

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE RECIBO DE COMBUSTIBLE
POR LINEAS SUBMARINAS EN EL TERMINAL POZOS COLORADOS DE LA
CIUDAD DE SANTA MARTA**

AUTORES

Iván Yussi Castilla Vargas
Gustavo Adolfo García Ortiz

Trabajo de Grado para optar al Título de Ingeniero Industrial

DIRECTOR

Ing° Willingthon Gámez Araujo, PhD



FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

SEDE SANTA MARTA

Santa Marta D.T.C.H.

2020



FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA DE INGENIERIA INDUSTRIAL
Trabajo presentado para optar por el Título de
Ingeniero industrial

FECHA DE INICIO DEL TRABAJO: _____

FECHA DE TERMINACIÓN DEL TRABAJO: _____

ACEPTACIÓN Y AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTAR:

AUTORES:

Iván Yussi Castilla Vargas _____

Gustavo Adolfo García Ortiz _____

DIRECTOR:

Ing^o Wellington Gámez Araujo, Ph.D: _____

COORDINADOR: _____

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO: _____

Nota de Aceptación

Firma presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Santa Marta, mayo de 2020

DEDICATORIA

Dedicamos este triunfo a Dios, por su bendición y por habernos permitido crecer académica y personalmente.

A nuestras familias, por recibir de ellas toda su paciencia y apoyo incondicional que nos permitió finalizar este proceso de manera exitosa, sin ellos no hubiese sido posible lograrlo.

Iván Yussi Castilla Vargas.

Gustavo Adolfo García Ortiz.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro sincero agradecimiento a la universidad Antonio Nariño y a cada uno de los docentes en la facultad de Ingeniería Industrial, en especial al Ingeniero Wellington Germán Gámez Araujo, por su guía y apoyo en todo el proceso de formación universitaria, al igual que a todo el personal administrativo, sede Santa Marta, por haber aportado con dedicación, esmero y paciencia, en compartir sus conocimientos y atención, para que pudiésemos lograr nuestra preparación académica en el transcurso de la carrera, permitiéndonos crecer en conocimiento en lo profesional y personal, viéndose reflejado en el logro de este proyecto, llegando a la meta propuesta.

Iván Yussi Castilla Vargas.

Gustavo Adolfo García Ortiz.

CONTENIDO

pág.

1. TITULO	16
2. INTRODUCCIÓN	17
3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	20
4. JUSTIFICACION	27
5. OBJETIVOS.....	32
5.1. Objetivo General	32
5.2 Objetivos Específicos.....	32
6. MARCO REFERENCIAL.....	33
6.1 Antecedentes de la Investigación.....	33
6.2 Marco Teórico	42
6.2.1 Formas de Ejecución.....	45
6.2.2 Desarrollo de la Operación	47
6.2.3 listado de Chequeo.....	48
6.2.4 Diagrama de Flujo	49
6.2.5 Medición	51
6.2.6 Liquidación Volumétrica Inicial.....	51
6.2.7 Alineación del Sistema	52
6.2.8 Desplace de Producto en Línea.....	53
6.3 Marco Conceptual	54
6.3.1 Hidrocarburos	54
6.3.2 Combustible	55
6.3.3 Poliductos.....	55
6.3.4 Líneas Submarinas.....	56
7. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	59
8. MARCO METODOLÓGICO	60
8.1 Enfoque de la Investigación	60
8.2 Tipo de Investigación	61
8.3 Diseño de Investigación	61
8.4 Método de la Investigación.....	62

9. VARIABLES.....	65
9.1 Población	68
9.2 Muestra	68
9.3 Instrumento para la Recolección de la Información	69
9.4 Validez y Confiabilidad	69
9.5 Procedimiento de la Investigación.....	72
10. RESULTADOS.....	73
10.1 El proceso.....	75
10.2. Análisis del esquema operacional actual en los diferentes desplaces que se presentan	82
10.3 Acciones de cambio	83
10.3.1 En el recibo de Nafta Importada (NATI).....	84
10.3.2 En el recibo de ACEM	85
10.4 Nuevo Esquema	86
10.4.1 Al recibir un buque con Gasolina Motor Regular (GMR) o Gasolina Motor Regular importada (GMRI).	89
10.4.2 Al recibir un buque tanque con NAFTA IMPORTADA (NATI) ...	90
10.4.3 Al recibir un Buque Tanque con ACEM	91
11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	93
12. CONCLUSIONES.....	102
13. RECOMENDACIONES	104
14. BIBLIOGRAFÍA.....	105
15. ANEXOS	113
15.1 Encuesta aplicada.....	113
15.2 Análisis de Fiabilidad del Instrumento	118
15.3 Tabulación de los Datos.....	119

