--	--	--	---	--

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
2.	Baja temperatura a la entrada de T-101 (platos 7, 8, 9)	Pérdidas por problemas con el aislamiento térmico. Baja temperatura o bajo flujo de los agentes empleados para precalentamiento	Varía la calidad de los productos finales.	Indicación local de temperatura a la salida de cada rama del segundo banco de intercambio. Indicación en panel de temperatura a la salida de cada	Regular flujo de inyectos a planta Observar reflujo de la T-102 específicamente los que le aporta temperatura al crudo de ser necesario corregir su trabajo. Observar funcionamiento del

		(diesel de T-102). Alto flujo de inyectos.		rama del segundo banco de intercambio y en la T-101 en la zona de entrada del inyectos.	banco de intercambio valorando la posibilidad de un ponche Valorar la posibilidad de alto contenido de Agua en el sistema
--	--	---	--	---	--

3	Alto flujo a la entrada de T-101.	Ponchadura de los tubos de los intercambiadores (paso de diesel).	Alto nivel en el fondo de la torre.	Indicación en panel de flujo a la entrada del banco de intercambio. Control de flujo a la entrada del banco de intercambio. Indicación en panel de nivel en el fondo de la torre.	Regular el flujo por el FIC-100-101 Valorar la posibilidad de un disparo accidental de una válvula de seguridad del sistema de ser necesario accionarla manualmente a su posición original .
---	-----------------------------------	---	-------------------------------------	---	---

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
4.	Bajo flujo a la entrada de T-101.	Fugas en las tuberías. Fallo de los lazos de control	En caso de fugas, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio.	Indicación en panel de flujo a la entrada del banco de	Coordinar con despacho la supervisión de parámetros de las bombas del tit . 14

		(01FIC-007/008) por fallo de válvula o problemas con los instrumentos o el aire de instrumentos). Obstrucciones.	Bajo nivel en el fondo de la torre. Afectaciones al proceso productivo.	intercambio. Indicación en panel de nivel en el fondo de la torre.	Revisar funcionamiento L-101 Revisar funcionamiento P-101 Revisar presión de la T-101 Valorar alto contenido de Agua en el sistema superior al 5%
--	--	---	--	--	---

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
5.	Alta temperatura en el fondo de T-101.	Alta temperatura a la entrada de T-101 (platos 7, 8, 9). Alta temperatura a la entrada de T-101 (Recirculación por debajo del plato 1).	Puede aumentar la presión en la torre. Variación de la composición del producto de tope. Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.	Indicación en panel de temperatura en el fondo y tope de la torre. Indicación en panel de temperatura a la salida del banco de intercambio y en la torre. Indicación en panel de temperatura a la salida del horno. seguridad en el tope de la torre.	Ajustar temperatura a la salida del horno F-101 de la T-101. Chequear el sistema de precalentamiento del crudo ajustar de ser necesario. Revisar alimentación de combustible al horno de ser necesario ajustar.

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
6.	Baja temperatura en el fondo de T-101.	Baja temperatura a la entrada de T-101 (platos 7, 8, 9). Baja temperatura a la entrada de T-101 (Recirculación	Varía la calidad de los productos finales.	Indicación en panel de temperatura en el fondo y tope de la torre. Indicación en panel de temperatura a la	Ajustar temperatura a la salida del horno F-101 de la T-101 Ajustar temperatura en el tope y fondo de la torre. Subir presión en el tope de la torre.

		por debajo del plato 1).		salida del banco de intercambio y en la torre.	<p>Ajustar precalentamiento del Crudo.</p> <p>Revisar funcionamiento del FIC 7y 8</p> <p>Valorar la posibilidad de agua en el sistema.</p>
				<p>Indicación en panel de temperatura a la salida del horno.</p> <p>Control de alimentación de combustible a los quemadores del horno por temperatura.</p>	

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
7.	Alto nivel en el fondo de T-101.	<p>Alto flujo de inyecto a la entrada de la torre.</p> <p>Problemas con el funcionamiento de las bombas P-102A/B.</p> <p>Fallo de los lazos de control (01FIC-007/008) por fallo de válvula o problemas con los instrumentos o el aire de instrumentos).</p> <p>Fallo del lazo de control de flujo hacia las cámaras 1, 2, 3 del horno F-101 de T-102.</p>	<p>Varía la calidad de los productos finales.</p> <p>Bajo flujo de inyecto hacia las cámaras 1, 2, 3 del horno F-101 de T-102.</p>	<p>Indicación en panel de nivel en el fondo de T-101.</p> <p>Indicación local de nivel..</p>	<p>Ajustar temperatura a la salida del horno F-101 de la T-101.</p> <p>Chequear el sistema de precalentamiento del crudo ajustar de ser necesario.</p> <p>Revisar alimentación de combustible al horno de ser necesario ajustar.</p>

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
8.	Bajo nivel en el fondo de T-101.	<p>Bajo flujo de inyecta a la entrada de la torre.</p> <p>Fallo de los lazos de control (01FIC-007/008) por fallo de válvula o problemas con los instrumentos o el aire de instrumentos.</p> <p>Fallo del lazo de control de flujo hacia las cámaras 1, 2, 3 del horno F-101 de T-102.</p> <p>Fugas.</p>	<p>Afectación al proceso productivo.</p> <p>En caso de fugas, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio.</p>	<p>Indicación en panel de nivel en el fondo de T-101.</p> <p>Indicación local de nivel.</p> <p>Disparo de quemadores del horno F-101 de T-102 por muy bajo nivel en T-101.</p>	<p>Coordinar con despacho la supervisión de parámetros de las bombas del tit. 14</p> <p>Revisar funcionamiento L-101</p> <p>Revisar funcionamiento P-101</p> <p>Observar funcionamiento del banco de intercambio valorando la posibilidad de obstrucción del flujo.</p> <p>Revisar presión de la desaladora .</p> <p>Chequear funcionamiento de los FIC-100 ,101, 7 y8</p> <p>Chequear presión y temperatura en el tope de la torre.</p>
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas

9..	Alta temperatura a la entrada de T-101 (Recirculación por debajo del plato 1)	Fallo del sistema de regulación de los quemadores del horno. Fallo del lazo de control de flujo hacia las cámaras 1, 2, 3 del horno F-101 de T-102.	Puede aumentar la presión en la torre. Arrastres de fracciones más pesadas en los ligeros. Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.	Indicación en panel de temperatura en varios puntos de la torre. Indicación en panel de temperatura a la salida del horno. Indicación en panel de presión en el tope de la torre. Válvulas de seguridad en el tope de la torre. Alarma por muy alta temperatura a la salida del horno F-101 de T-102. Disparo del horno por bajo flujo de recirculación.	Ajustar temperatura a la salida del horno F-101 de la T-101 Revisar el combustible de insumo al horno y vapor de ser utilizado Fuel-oil Ajustar las variables operacionales del horno como aire a los quemadores ,el dámper Valorar posible ponche de tubo en el horno. Revisar parámetros de trabajo de la P-103.
10.	Baja temperatura a la entrada de T-101 (Recirculación)	Problemas en el funcionamiento de los quemadores. Obstrucciones en línea caliente.	Se afecta la “desgasolinización” del crudo. En caso de fugas, en presencia de fuentes de ignición, puede	Indicación en panel de temperatura en varios puntos de la torre. Indicación en	Ajustar temperatura a la salida del horno F-101 de la T-101 Revisar el combustible de insumo al horno y vapor de ser

	ión por debajo del plato 1)	Fugas en las líneas de combustible a los quemadores.	ocurrir incendio.	panel de temperatura a la salida del horno.	utilizado Fuel-oil Ajustar las variables operacionales del horno como son aire a los quemadores ,el dámper
11.	Alta presión en el tope de T-101.	Obstrucción en la línea de salida hacia los enfriadores de aire (1A/2A/3A-101) por arrastres, fallos de válvulas. Alta temperatura en la torre. Presencia de alto contenido de agua en el inyector. Fallo del lazo de control de presión PIC- 003 en el D-103.	Aumento de la probabilidad de fugas, con las agravantes de incendio y explosión.	Indicación en panel de la presión en el tope de la torre. Válvulas de seguridad en el tope de la torre.	Aumentar reflujo al tope. Drenar Agua en el sistema del EDH. Drenar agua en el tambor D-103 Revisar parámetros de trabajo de la P-103 Valorar posibilidad de despresurización al flare
12.	Baja presión en el tope de T-101.	Fugas. Baja temperatura en la torre.	En caso de fugas, en presencia de fuentes de ignición puede ocurrir incendio. Se afecta la “desgasolinización” del crudo.	Indicación en panel de la presión en el tope de la torre. Lazo de control de temperatura por	Aumentar temperatura al tope Apagar ventiladores Revisar trabajo del PIC-3

				inyección desde D-103.	
--	--	--	--	------------------------	--

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
13..	Alta temperatura en el tope de la torre. (T-101)	<p>Fallo del lazo de control de temperatura TIC-05 en cascada con FIC-004 por inyección desde D-103.</p> <p>Alta temperatura a la entrada de T-101 (platos 7, 8, 9).</p> <p>Alta temperatura a la entrada de T-101 (Recirculación por debajo del plato 1).</p>	<p>Arrastres de fracciones más pesadas en los ligeros.</p> <p>Puede provocar un aumento de presión.</p> <p>Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.</p>	<p>Indicación en panel de la presión y la temperatura en el tope de la torre.</p> <p>Válvulas de seguridad en el tope de la torre.</p>	<p>Regular temperatura del inyector.</p> <p>Aumentar reflujo al tope</p> <p>Revisar parámetro de trabajo de la P-104</p> <p>Revisar funcionamiento del lazo de control FIC-5 con el TIC-4</p> <p>Observar temperatura a la salida del horno F-101.</p>