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Cuadro de la Variable.....	66
Cuadro 2. Esquema para el Análisis Estadístico.....	93

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. DIAGRAMA DE FLUJO.....	50
Gráfico 2. Diagrama de Planos.....	82
Gráfico 3. Resumen de Porcentajes de respuestas.....	100

ÍNDICE DE IMÁGENES

	pág.
Imagen 1. Poliducto Veracruz – Hidalgo.....	56
Imagen 2. Métodos de Instalación de líneas submarinas.....	58
Imagen 3. Instalación de líneas submarinas.....	58
Imagen 4. Cronología del Logotipo de Ecopetrol.....	74
Imagen 5. Refinería Ecopetrol, S. A. en los años 40.....	75
Imagen 6. Mono-Boya Pozos Colorado.....	76
Imagen 7. Líneas submarinas Pozos Colorados.....	76
Imagen 8. Sistema de Filtración.....	77
Imagen 9. Múltiple de tuberías con válvulas.....	77
Imagen 10. Recibo de Buque tanque.....	78
Imagen 11. Sistema Líneas submarinas.....	79
Imagen 12. Trampas de Despacho y Recibo de raspadores.....	79
Imagen 13. Sistema de Filtración de Buque tanques.....	80
Imagen 14. Sistema de Almacenamiento.....	81
Imagen 15. Sistemas Auxiliares.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Sistema de filtración.....	52
Tabla 2. Matriz Alineación de Tanques.....	53
Tabla 3. Distribución de la población.....	68
Tabla 4. Resumen de procesamiento de los casos.....	70
Tabla 5. Estadísticos de fiabilidad.....	70
Tabla 6. Escala para la valoración del coeficiente de confiabilidad.....	71
Tabla 7. Baremo para la interpretación del comportamiento de la Variable.....	94
Tabla 8. Dimensión 1: Formas de Ejecución (1a parte).....	95
Tabla 8. Dimensión 1: Formas de Ejecución (2a parte).....	95
Tabla 9. Dimensión 2: Acciones de Cambio.....	97
Tabla 10. Dimensión 3: Nuevo Esquema.....	98
Tabla 11. Interpretación del baremo.....	101

ÍNDICE DE ANEXOS

	pág.
15.1 Calculo de ahorros según propuesta.....	113
15.2 Encuesta aplicada.....	114
15.3 Análisis de Fiabilidad del Instrumento.....	118
15.4 Tabulación de los Datos (parte 1).....	119
15.5 Tabulación de los Datos (parte 2).....	119
15.6 Tabulación de los Datos (parte 3).....	120
15.7 Tabulación de los Datos (parte 4).....	120

GLOSARIO

CELDAS REMOTAS: son dispositivos no intrusivos que detectan las variaciones de gravedades específicas, en los diferentes fluidos que pasan por el interior de las tuberías.

COMBUSTIBLE: es uno de los tres componentes que conforman el triángulo de la combustión. La mayoría de los combustibles, al margen de que sean sólidos, líquidos o gaseosos, están compuestos, básicamente, por Carbono (C) e Hidrógeno (H); además de estos componentes principales tienen otros como Azufre (S), Humedad (H₂O), Cenizas, entre otros.

DENSÍMETROS: son instrumentos que pueden ser intrusivos o no, que detectan de forma más precisa y en tiempo real la gravedad específica y gravedad API de los productos que se manejan en el poliducto.

DIAGRAMA DE FLUJO: es un formato que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. Según su propósito, puede obtener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, las distancias recorridas, el tiempo, las personas, entre otras.

HIDROCARBUROS: son compuestos orgánicos conformados por átomos de hidrogeno, y debido a que el carbono tiene 4 electrones en su capa externa, requiere de una donación de electrón.

LÍNEAS SUBMARINAS: Tendido de tuberías sobre el lecho marino, que facilitan el transporte de productos refinados y petróleo crudo desde tierra a un punto determinado en el mar y viceversa, se puede utilizar tanto para exportación como importación de los diferentes productos anteriormente mencionados.