Nodo 4 : Torre T-101 (Predestilación)					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
14.	Baja temperatura en el tope	Baja temperatura a la entrada de T-101	Se afecta la "desgasolinización" del crudo.	Indicación en panel de la temperatura en el tope de la torre.	Valorar posibilidad de disminuir reflujo al tope armónicamente

	de la torre. (T-101)	(platos 7, 8, 9). Baja temperatura a la entrada de T-101 (Recirculación por debajo del plato 1).	Posible daño a los componentes de los equipos, pérdida de vida útil.		sin afectar el sistema Revisar nivel del D-103 Revisar temperatura a la salida del horno F-101.
--	-------------------------	---	--	--	---

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
1	Bajo flujo del tope de T-101 hacia enfriadores.	Cierre de válvula por error operacional, fallo propio o tras un mantenimiento. Baja presión en el tope de la torre. Fugas. Obstrucciones en los enfriadores. Fallo en el lazo de control TIC-043 de flujo hacia D-103.	Bajo nivel en el tambor de reflujo (D-103). Baja temperatura y presión en el tambor. Variación del flujo hacia tambor. Se afecta el control de temperatura en el tope de la torre. Se afecta el inyecta a T-104 a través de D-105. Se afecta la producción de Nafta Ligera.	Indicación de nivel en el tambor. Control del nivel en el tambor. Alarma por bajo nivel en el tambor. Control PIC-003 que actúa sobre las válvulas PV003-1-2	Verificar alineación y corregir errores. Ajustar inyecta a planta Valorar la posibilidad de aplicar bay-pass al enfriador obstruido.

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
2	Alto flujo del tope de T-101 hacia enfriadores.	Alta presión en el tope de la torre. Fallo en el lazo de control TIC-043 de flujo hacia D-103. Fallo local del aire de instrumentos.	Alto nivel en el tambor de reflujo (D-103). Variación del flujo hacia tambor. Se afecta el control de temperatura en el tope de la torre. Se afecta el inyecta a T-104 a través de D-105. Se afecta la producción de Nafta Ligera.	Indicación de nivel en el tambor. Control del nivel en el tambor. Alarma por alto nivel en el tambor. Control PIC-003 que actúa sobre las válvulas PV003-1-2	Revisar funcionamiento de el lazo de control Aplicar bay-bass al TIC-43 tratando de mantener un flujo constante y que la variables presión y temperatura se mantengan en parámetros Si la causa es fallo de aire de instrumento valorar su prolongación para alinear a slop productos.

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
3	Alta temperatura en el tambor.	Alta temperatura de tope de T-101. Problemas en el enfriamiento en los enfriadores	Se afecta la separación (aumenta fracción no condensada). Aumenta presión en	Indicación en panel de temperatura a la salida de los enfriadores y a la salida del tambor D-	Bajar temperatura en el tope de la torre (0,7atm) sin romper los parámetros armónicos de su

		(bajo flujo o alta temperatura del agua, ineficiencia de los ventiladores). Fallo en el lazo de control TIC-043 de flujo hacia D-103.	el tambor.	103. Válvula de seguridad en el tambor. Manómetro en el cuerpo del tambor.	funcionamiento. Enfriar todo lo posible el producto condensado.
--	--	--	------------	--	--

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
4	Alto flujo del tope de T-101 hacia enfriadores.	Alta presión en el tope de la torre. Fallo en el lazo de control TIC-043 de flujo hacia D-103. Fallo local del aire de instrumentos.	Alto nivel en el tambor de reflujo (D-103). Variación del flujo hacia tambor. Se afecta el control de temperatura en el tope de la torre. Se afecta el inyecta a T-104 a través de D-105. Se afecta la producción de Nafta Ligera.	Indicación de nivel en el tambor. Control del nivel en el tambor. Alarma por alto nivel en el tambor. Control PIC-003 que actúa sobre las válvulas PV003-1-2	Verificar temperatura en el tope de la torre y corregir de ser posible. Apagar ventiladores invitado aumento de la condensación.

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
5	Alta temperatura en el tambor.	Alta temperatura de tope de T-101. Problemas en el enfriamiento en los enfriadores (bajo flujo o alta temperatura del agua, ineficiencia de los ventiladores). Fallo en el lazo de control TIC-043 de flujo hacia D-103.	Se afecta la separación (aumenta fracción no condensada). Aumenta presión en el tambor.	Indicación en panel de temperatura a la salida de los enfriadores y a la salida del tambor D-103. Válvula de seguridad en el tambor. Manómetro en el cuerpo del tambor.	Verificar los niveles visuales con los reflejados en el panel Tratar de evitar el aumento de la condensación Chequear parámetros de trabajo de las bombas P-104 Verificar parámetros de trabajo de la torre específicamente la variable flujo

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
6	Bajo nivel de gasolina en el	Problemas en el lazo de control LIC-005 de flujo	Alta temperatura en el tope de la torre. Problemas en el	Indicación en panel y local de nivel de gasolina en el tambor.	Verificar niveles visuales con los reflejados en el

	tambor.	<p>hacia D-103. Bajo flujo de T-101 hacia el tambor. Alta temperatura en el tambor. Fuga.</p>	<p>funcionamiento de P-108. En caso de fugas, en presencia de fuente de ignición puede ocurrir incendio y/o explosión.</p>	<p>Alarma por bajo nivel en el tambor.</p>	<p>panel. Examinar parámetros de trabajo de las bombas P-104. Ejecutar las operaciones necesarias para elevar las condiciones de condensación de producto.</p>
--	---------	---	--	--	--

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
7	Bajo nivel de agua en el tambor.	<p>Bajo flujo desde T-101. Problemas en el lazo de control LIC-017. Fallo local del aire de instrumentos. Fuga.</p>	<p>Pérdida del sello hidráulico del tambor. En caso de fugas, afectaciones por toxicidad por presencia de gas sulfhídrico.</p>	<p>Indicación en panel de nivel de agua en el tambor. Alarma por bajo nivel en el tambor.</p>	<p>Verificar funcionamiento de la LV-17. Verificar niveles visuales con los reflejados en el panel. Corregir parámetros de la T-101 que permita aumentar al flujo D-103.</p>

Nodo 5: Tambor de reflujo D-103 de tope de T-101 (incluyendo enfriadores 1A/2A/3A-101).					
No	Desviación	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Acciones Correctivas
8	Alto nivel de agua en el tambor.	<p>Alto flujo de T-101 hacia el tambor.</p> <p>Problemas en el lazo de control LIC-017.</p> <p>Cierre de válvula por error humano, por fallo propio o tras un mantenimiento.</p> <p>Problemas en el funcionamiento de P-108.</p>	Puede ocurrir paso de agua a T-101, con presurización de la torre.	<p>Indicación en panel de nivel de agua en el tambor.</p> <p>Alarma por bajo nivel en el tambor.</p> <p>Válvulas de seguridad en T-101.</p>	<p>Drenar el D-103 a través de bay-pass de la LV-17</p> <p>Valorar la posibilidad que pase agua al tope y prepararse para las implicaciones de esta desviación.</p> <p>Localizar puntos bajos y drenar sistema de la P-104.</p> <p>Prestar máxima atención a la válvula de seguridad de la T-101.</p>

3.2 Conclusiones del capítulo

1. Con la aplicación del procedimiento se proponen acciones que no solo mejoran el funcionamiento de la planta sino también, conlleva al incremento de su seguridad operacional.
2. La implantación de las acciones de mejoras deben tener garantizadas las condiciones necesarias, para que las medidas no se distorsionen y ser controladas mediante el plan de control diseñado para garantizar la acción inmediata.