MEDICIÓN: la medición de un fenómeno, es objetiva cuando varios observadores que tienen similar independencia de criterio y que aplican diligentemente las mismas normas contables, arriban a medidas que difieren poco o nada entre sí (Gil 2007).

OPTIMIZACIÓN: es la búsqueda de la mejor solución o propuesta que se le presenta a los problemas, con la finalidad de que la misma sea satisfactoria en todos los ámbitos cubriendo cada una de las perspectivas.

OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS: es una manera de gestionar, que tiene por objetivo el análisis periódico de la forma en que se realizan las actividades y procesos en una organización, en la búsqueda de un mejoramiento u optimización continua de los resultados que se obtienen como producto de dicha gestión.

POLIDUCTOS: estos se componen de una red de tubería, destinadas para el transporte de los productos refinados terminados, derivados del procesamiento o refinación del petróleo crudo, por estas solo se transporta una variedad de combustibles procesados, como: Gasolinas, ACEM, Queroseno, Naftas, GLP, Gas oíl, entre otros.

PROCESO: consiste en cualquier serie de actividades desempeñadas por una organización que acepta insumos y los transforma en productos o servicios, idealmente de un valor mayor para la organización, que los insumos originales.

RESUMEN

La investigación realizada tuvo como objetivo general, Proponer un plan de optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos. Para lograrlo, se consultaron diferentes fuentes de información de autores e instituciones especializados en el tema de estudio, como Ford (2015), Cardeñosa (2013), ICONTEC (2015), ONU (2018), TERPEL, S. A. (2015), entre otros. Metodológicamente el estudio fue de tipo descriptivo, se enmarcó como un diseño experimental transversal o transeccional y se orientó por el método hipotético-deductivo, generando la hipótesis de investigación. La población estuvo conformada por catorce (14) sujetos operadores de diferente nivel del Terminal Pozos Colorados. Para la recolección de la información se empleó como técnica la encuesta y como instrumento un cuestionario tipo escala Likert, compuesto por treinta y nueve (39) preguntas y cinco (5) opciones de respuestas, validado por tres expertos; la confiabilidad del mismo se determinó mediante el coeficiente Alfa de Crombach en 0,846 para ubicarla en un rango de magnitud muy alta. Los datos recaudados se analizaron estadísticamente con el paquete IBM-SPSS y la con hoja de cálculo EXCEL se tabularon en tablas de frecuencia absoluta y relativa, generando la media y la desviación estándar para medir el comportamiento de la variable. Se resumió en un gráfico de pastel la distribución porcentual de las respuestas obtenidas. Los resultados arrojados por el estudio determinaron que existe cumplimiento de los objetivos propuestos, concluyendo en la tendencia favorable para la factibilidad de proponer un plan de optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.

Palabras claves: propuesta, Proceso de recibo de combustible, Líneas Submarinas, Terminal Pozos Colorados, Colombia.

1. TITULO

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE RECIBO DE COMBUSTIBLE
POR LINEAS SUBMARINAS EN EL TERMINAL POZOS COLORADOS DE LA
CIUDAD DE SANTA MARTA**

2. INTRODUCCIÓN

El proyecto en mención presenta una propuesta de optimización, que debido al aporte que generará éste, será de gran importancia para la empresa ECOPETROL, proponiendo un aporte a la mejora continua en los procesos que se llevan para la operación del sistema de recibo de combustible por línea submarina en el terminal Pozos Colorados, generando un gran impacto en la reducción de los costes por la operación del proceso, y la forma es, reducir los desperdicios que se dan en la actualidad derivados por la ejecución operacional actual, aportándole al operador una mejor manera de realizar su trabajo, permitiéndole tomar la mejor decisión operacional en el momento oportuno, convirtiéndose en un beneficio para el operador y los intereses de la empresa con un aumento significativo en la productividad de la misma.

Para el logro de los objetivos planteados, se realizarán análisis del proceso, identificaciones requeridas sobre aspectos de procedimientos y comportamientos que evidencien oportunidades de mejoras, definición de tiempos para las acciones a seguir dentro del proceso, equipos y elementos que se requieran implementar y/o remplazar, al igual que las distancias y lugares específicos donde sea necesaria su ubicación. Todo esto, con el propósito de lograr beneficios mutuos, tanto en la industria como en la academia, generando acercamientos de las partes dada la importancia que tiene el tema para ambas.