CONCLUSIONES

1. El procedimiento propuesto para el diagnóstico enfocado a la seguridad operacional es flexible y puede ser aplicado a otros procesos de la organización con otros fines.
2. La excelente preparación y experiencia del grupo de expertos seleccionados permitió dar un aporte práctico de mucha utilidad para la organización al completar el documento de riesgos operacionales, lo cual constituye una herramienta para el trabajo operativo.

RECOMENDACIONES

1. Que el procedimiento diseñado sea utilizado de referencia para los trabajos relacionados al proyecto de investigación acordado entre la universidad de Cienfuegos y Refinería específicamente en el campo del conocimiento de la seguridad industrial.
2. La organización debe elaborar un plan que permita maximizar las fortalezas emanadas del diagnóstico.
3. Los estudios de riesgos operacionales del resto de los procesos tecnológico que compone la organización deben ser sometidos a estudio para realizarle un aporte similar.

Bibliografía

- (ARPEL). *Rendimientos de crudo*: Asociación regional de empresas de petróleo y gas de Latinoamérica y el Caribe; 2009
- (OACI). *Manual de Gestión de la Seguridad Operacional*: Organización de la Aviación Civil Internacional; 2005
- BARBIERI, E. E. El pozo ilustrado; 1998.
- BERGER, H. D. *Petróleo moderno: un manual básico de la industria*; 1992.
- CORTÁZAR, O., TRIANA. *Fundamentos de la Destilación*; 2000.
- CORTÉS DÍAZ, J. M. Técnicas de prevención de seguridad e higiene ocupacional. *Revista de la Fundación Mapfre*.
- DEMING, E. W. *Calidad, Productividad y Competitividad*, 1989.
- DUQUE ARBELÁEZ, C. *Metodología para la Gestión de Riesgos*; 2001.
- ESCALANTE, R. *Salud ambiental y ocupacional*. Costa Rica Universidad de Costa Rica 2004. [Date].
- EUGENIO GEORGE. Renace Refinería de Cienfuegos *Periódico 5 Septiembre*, 2006, Disponible en: cubaalamano.net/sitio/client/article.php?id=917
- FAA. *Introduction to Safety Management Systems for Air Operators :Administracion federal de la aviación* 2006.
- FERNÁNDEZ, P. *Diseño de un Procedimiento para la Gestión de la Seguridad y Salud Laboral. Ingeniería Industrial*. CIENFUEGOS: Universidad de Cienfuegos. ; 2006.
- GAMMA. *La Filosofía de Operación y Control sección 100*. Cienfuegos: Refinería de Petróleo; 2006
- GAMMA. *Proyecto Técnico Ejecutivo de la combinada título 01 .Cienfuegos*: Refinería Camilo Cienfuegos; 2006
- GAMMA. *Proyecto Técnico Ejecutivo Refinería de Petróleo de Cienfuegos*: Refinería Camilo Cienfuegos; 2006
- GAMMA. *Las Tablas HAZOP Sección 100 Refinería de Petróleo*. Cienfuegos Refinería Camilo Cienfuegos; 2006

GARY, J. H. *Petroleum Refining: Technology and Economics*; 2002.

GEORGE, E. Renace Refinería de Cienfuegos *Periódico 5 septiembre* 2006, Disponible en: <http://cubaalamano.net/sitio/client/article.php?id=9170>

GEORGE, E. Evolución y perspectivas de la producción de petróleo en Cuba *Economía y desarrollo*, 2007, Disponible en: <http://www.ipscuba.net>

GLEZ, G. *Enfoque para el diseño del Sistema de Gestión Integrado*. La Habana, Cuba, ISPJAE; 2006.

HARRINGTON, J. *Mejoramiento de los Procesos de la Empresa*. In. Colombia; 1993

J, I. *Manual de análisis de riesgo industrial*, Caracas Venezuela; 2001.

KASATKIN, A. G. *Operaciones básicas y aparatos en la tecnología química*. Moscú ; 1981.

L., L. *Simulación y diseño de la unidad de destilación atmosférica para un sistema fraccionador de crudo*. In. Barquisimeto; 1999

LLUCH URPI, J. *Tecnología y margen de refino* In. España; 1968.

MEYER, R. A. *Handbook of Petroleum Refining Processes*; 2000.

MTSS *Procedimientos prácticos generales para la identificación, evaluación y control de los factores de riesgos en el trabajo*. Resolución 31/ 2002.

MTSS. *Indicaciones de trabajo para la evaluación de los riesgos y elaboración de programas de prevención en empresas y entidades económicas*; 2002

MTSS. Bases Generales de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Resolución 39/2007:

MTSS. Elaboración del Manual de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo. Resolución 50/2008

MUÑECAS VIDAL, M. Á. *Caracterización y tratamiento del crudo de petróleo, Ingeniería Química*, 2005.

NC/CTN. *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo vocabulario*. 18000 /2005

NC/CTN. *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo requisitos*. 18001/2005

NC/CTN. *Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo auditoria*. 18011/2005

NOVOA, E. Gestión de riesgos. 1999.

OACI. *Operación de aeronaves*. Organización de la Aviación Civil Internacional; 2001

PAREJA MALAGÓN, F. *Método simplificado de evaluación de riesgos de accidentes*. . España: Instituto nacional de seguridad e higiene del trabajo ; 2001

PARKASH S. *Refining Processes Handbook*; 2003.

REFINERIA. *Manuales del proceso de mantenimiento y de operaciones de la planta de destilación atmosférica*. Cienfuegos: Refinería Camilo Cienfuegos; 2006

REFINERIA *Descripción de las actividades de la empresa e identificación de unidades generadoras*. Cienfuegos: Refinería Camilo Cienfuegos; 2006

REFINERIA *Informe de seguridad de la planta de destilación atmosférica (sección 100)*. Refinería Camilo Cienfuegos; 20010

PIZARRO, N. *Desafíos en seguridad y salud ocupacional*; 2008,

PONS MURGUÍA, R. V. In. Cienfuegos: universidad Carlos Rafael Rodríguez; 2006

RODRÍGUEZ GONZÁLEZ. *Seguridad y Salud en el Trabajo*. Habana; 2007.

RUMMLER, G. B. *Improving performance. How to Manage the White Space on the Organization Char*, 1995.

SANZ, B. *Quía para una gestión basada en procesos*. Instituto Andaluz de Tecnología, Andalucía, España: Imprenta Berekintza; 2003.

SONS, J. W. *Petroleum Technology*. USA; 2000.

SPEIGHT, J. G. *Petroleum Refining Processes (Chemical Industries)*, . In; 2002.

TORRNES, O. *Gestión de seguridad y salud del trabajo en la Empresa Cubana*; 2003

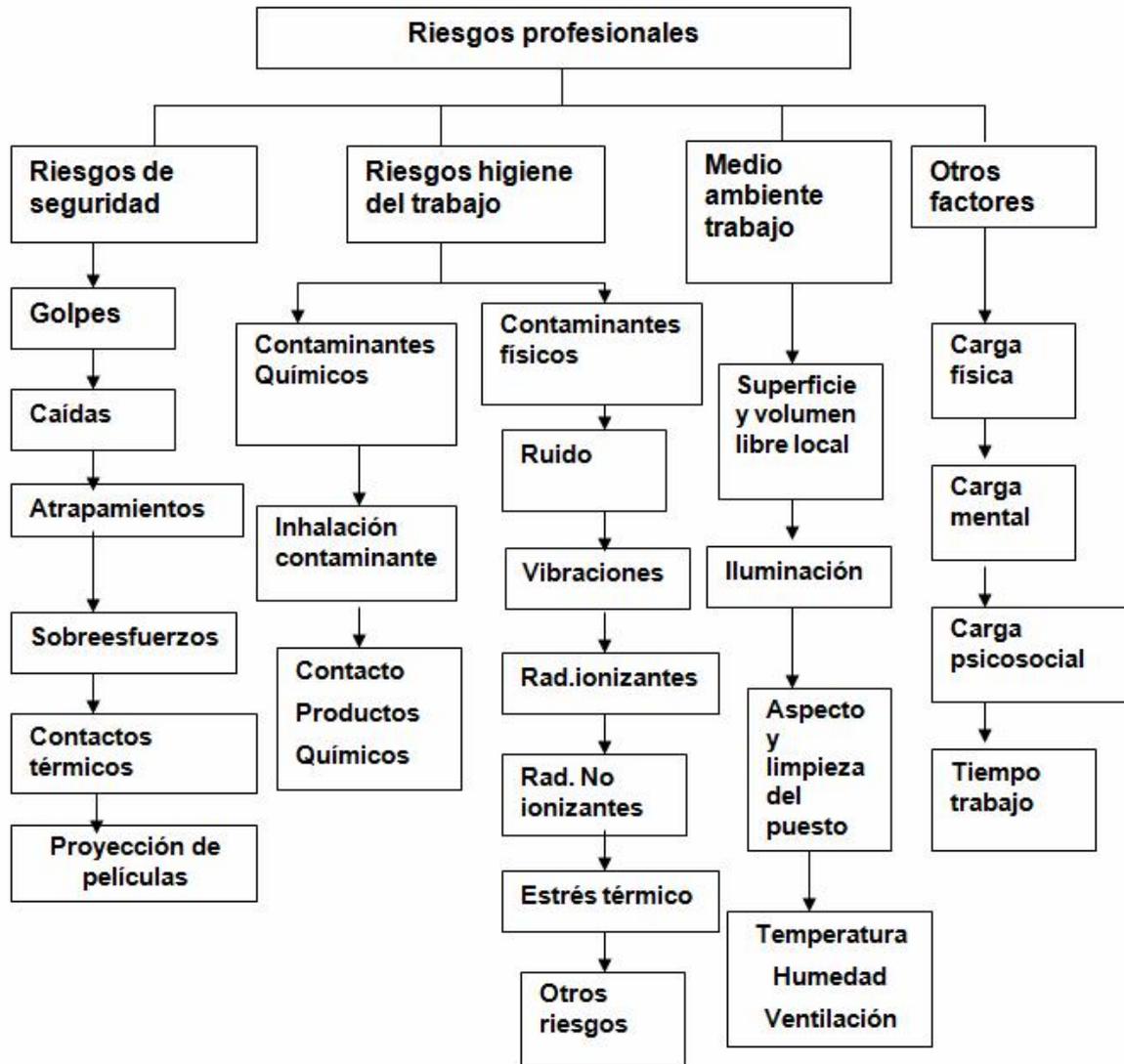
UK, C. *Production of Safety Cases*.: Civil Aviation Authority 2006

ANEXOS

Anexo 1 Conceptos sobre el término riesgo, dados por diferentes autores. Fuente: González González, (2009).

AUTOR	CONCEPTO
Aguirre, 1986.	Posibilidad presente de la ocurrencia de un hecho infausto.
Domínguez, 1993.	Es la posibilidad de que ocurra un daño a la salud de las personas causado a través de accidentes, enfermedades, incendios o averías
Documento divulgativo Evaluación de riesgos laborales, INST. Y norma UNE 81902 – 1996 EX).	Es la combinación de la frecuencia o probabilidad y de las consecuencias que puedan derivarse de la materialización de un peligro
Sevilla, 2002.	Es la posibilidad de ocurrencia de eventos indeseados como consecuencia de condiciones potencialmente peligrosas creadas por las personas y por diferentes factores u objetos.
Perdomo, 2002.	Expresa la posibilidad de pérdida de la vida o daño a la persona o propiedad.
Cirujano, 2002.	Es la probabilidad de que la capacidad para ocasionar daños se actualice en las condiciones de utilización o de exposición, así como la posible importancia de los daños.
Lavell, 2002.	Es la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias económicas iniciales o ambientales en un sitio en particular y durante un período de tiempo definido, se obtiene de relacionar las amenazas con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.
Resolución 39/2007.	Una combinación de la probabilidad de que ocurra un suceso peligroso con la gravedad de las consecuencias que pueda causar el evento.

Anexo 2: Clasificación de los Riesgos Laborales. Fuente: Cortés Díaz (2002).



Anexo 3 : Clasificación de los factores de riesgo. Fuente: Redondo, Patricia (2004).

1- Condiciones de Seguridad

En este grupo se incluyen aquellas condiciones materiales que pueden dar lugar a accidentes en el trabajo, daños a las personas y/o infraestructura. Para su estudio, es necesaria la investigación, la evaluación y el control de factores como:

- **Lugares de trabajo:** Áreas del centro de trabajo en las que el trabajador deba permanecer o acceder en función de su trabajo. Estas deben garantizar seguridad y salud y estar exentas de riesgos; por lo tanto, se deben considerar aspectos como: condiciones de construcción, orden, limpieza y mantenimiento, señalización de seguridad y salud: instalaciones de servicios y protección; condiciones ambientales; iluminación; servicios higiénicos, locales de descanso; material y locales de primeros auxilios.
- **Maquinaria y equipo de trabajo:** Los equipos de trabajo están constituidos por cualquier máquina, aparato, instrumento o instalación utilizada en el trabajo.
- **Manipulación, Almacenamiento y transporte:** Los medios empleados para la manipulación y transporte de todas las materias primas, materiales en proceso, productos terminados y materiales auxiliares (ya sea manual o mecánica) y las condiciones de su almacenamiento, deben de estar de acuerdo con las características, tamaño, forma y volumen del material y la distancia por recorrer.
- **Riesgo de Incendios:** Está presente en todo tipo de actividad, en forma simultánea: combustible, comburente, fuente de calor y reacción en cadena.
- **Instalaciones eléctricas:** Los principales factores que influyen y determinan los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano son: la tensión aplicada, la intensidad y duración del contacto eléctrico, el recorrido de la corriente a través del cuerpo y la resistencia y capacidad de reacción de la persona.
- **Productos Químicos:** Existen sustancias combustibles, inflamables, explosivas, tóxicas, corrosivas, entre otras, que presentan riesgos desde el punto de vista de condiciones de seguridad.

2- Contaminantes Ambientales

Cualquier elemento, sustancia, energía u organismo que en determinada cantidad o variación importante en alguno de sus constituyentes, puede provocar un efecto nocivo o crear malestar al entrar en contacto con los trabajadores en el medio ambiente de trabajo. Estos pueden ser físicos, químicos o biológicos.

- **Contaminantes físicos:** Factores que proceden de diferentes formas de energía presentes en el ambiente de trabajo y que aparecen de la misma forma o modificados por el proceso de producción y repercuten negativamente en la salud.
- **Contaminantes químicos:** Son sustancias constituidas por materia inerte, pueden presentarse en el aire en forma de: moléculas individuales gas o vapor, grupos de moléculas, unidades, formando aerosoles sólidos (fibras y partículas como polvo y humo) o líquidos Su efecto nocivo se debe a su acción tóxica y a la sensibilidad individual que, en general, pueden ejercer las sustancias químicas.
- **Contaminantes biológicos:** Los contaminantes biológicos provocan enfermedades

infecciosas y parasitarias en los individuos entre las que podemos mencionar SIDA, Tuberculosis, Brucelosis, Salmonelosis, Aspergilosis, entre otras. En este particular, hay 200 agentes o contaminantes biológicos presentes en diferentes lugares de trabajo. Se dice que los grupos de trabajadores que tienen más riesgos biológicos son: productores de alimentos, agricultores, depuradores de agua, trabajadores subterráneos, trabajadores de la salud, trabajadores municipales (recolectores de basura) y trabajadores de laboratorios de investigación. El peligro de los contaminantes biológicos va a depender de su capacidad de producción de enfermedades, su posibilidad de contagio y la existencia de un tratamiento precoz.

3- Organización del Trabajo

En toda actividad laboral existen una serie de factores de riesgo derivados de la forma en que se organiza el trabajo que van a tener una influencia decisiva en la salud de los trabajadores. Estos factores de riesgo son los denominados **factores psicosociales**.

- **Factores Psicosociales (Concepto) O.I.T.:** “Interacciones entre el trabajo, su medio ambiente y las condiciones de su organización por una parte y, por otra, las capacidades del trabajador, sus necesidades, su cultura y su situación personal fuera del trabajo, todo lo cual a través de percepciones y experiencias, puede influir en la salud, en el rendimiento y la satisfacción en el trabajo”.

Los factores derivados de la organización del trabajo se expresan como:

- **Carga de Trabajo:** La carga de trabajo es determinada por factores como: jornada y ritmo de trabajo, comunicación, estilo de mando, participación, iniciativa, estatus del puesto, identificación con la tarea, relaciones profesionales y estabilidad en el trabajo entre otros.
- **Carga Física:** Considera los factores propios del trabajador (edad, sexo, constitución física y grado de entrenamiento para la tarea); factores relacionados con el puesto de trabajo (postura, manipulación de carga y movimiento) y factor de sobrecarga y fatiga muscular.
- **Carga Mental:** Está en íntima relación con carga psíquica a la que está sometido el trabajador producto de la cantidad y la calidad de la información que recibe. En este proceso inciden: la complejidad de la respuesta, la autonomía en la toma de decisiones, el tiempo de la respuesta y las capacidades individuales.