Este proyecto plantea un análisis del proceso actual, enfocado en la búsqueda de mejoras para el mismo, donde se pretende llevar al mínimo las degradaciones que se puedan presentar en la operación o, si es el caso, dentro de las posibilidades llevarlas a cero, sugiriendo un plan de optimización donde se tenga información en tiempo real del comportamiento de las interfaces dentro del ducto; Partiendo de la pregunta problema ¿Cómo se puede optimizar el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos?

Con esta investigación se pretende aportar a la mejora continua en los procesos que se llevan en el terminal Pozos Colorados, dedicado al transporte de hidrocarburos, dándole la facilidad al operador, referente a cómo se está realizando actualmente el proceso, al igual que pueda monitorear en tiempo real las características y comportamiento de las interfaces en el sistema, lo que ayudaría a tomar la mejor decisión en su manejo, reduciendo aquellos riesgos asociados a la operación.

En tal sentido, el análisis presentado introduce los fundamentos para el desarrollo de la optimización y el mejoramiento continuo del proceso, de esta forma se sientan bases sólidas para crear condiciones que beneficiarán a los operarios y a la empresa. El proyecto se desarrollará mediante una metodología cuantitativa, en cuyo procesamiento, se busca dar resultados en cifras obtenidas aplicando la estadística descriptiva, para representar desde la perspectiva del ámbito económico, el incremento de la rentabilidad en la realización de la actividad, al lograr de forma significativa, la reducción en los volúmenes de combustible que se degradan al realizar el proceso. Con base en estas orientaciones, el trabajo se estructuró de la siguiente manera:

En la primera parte se presenta la definición del problema y sus antecedentes, seguido de la formulación de las preguntas que dan origen a los objetivos, general y específicos; se expone también la justificación del estudio desde el punto de vista teórico, metodológico, práctico y social.

La segunda parte, se compone del marco referencial, constituido por los antecedentes de estudios realizados sobre la misma temática, el marco teórico con el aporte de autores reconocidos especialistas en la materia y el marco conceptual. También se indica la ubicación que tiene el estudio en las Líneas de Investigación

La tercera parte se refiere al diseño metodológico, que trata del método o estructura de la unidad de análisis junto a la definición de hipótesis. Se menciona la variable. Se describe la población y muestra seleccionada para el estudio, así como las técnicas e instrumentos que se emplearán para la recolección de los datos, la elaboración, validez

y confiabilidad de los mismos. Igualmente se presenta la técnica para el análisis de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los instrumentos.

Finalmente, en el cuarto apartado, se presentan los resultados detallados, para indicar el cumplimiento de los objetivos. Una vez analizados los datos mediante la estadística descriptiva (SPSS) y agrupados en tablas de frecuencias (cantidad de veces), según cada una de las alternativas escogidas por parte de los informantes, así como el porcentaje al que equivale esa cantidad de respuestas sobre el total de encuestados. Finalmente, se presentarán las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía y los anexos con información adicional y el instrumento aplicado.

3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Desde tiempos remotos, la humanidad realizaba procesos productivos de una manera empírica y basada en ideas personales dependiendo de la necesidad evidenciada por los individuos. Estos procesos fueron evolucionando, partiendo de las diferentes y nuevas demandas de mercado que surgían en el transcurso del tiempo, acompañadas por el avance evolutivo en las sociedades, conduciendo así a una era tan importante como la revolución industrial, donde surgieron varios pioneros tales como George Stephenson, Jhon Loke y Adam Smith, que visualizaron e implementaron una serie de procesos llevando la economía de lo rural a lo industrial.

Según Ford (2015), el concepto de producción en serie, fue utilizado con el fin de impulsar un método mediante el cual se pudieran fabricar grandes cantidades de un solo producto con estándares definidos, así surge la necesidad de optimizar el ensamble de los vehículos que entonces se realizaba de manera manual, más demorados con el consecuente incremento de costos. La aplicación de este concepto en la producción, sirvió como optimización y mejora de dicho proceso, otorgando unos resultados satisfactorios con mayor rentabilidad.