- **Método de las listas de chequeos.**

Una lista de chequeo es un conjunto de proposiciones o preguntas que permiten identificar los peligros y las situaciones peligrosas en una entidad.

Las proposiciones o preguntas se confeccionan a partir de la legislación vigente (normas, resoluciones, entre otras.), la consulta de libros de texto y revistas especializadas o en el propio manual de instrucciones del fabricante.

- **Mapa de Riesgos.**

El mapa de riesgos o Topograma, es un método sencillo y en ocasiones muy eficaz para identificar riesgos. Este método consiste en señalar, mediante símbolos, letras y colores; los riesgos presentes en un área determinada e incluso, se puede emplear para puestos de trabajo específicos donde prevalecen altos riesgos.

El mapa nos indica los lugares donde hay que extremar las medidas preventivas y de control de riesgos, la divulgación, la señalización y la instrucción de los trabajadores. El mapa se puede confeccionar para un riesgo específico o para más de uno, depende de los intereses de cada área o lugar. A veces, la agrupación de muchos riesgos resulta complicada y no efectiva. Para confeccionar un mapa de riesgos lo primero es hay que determinar es cuál o cuáles riesgos se van a ubicar en al mapa. Una vez determinados, se confecciona el mapa. El mapa de riesgos no tiene un comportamiento permanente en el tiempo, pues está sujeto a modificaciones según las variaciones de las condiciones de trabajo.

- **Encuestas.**

La aplicación de encuestas correctamente diseñadas permite obtener información sobre las situaciones peligrosas y los riesgos de muchas personas. Deben aplicarse a trabajadores, directivos con amplio conocimiento de la actividad que se realiza en el puesto de trabajo, en el proceso, en el área o en la empresa, según sea la amplitud que abarque esta.

Su calidad está determinada por el conocimiento que posean los que la confeccionan, aunque siempre debe dejarse la posibilidad al encuestado de incluir algún riesgo que considere importante y no aparezca en la encuesta.

- **Análisis preliminar de riesgos.**

El principal objetivo de un Análisis Preliminar de Riesgo (PHA) es identificar riesgos en las etapas iniciales del diseño de la planta e incluso es útil para determinar el lugar óptimo para el emplazamiento. Por tanto puede ser muy útil para el ahorro del tiempo / coste si se identifican en este momento los riesgos importantes en la planta futura. El PHA se centra en los materiales peligrosos y en los elementos importantes desde que se dispone de muy pocos detalles de la futura planta. A grandes rasgos es una revisión de dónde puede liberarse energía incontroladamente. Es por tanto una lista de riesgos relacionados con: materias primas, productos intermedios y finales (reactividades), equipos de planta, operaciones, equipos de seguridad etc. Como resultado se obtienen recomendaciones para reducir o eliminar riesgos en las posteriores fases del diseño de la planta.

- **Análisis what if?.**

El análisis “qué ocurriría si” consiste en determinar las consecuencias no deseadas originadas por un evento. Este tipo de análisis no está tan estructurado como análisis HAZOP o FMECA. Es un método del que no existe tanta información como el resto (es más artesanal) sin embargo los especialistas avanzados en la aplicación de esta técnica consideran que es una herramienta fácil de emplear y menos tediosa que las otras. El método puede aplicarse para examinar posibles desviaciones en el diseño, construcción, operación o modificaciones de la planta. Es importante destacar que suele ser un método potente únicamente si el equipo humano asignado es experimentado. El método utiliza la

siguiente expresión: ¿Qué ocurriría si, por ejemplo, se cierra manualmente la válvula A en vez de la B que sería la correcta?

- **Análisis HAZOP o AFO.**

Consiste en revisar la planta en una serie de reuniones durante las cuales un equipo multidisciplinar realiza un “brainstorming”, bajo un método, sobre el diseño de la planta; con el objeto de identificar los riesgos asociados con la operación del sistema e investigar las posibles desviaciones de la operación normal de la planta, así como sus consecuencias. Puede usarse en plantas en operación, durante el proyecto cuando ya se tiene el proyecto definitivo y en fases de arranque. Es especialmente útil para identificar los riesgos para cambios propuestos en una instalación. El tiempo y costos invertidos dependen del tamaño de la planta a analizar y el número de áreas de investigación. No es efectivo a nivel costo / tiempo si el personal no tiene conocimiento de la metodología y del proceso.

Desalación eléctrica.

El agua contenida en el petróleo con sales disueltas en ella, esencialmente con cloruros, no solamente constituye una impureza, sino que provoca una fuerte corrosión en los equipos del proceso y empeora la calidad de los combustibles que son inyectados para los procesos catalíticos. [Reglamento Tecnológico Sección 100, 1985]

El Crudo proveniente de la Estación de Bombeo de Crudo es descargado hacia el primer banco de intercambiadores. Este tren de intercambiadores cuenta con dos ramales en paralelo conformado, cada uno, por cuatro intercambiadores en serie. Cada ramal se calienta sucesivamente, en un banco de intercambiadores con reflujos recirculantes de la Torre T-102 y Fuel-Oil.

Finalmente, ambos ramales se unen para llevar el Crudo precalentado a una temperatura de 100-120 °C y a una presión de 11-12 Kgf/cm², al sistema de Desalación Eléctrica.

El Sistema de Desalación Eléctrica cuenta con dos etapas de Desalación cada una con un Sistema de Lavado con Agua.

A la succión de la bomba de carga a la planta, se inyecta una solución desmulsificante (progalita), proveniente del bloque de reactivos químicos. Esto con la finalidad de ayudar la destrucción rápida y completa de la emulsión formada mediante la disminución de la tensión superficial de las gotas de agua a través de un campo eléctrico y lograr la desalación del Crudo en el proceso.

La **1^{era} etapa**, cuenta con dos electrodeshidratadores, los cuales trabajan en paralelo. La alimentación a los mismos es a través de eyectores en donde se mezcla el Crudo con agua proveniente del Sistema de Lavado.

La salida de ambos electrodeshidratadores se une, la cual es la alimentación de la **2^{da} etapa** de Desalación.

La operación de los electrodeshidratadores de la **2^{da} etapa**, es similar al de la primera etapa. La alimentación a los mismos es a través de los eyectores, mezclando en estos el crudo con agua fresca proveniente del tambor abastecido del agua recirculante del primer sistema de enfriamiento.

En general, para extraer las sales el petróleo, se mezcla con intensidad con el agua dulce en los eyectores y la emulsión formada entre el agua y el petróleo se destruye y se dispersa en un campo eléctrico de los electrodeshidratadores.

Por la parte inferior de los electrodeshidratadores se drena el agua conteniendo las sales mientras el crudo desalado se extrae a un nivel superior.

Destilación atmosférica.

El crudo desalado es calentado hasta la temperatura de inyección a la T-101 (Desgasolinadora), en el segundo banco de intercambiadores donde el flujo principal se divide en dos ramales en paralelo conformado cada uno, por cuatro intercambiadores en serie. En esta etapa el crudo alcanza una temperatura de 203 °C al intercambiar en una primera etapa con la fracción 270-350 °C y en una segunda etapa con crudo reducido proveniente ambas corrientes de la columna T-102. En la línea de alimentación del segundo banco de intercambiadores, se le inyecta una solución al 2% de inhibidor de corrosión, proveniente del bloque de reactivos químicos. Finalmente luego del segundo

banco de intercambiadores, el crudo calentado desalado y deshidratado, a una presión $6,1 \text{ Kg/cm}^2$ se dirige a la Torre Desgasolinadora T-101.

Por la línea de alimentación a la Torre Desgasolinadora T-101, se le inyecta una solución de álcali al 1% en caso de ser requerido según la acidez contenida en el crudo de inyectado, proveniente del bloque de reactivos químicos. La alimentación a la torre se distribuye en varias entradas distribuidas en los platos 7 y 9.

Por el tope de la Torre sale la fracción pie 105°C , a una temperatura de 120°C y a una presión de $4,5 \text{ Kg/cm}^2$ hacia los enfriadores de aire, gran parte se condensan en dichos enfriadores y de allí van al tambor de reflujo del tope T-101 con una temperatura de 55°C . En la línea de salida de los gases del tope y en la línea de reflujo de la Torre T-101, se inyecta solución al 2% de inhibidor de corrosión ($19,9 \text{ g/Ton}$ de crudo), procedente del bloque de reactivos. El reflujo es retornado desde el Tambor de Reflujo en el tope de la Torre T-101 en una relación tal, capaz de mantener estable y en los niveles deseado la temperatura en esta sección de la torre. El exceso de reflujo va a los enfriadores y constituye el inyectado a la torre T-104. En este tambor de reflujo se hacen extracciones de agua sulfhídrica que es enfriada y va hacia la planta de tratamiento de residuales.

Desde el fondo de la torre sale crudo desgasolinado, una parte pasa a través de un horno para reinjectarlo por dos corrientes en forma de chorro caliente a la Torre T-101 por debajo del plato 1 con el objetivo de mantener la temperatura de trabajo de la columna. El exceso de fondo alimenta a la columna de destilación atmosférica luego de pasar por un horno que cuenta con tres cámaras para garantizar la temperatura adecuada del inyectado.

En la línea de salida del tope y en la línea de reflujo de la Torre T-102, se inyecta al 2% inhibidor de corrosión, procedente del bloque de reactivos.

Por el tope de la Torre sale la fracción pie 120°C hacia enfriadores de aire a una temperatura de 114°C y a una presión de $0,7$ a $1,0 \text{ Kg/cm}^2$. Esta fracción se enfría hasta una temperatura 55°C y va al tambor de reflujo del tope T-102. Desde el Tambor de reflujo el producto va a un enfriador por aire y de allí pasa a un enfriador por agua. Posteriormente es retornada hacia el tope de la torre. En el tambor de reflujo se hacen extracciones continuas de agua sulfhídrica con una bomba, esta se descarga a través de un enfriador hacia la planta de tratamiento de residuales.

De la Torre T-102, se extraen cuatro cortes laterales:

- **La Fracción $120-180^\circ\text{C}$** , se extrae por los platos 45 y 47 y va a la parte inferior de la primera sección de la Torre Despojadora T-103, a una temperatura 134°C . Para despojar las fracciones ligeras, es suministrado al mismo vapor de agua sobrecalentado, la fracción ligera y los vapores de agua que salen del tope de la despojadora entran a la Torre T-102 en el plato 48 a una temperatura de 132°C . La fracción de fondo es bombeada hacia un enfriador por aire y posteriormente pasa a un intercambiador por agua para finalmente llegar al Nudo de Mezcla.

- **La Fracción $180-230^\circ\text{C}$** , se extrae de los platos 34 y 36 y va a la parte inferior de la segunda sección de la Torre Despojadora T-103 a una temperatura 195°C . Para despojar las fracciones ligeras es suministrado vapor de agua sobrecalentado. La fracción ligera y los vapores de agua sale del tope de la despojadora y entran a la Torre T-102. Por el fondo la fracción es bombeada hacia un enfriador por aire para finalmente llegar al Nudo de Mezcla.

▪ **La Fracción 230-270°C**, se extrae de los platos 22 al 24 y va a la parte inferior de la tercera sección de la Torre Despojadora T-103 a una temperatura 252°C. Para despojar las fracciones ligeras, es suministrado vapor de agua sobrecalentado. La fracción ligera y los vapores de agua sale del tope de la despojadora y entran a la Torre T-102. Por el fondo la fracción es bombeada hacia un intercambiador luego a enfriadores para ir al Nudo de Mezcla

▪ **La Fracción 270-350°C**, se extrae de los platos 12 al 14. Este corte se divide en dos ramales y va al 2^{do} banco de intercambiadores para ceder calor al crudo desalado.

De la Torre T-102, se extraen tres reflujos recirculantes, los que son aprovechados para ceder calor en el 1^{er} banco de intercambiadores y así precalentar el crudo, antes de su desalación.

Del fondo de la T-102, se extrae el crudo reducido (fuel) que cede calor en el segundo banco de intercambio al inyector de la T-101 después se dirige al primer banco de intercambiadores para ceder calor en contracorriente al crudo que se precalienta. Luego el crudo reducido sale hacia los enfriadores por aire, de estos enfriadores sale a patio de Tanques.

La torre (T-103) cuenta con tres secciones donde a cada una de ellas llegan las fracciones desde la Torre de Destilación Atmosférica T-102.

La torre estabilizadora (T-104) es alimentada con el exceso de gas y reflujo de tope de la T-101 y T-102 los cuales forman la fracción 70-120 °C inestable que se recolecta en un tambor alimentador para posteriormente ser precalentado en intercambiadores antes de ser inyectado. Por el fondo del tambor alimentador se descarga el agua sulfhídrica hacia la planta de tratamiento de residuales luego de ser enfriada y por el tope los gases son enviados al cabezal de gas combustible.

Por el tope de la Torre sale la fracción pie 70°C inestable hacia enfriadores de aire, luego a un enfriador por agua y posteriormente pasa al tambor de reflujo del tope de la Torre T-104 para ser retornado al tope con una relación de reflujo.

El exceso Pie 70 °C es bombeado a un enfriador por agua. Posteriormente, va a la sección 400.

Por el fondo, de la Torre T-104 la fracción 70-120 °C estable es recirculada a través de un horno para mantener la temperatura en la torre.

La otra salida de fracción 70-120°C estable por el fondo de la torre va a un intercambiador donde precalienta el inyector y luego es enfriada por aire y agua y se dirige hacia el nudo de mezcla.

2.3 Nudo de Mezcla

El nudo de mezcla es donde se forman las fracciones resultantes de la sección 100. Estas son:

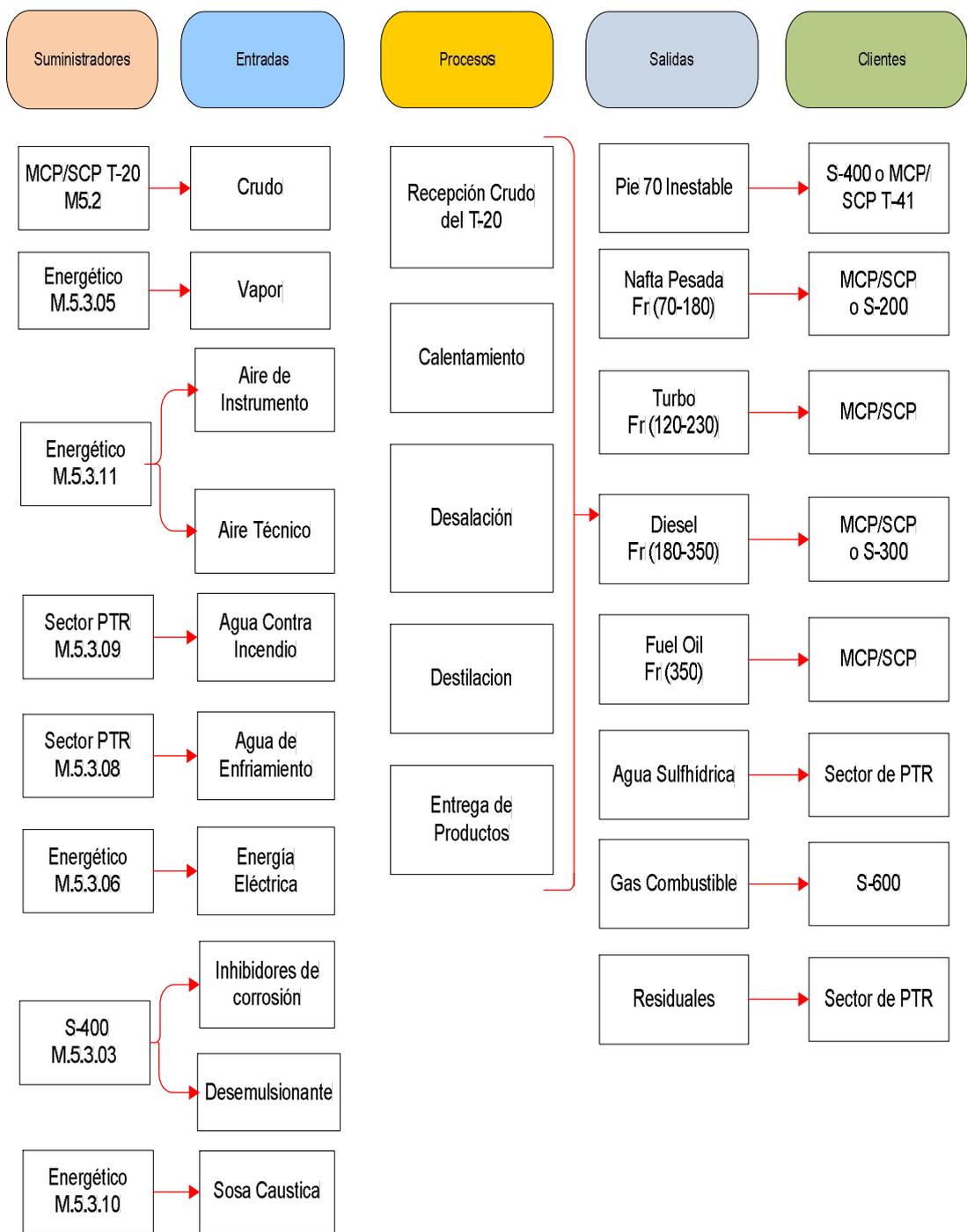
1. **Fracción 70-180°C**, se forma mezclando el corte 70-120°C y corte 120-180°C. A esta fracción se le denomina **Nafta** de Inyector que va a la sección 200 o al Patio de tanque (MCP)

2. **Fracción 120-230°C**, se forma mezclando el corte 120-180°C y corte 180-230°C. A esta fracción se le denomina **Turbocombustible** que va al Patio de tanque (MCP). Constituyendo el inyector a la planta MEROX.