En la producción en serie, se aplican principios de potencia, precisión, economía, método, continuidad y velocidad durante un proceso de ensamble o fabricación. La tarea principal consiste en saber interpretar estos principios mediante el estudio de la operación, desarrollo de equipos y cómo se coordinan. El resultado esperado, ha de ser un proceso más productivo, que proporcione gran cantidad de los artículos deseados, una mano de obra y diseño estandarizados a un coste mínimo y de una alta calidad. Entonces, no solo se trataba de industrialización ni de maquinarias o cantidades, sino de pensar con anterioridad qué se construía, además de tener la certeza que los procesos de construir algo y como se construía, no son independientes ni van separados, por el contrario, estos están estrechamente relacionados, solamente de esta forma se puede obtener el máximo

rendimiento de la tecnología. De esta manera, ambos conceptos se adaptaron fácilmente, por lo que se logró optimizar los procesos y tornarlos más rentables.

Por su parte Cardeñosa (2013), sugirió el inicio de una nueva era del sistema de transporte en la industria colombiana. En este sentido, se refirió al hecho de iniciar el transporte de crudo contenido en barriles de madera, trasladándolo luego en camiones para trayectos cortos y en tren para trayectos largos dentro del país, limitando así el proceso a una cantidad específica, contando solo con la capacidad para este tipo de transporte, lo cual le restaba oportunidad para satisfacer la creciente demanda, representando costes de transporte bastante elevados, obligando la búsqueda constante para optimizar dichos procesos, encontrando la solución en el transporte mediante contenedores de mayor volumen (cisternas), aumentando de esta forma la capacidad de transportación.

Así mismo, el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC, 2015) reseña que, para los procesos de trasiego de combustibles actualmente, se utilizan las cisternas para el recorrido en tramos más cortos, barcos para trayectos internacionales e intercontinentales y siguiendo la evolución de este proceso se incorpora el transporte por ductos, el cual se convierte en la mejor opción hasta la actualidad (dentro del país), sin embargo, se mantiene en un estudio constante para el mejoramiento continuo de los procesos del transporte de hidrocarburos por ductos, generando retos en su funcionamiento, con el fin de minimizar costes de operación e implementando normas de carácter nacional e Internacional tales como las Normas de Control de Calidad ISO 9000, 14000 y 18000 entre otras, las cuales ejercen control en el manejo de hidrocarburos, obligando a las empresas a su implementación, permitiendo mayor desarrollo en el sector.

Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2018), expone que es prioridad en la agenda internacional examinar, evaluar y optimizar los esfuerzos para comprimir las emisiones de carbonos e igualmente renovar las prácticas ambientales del transporte marítimo internacional. En abril de 2018, la Organización Marítima

Internacional (OMI), como medida anticipada, patrocinó diplomacias estratégicas para controlar y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, generados por operaciones de trasiego de combustible de los buques en, al menos un 50%, desde la actualidad, al año 2050, en contraste con los niveles de emisiones en 2008, catalogando así este programa como uno de los más importantes y ambiciosos del organismo, para la sostenibilidad del funcionamiento óptimo en los procesos de trasiego de combustible para todas las terminales marítimas del mundo.

Asimismo, la organización TERPEL S. A. (2012), líder en la distribución de combustible, formula la importancia de establecer pautas para la venta, entrega, determinación de la cantidad y la calidad del combustible, tanto a las terminales como a los buques que lleguen a ellas. Para que así, este proceso esté dentro de las especificaciones de ambas partes, con la finalidad de constituir una sociedad que sea determinante para la optimización del proceso de trasiego de hidrocarburos.

Una de las variables a tener en cuenta, es el cálculo del sistema de llenado de los buques, ya que según Blanco-Rodríguez (2013), al realizar los cálculos exactos según el tonelaje, capacidad y las especificaciones del sistema para el trasiego de combustible en los buques, se pueden alcanzar rendimientos mayores dentro del proceso, e incluso, establecer metas internas al proceso.

En cuanto a la preparación del proceso de trasiego, supone retos para el binomio buque/terminal, igualmente circunscribe el ambiente logístico, tanto para los asentamientos de maquinaria como la mano de obra, todo lo cual debe estar operativo con respecto a cómo disponer de ellos, considerando también las posibles circunstancias adversas y el área contable, aspectos fundamentales para establecer los costes del proceso, descuentos, deducciones, así como las condiciones de la prestación del servicio.

En el mismo orden de ideas, la automatización y utilización de las tecnologías en las terminales marítimas, facilita la seguridad, confiabilidad y claridad acerca de la situación de las mismas. Ya que según la ONU (2018), el uso e implementación de tecnologías,

otorga una ventaja competitiva, cualificando la terminal como un objetivo plausible para el trasiego y el comercio, sin embargo, es determinante profundizar acerca de estas ventajas en el contexto de cada terminal, debido a que no es la única variable que predomina como coadyuvante de ventajas y oportunidades en el mercado marítimo.

En concordancia con lo expuesto y el contexto de estudio, se procede a la descripción del terminal Pozos Colorados de la Empresa Colombiana de Petróleo (ECOPETROL S.A), en la ciudad de Santa Marta. Por su ubicación estratégica para la importación de combustibles, cuenta con una infraestructura para la recepción de los mismos (Naftas, Gasolina y ACPM). Compuesta por una mono-boya, instalación marítima dotada de mangueras y conectada a una tubería submarina que traslada el crudo desde los depósitos de la refinería a los tanques del buque, ubicada a 2,7 kilómetros del margen costero, con un calado superior a 30 metros, conectada a un tender de 12 mangueras flotantes, instalación incorporada en la parte inferior de la mono boya que conectan a los buques para el trasiego de los diferentes combustibles.

La mono-boya a su vez, está conectada a dos líneas submarinas de 24 pulgadas, que van hasta el sistema de recepción del terminal Pozos Colorados, el cual se enlaza directamente con igual sistema en los tanques de almacenamiento, éste cuenta con válvulas de vacío que permiten determinar por cuál ducto se recibirá el producto. Todo esto se selecciona de acuerdo a un esquema operativo según el instructivo existente; estas importaciones generan un alto valor agregado a la economía del país, impactando el suministro de combustibles en el territorio nacional, así como en las exportaciones de crudo realizadas.

Otro aspecto importante, es la generación de empleo a una cantidad significativa de personal en la región, tanto para el área marina como terrestre, de forma directa, tales como *loading masters*, quienes tienen por función coordinar y dirigir los procesos de carga/descarga de líquidos, gases a granel de terceros en mono-boyas, muelles, terminales marítimos y de buque a buque, mediante el uso óptimo y seguro de conocimientos técnicos de los recursos disponibles a objeto de asegurar la transferencia

de combustibles, también están los supervisores, mantenedores, operadores, personal administrativo; además, el personal indirecto, como los marineros, capitanes de naves, operadores marinos, mantenedores marinos, entre otros.

En resumen, la operación de este sistema consiste en conectar un buque cisterna, (nave marítima para el transporte de combustible), a la mono-boya, por medio de mangueras de alta presión flotantes para realizar el descargue de los combustibles que traen los buques. En la actualidad, el proceso se realiza por medio de un control volumétrico, generando las interfaces que se dan por la secuencia del descargue de diferentes productos por el mismo ducto, estos volúmenes de interfaces se evidencian por no tener las características de calidad que las identifiquen como un producto específico, por tal motivo se genera la degradación de los combustibles en volúmenes considerables cada vez que se produce una interfase, al igual que otra cantidad de barriles adicionales involucrados con los productos que se reciben en cabeza y cola, esto con el fin de garantizar la calidad de los combustibles recibidos en custodia.

La consecuencia de estas degradaciones, generan impactos económicos y ambientales considerables, reflejándose en altos costes de la operación por la constante reducción de ingresos para la empresa y sus accionistas. En tal sentido, se ha determinado, según los últimos reportes de ECOPETROL, S.A (2018) que, como resultado de la forma en que se está operando actualmente este proceso, se genera una pérdida promedio de producto que oscila entre 2.000 y 2.500 barriles por cada buque, esto, dependiendo de la frecuencia que se maneje.

Para mayor precisión se puede decir que, la operación de estos procesos en tales condiciones, produce pérdidas significativas asociadas a las evidencias detectadas durante las descargas de 7 buques semanales aproximadamente, entre ACEI, gasolina y NAFTA, en promedio, 84 buques al año, equivalente a 168.000 barriles degradados durante el periodo, que, calculado a precios de combustibles, es una cantidad notable de dinero dejado de ingresar debido al tipo manejo en la operación mencionada.