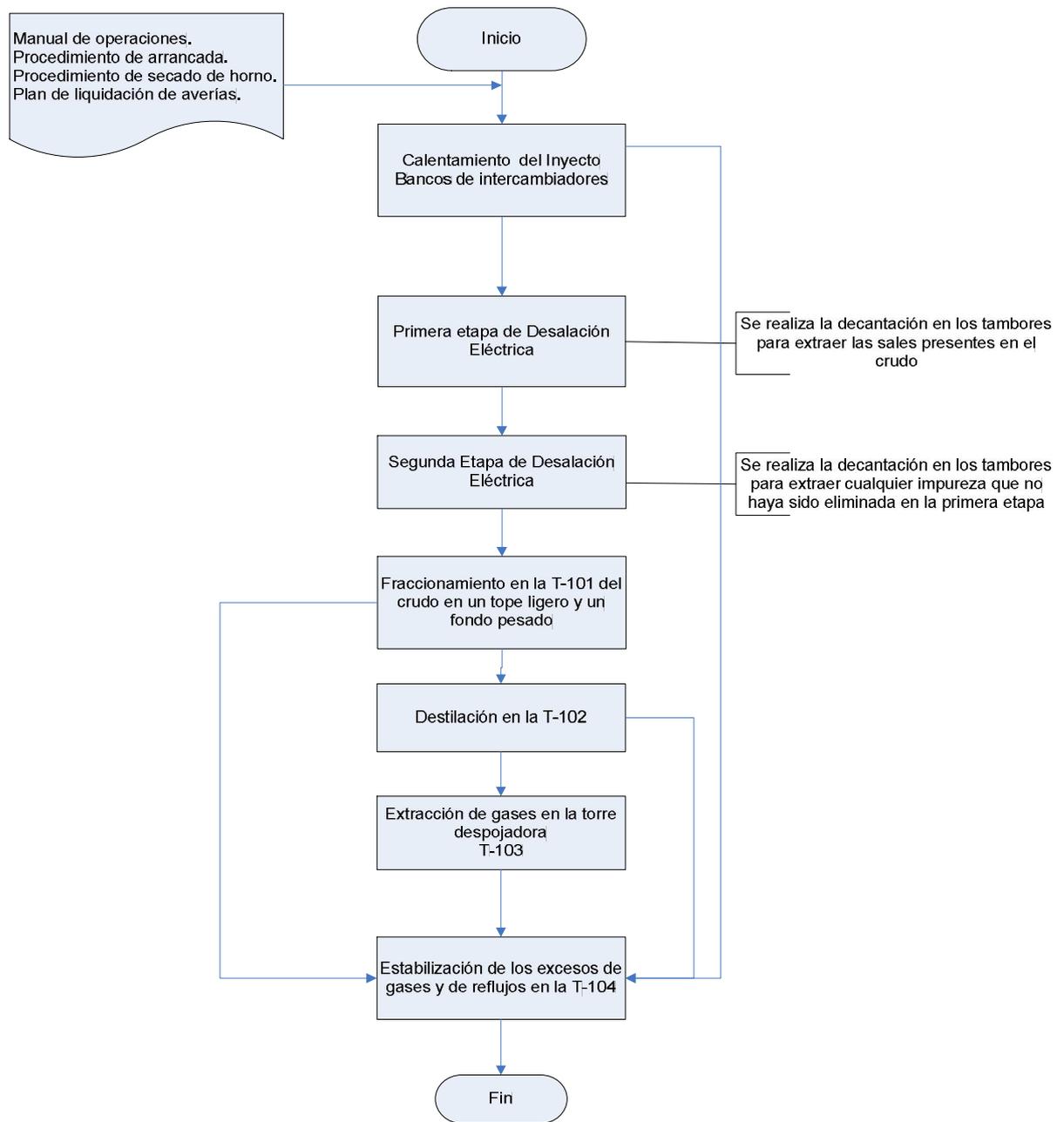
3. **Fracción 120-270°C**, se forma mezclando el corte 120-180°C, corte 180-230°C y corte 230-270°C. A esta fracción se le denomina **Kerosene**, que va a al Patio de tanque (MCP).

4. Fracción 180-350 °C, se forma mezclando el corte 180-230°C, corte 230-270°C y corte 270-350°C. A esta fracción se le denomina **Diesel** que va a al Patio de tanque (MCP), constituyendo el inyector a la sección 300-1 (Planta Hidrofinadora de Diesel).

Anexo 6 Diagrama SIPOC del proceso destilación atmosférica. Fuente: Elaboración propia



Anexo 7 Diagrama del flujo del proceso de destilación atmosférica. Fuente: Elaboración propia



Anexo 8 Metodología de jerarquización, determinación de malos actores y oportunidades de mejoras.

Índice.

1. Objetivos.

1.1. Definir los pasos fundamentales para aplicar la metodología de jerarquización, determinación de malos actores y oportunidades de mejoras en la Refinería “Camilo Cienfuegos”.

2. Alcance.

1.2. Es aplicable a todas las Unidades de Procesos y Talleres de Producción de Refinería Camilo Cienfuegos.

3. Referencias.

1.3. Descripción del Programa de Confiabilidad Operacional de Refinería “Camilo Cienfuegos”.

4. Relación de Anexos

1.4. Anexo 1 Diagrama de Flujo de funciones cruzadas. Metodología para la jerarquización y determinación de malos actores y oportunidades de mejoras.

1.5. Anexo 2 “Lista de problemas, desviaciones y oportunidades de mejoras”.

4. Responsabilidades.

1.6. Los responsables de elaborar, revisar y aprobar el presente procedimiento se indican en la portada del mismo.

1.7. El Vice Director General es responsable por la implantación de este procedimiento.

1.8. Los Directores son responsables de garantizar la participación de los representantes de las diferentes especialidades en los equipos de trabajo para la aplicación de la metodología.

1.9. El Jefe de Grupo de Servicios Técnicos es responsable de verificar la aplicación adecuada de este procedimiento.

1.10. Todas las Áreas y funciones de la organización son responsables de cumplir con lo establecido en este procedimiento.

5. Definiciones.

1.11. ENT: Equipo Natural de Trabajo: Grupo de representantes de diferentes disciplinas de la organización, que trabajan en conjunto durante un período determinado para analizar problemas comunes; estableciendo sinergia en la búsqueda de beneficios a la Unidad de Negocios.

1.12. RCC: Refinería “Camilo Cienfuegos”

1.13. L.P.D.O: Lista de problemas, desviaciones y oportunidades de mejoras.

2. Desarrollo.

La “jerarquización de problemas y oportunidades de mejoras” es un método cualitativo, que busca identificar y jerarquizar oportunidades de mejoras considerando el riesgo, para establecer prioridades en las acciones de un plan de recuperación de los sistemas y equipos adscritos a las instalaciones, que permita incrementar la Confiabilidad y Disponibilidad.

2.1. La aplicación de esta metodología permite:

- a) Identificar dónde están las mayores oportunidades que existen en las instalaciones.
- b) Establecer el orden y las prioridades que permitan dirigir las inversiones en actividades oportunas que den resultados sustentables a corto, mediano y largo plazos.
- c) Conocer de forma cualitativa cuál es el valor que tiene un evento indeseado o cada oportunidad identificada.
- d) Identificar de forma cualitativa los recursos necesarios para resolver las fallas recurrentes de alto impacto a la instalación.

2.2. En el Anexo 1 se muestra un Diagrama de Flujo de funciones cruzadas, donde se representa el papel de cada miembro del ENT durante la aplicación de la metodología. El facilitador debe garantizar que todo el personal involucrado entienda la finalidad del trabajo que se realiza, así como el uso que se le dará a los resultados que se obtengan, debe aclarar cada pregunta, dando ejemplos para cada caso, para que luego los miembros del ENT procedan con sus intervenciones.

2.3. Esta metodología se aplica una vez al año en todas las Unidades de Procesos y Talleres de la Refinería. Como resultado final se elabora un plan de acciones a corto, mediano y largo plazo según el resultado de la aplicación de la Matriz de Esfuerzo – Riesgo e incluirá las decisiones y acciones orientadas a la solución definitiva de cada uno de los problemas jerarquizados. El Plan de acciones se chequeará mensualmente por la Dirección Técnica.

2.4. Primeramente se realiza una lista de los problemas que afectan en mayor proporción el desempeño de las Unidades de Procesos provocando impactos en las operaciones, riesgos asociados a la seguridad y afectaciones al medio ambiente.

Preferentemente suministran esta información Servicios Técnicos (SSTT), Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA), Operaciones, Ingeniería de Procesos, Mantenimiento y Automática, Informática y Telecomunicaciones (AIT), teniendo en cuenta los historiales de inspecciones, historiales de fallas, informes técnicos, informes de investigaciones de averías, experiencias de operaciones y de los mantenimientos.

2.5. El ENT determina la severidad potencial que implica mayores consecuencias para cada problema a analizar y la probabilidad de ocurrencia de acuerdo a los históricos que se tengan del período que se analiza. En la medida que se realiza el análisis los facilitadores registran las decisiones del ENT en la Lista de problemas y Oportunidades de mejoras, en la que queda categorizado cada problema y su formato se muestra en el Anexo 2 (RRF-DT-P-14-12-01).

2.6. Para la jerarquización se utilizarán las matrices de Severidad – Probabilidad de ocurrencia y la Matriz de Esfuerzo – Riesgo.

SEVERIDAD POTENCIAL			
Personas	Activos Costo Total (USD)	Ambiente	Imagen
Múltiples fatalidades o gran discapacidad	Cierre definitivo de la instalación	Daño ambiental a gran escala, irreversible	Demandas por insatisfacción de PDVSA
Al menos una fatalidad, discapacidad total permanente o absoluta permanente	Parada total de la instalación por 1 semana	Fuga o derrame masivo, daño a largo plazo	Demandas de Clientes y otras Partes interesadas

1.1. En la Matriz de Esfuerzo - Riesgo:

I, II y III: Son los problemas que se deben atacar rápidamente. Estos problemas implican un alto riesgo y poco esfuerzo.

IV, V, VI: Son los problemas que presentan mediano y bajo riesgo, se atacan a mediano plazo. El cuadrante IV por tener alto riesgo no debe atenderse a largo plazo.

VII, VIII y IX: Son los problemas que tienen bajo riesgo, pero son muy costosos de solucionar, por lo que se deben atacar a largo plazo.

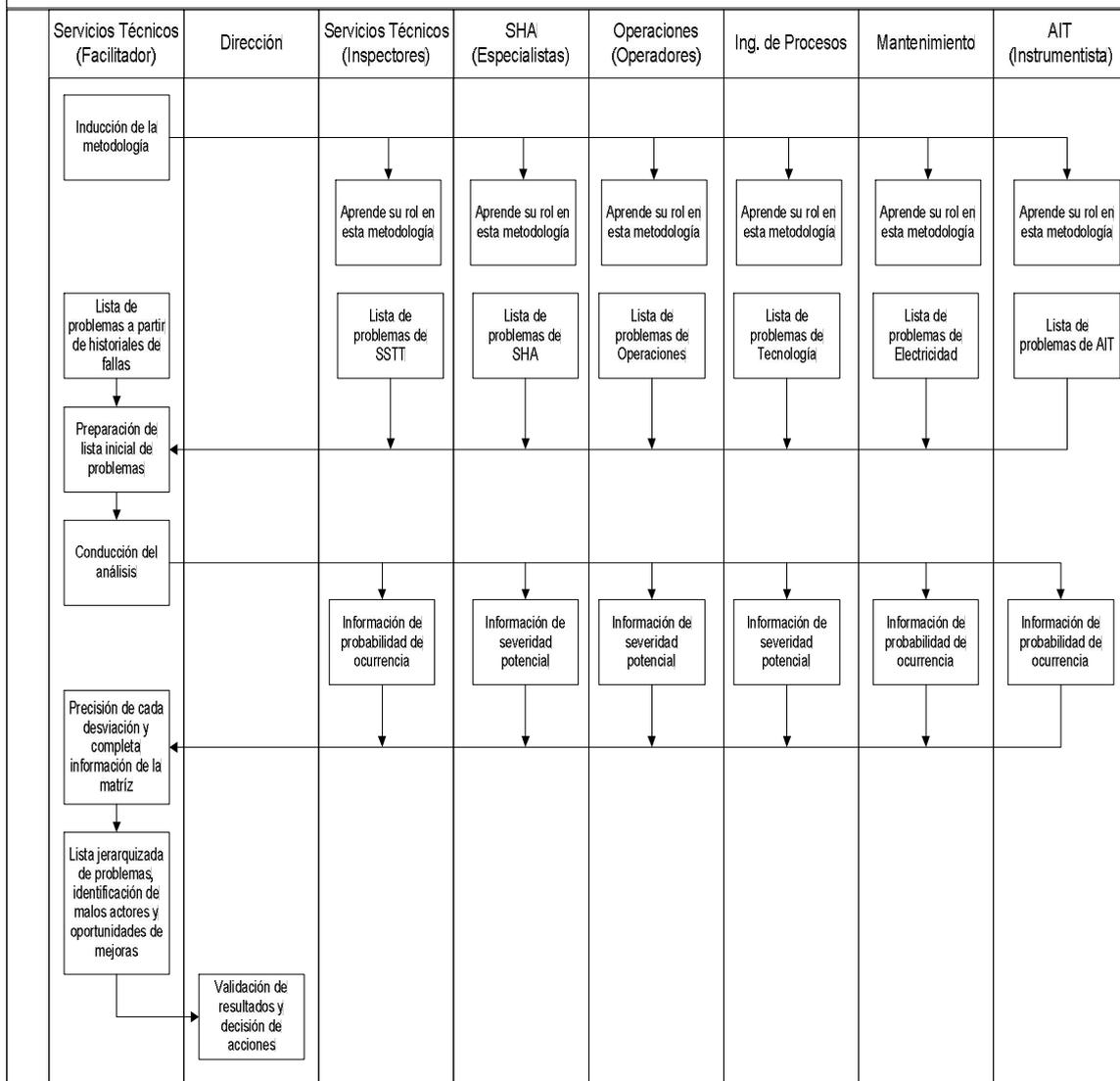
Esfuerzo	Se requiere de la intervención de especialistas externos o recursos no disponibles	3	IX	VII	IV
	Se identificaron alternativas de solución. Sin embargo, no se dispone del 100 % de los recursos para ejecutar la actividad	2	VIII	V	II
	Solución directa. Se dispone de recursos propios (humanos y materiales)	1	VI	III	I
			1	2	3
			Riesgo		

3. Registros.

Código	Denominación	Precisiones
-	Plan de acciones	Sin un formato predefinido elaborar según indica el punto 8.3
RRF-DT-P-14-12-01	L.P.D.O	-

Anexo 4.

4.1.1.7.2 Jerarquización



Anexo 2 RRF-DT-P-14-12-01 Lista de problemas, desviaciones y oportunidades de mejoras

Fecha: _____

No.	Sistema	Desviación	Evento/Equipo	Ubicación	Descripción	Probabilidad	Consecuencia

Anexo 9: Nivel de concordancia de los expertos por cada nodo

Nivel de concordancia

Nodo 1 Acondicionamiento de Crudo

Estadísticos de contraste	
N	7
W de Kendall	,730
Chi-cuadrado	32,200
gl	10
Sig. asintót.	,000
a Coeficiente de concordancia de Kendall	
Análisis de los resultados	
Ho: No hay comunidad de preferencia. no existe acuerdo	
H1: Existe comunidad de preferencia	
Con la utilización del paquete estadístico profesional SPSS 19,0. El contraste de esta hipótesis se reduce a comparar el Nivel de Significación (NS, signif. Asintót.) obtenido con el preestablecido para la prueba(0,05), si $NS < 0,05$ se rechaza Ho. Signif Asintot $< 0,05$ Acepto H1 ,000 $< 0,05$ Por tanto existe comunidad de preferencia	