Para evitar que este problema se siga presentando, se plantea un estudio del proceso actual, enfocado en la búsqueda de hallazgos para mejorar el mismo, con el objeto de minimizar las degradaciones que se puedan presentar en la operación o si está dentro de los parámetros, reducir el problema hasta eliminarlo, con la ayuda de un plan de optimización donde la información sea recibida en tiempo real, permitiendo analizar el comportamiento de las interfaces dentro del ducto, el punto en donde se encuentran, con la implementación de un sistema de análisis y detección de características de cada uno de los productos que se manejan por este mismo ducto.

Desde esta perspectiva problemática, la situación actual de la terminal Pozos Colorados, podría amenazar, a mediano o largo plazo, la sostenibilidad del negocio, ya que sin una planeación, organización y actualización adecuada de las actividades y de los procesos actuales, podrían devenir en un colapso financiero de no tomar las medidas pertinentes que provean una pronta solución.

A partir de los planteamientos precedentes, surge la formulación de las interrogantes que dan origen a los objetivos de la investigación:

¿Cuál será el mejor método para optimizar el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas para la reducción de costes operativos?

¿Cómo se puede optimizar el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta par la reducción de costes operativos?

¿Cuáles son las formas de ejecución del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la Ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos?

¿Cuáles son las acciones de cambio en el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la Ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos?

¿Cómo será el nuevo esquema de implementación para el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la Ciudad de Santa Marta en la reducción de costes operativos?

¿Cuál es el aporte de la implementación del plan de Optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la Ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos?

4. JUSTIFICACION

Tal como se expuso en el planteamiento previo, debido a los elevados costes y desperdicios que se generan en las líneas submarinas del terminal Pozos Colorados, derivados del proceso de recibo de combustible que se realiza actualmente, aunado además, al negativo impacto ambiental ocasionado por la contaminación que esto produce en los espacios acuíferos, surge la justificación de esta investigación, desde los puntos de vista teórico, metodológico, práctico y social.

Ahora bien, se consideró pertinente referir lo que según Bernal (2010), dice respecto a la justificación; ésta describe las razones del porqué y para qué de la investigación que se va a realizar, es decir, justificar una investigación consiste en exponer los motivos por los cuales es importante llevar a cabo el estudio. Al respecto, suele haber cuatro dimensiones o tipos de justificación: teórica, práctica, metodológica y social. Algunas investigaciones pueden requerir los cuatro tipos de justificación, otras tres o dos tipos y otras solo uno. Ello depende de las particularidades de cada investigación. En este sentido, la presente investigación no requiere de una justificación teórica, puesto que es la base de los programas de doctorado y algunos programas de maestría, donde se tiene por objetivo la reflexión académica.

Sin embargo, se puede decir que, la justificación teórica del estudio, se asienta en la necesidad de definir conceptualmente el estado del arte de la situación actual en la industria petrolera ECOPETROL, S. A. atendiendo a la descripción y análisis de los procesos operativos que realiza, por lo que se constituye en referente para otros estudios relacionados con el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas, en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta o de cualquier otro contexto similar sobre el cual se realice.

Desde el punto de vista metodológico, esta investigación se justifica ya que al proponer un plan de optimización del proceso de recibo de combustible, coadyuvante en la reducción de costos e identificación de desperdicios que se presentan en las líneas

submarinas de la terminal Pozo Colorado, le brindará a la empresa un beneficio significativo en el aumento de su productividad, priorizando, tanto la disminución de gastos, como la toma de decisiones asertivas.

Por otra parte, esta investigación permitirá conocer la actividad del transporte de hidrocarburos o la industria petrolera en general, debido a la importancia que tiene la reducción de costes en los negocios asociados con la realización u operación de los procesos involucrados en esta área de la cadena de producción.

Con base en lo anterior, este estudio en su procedimiento metodológico, podría servir de guía para otros profesionales egresados de esta universidad o para futuras investigaciones sobre la industria. En el mismo orden de ideas, la institución universitaria, recibe el aporte de la interacción con la industria petrolera colombiana, pudiendo así profundizar el conocimiento en el campo de la ingeniería industrial.

Desde el punto de vista práctico, se justifica ya que, mediante un plan para la optimización y el mejoramiento continuo de los procesos, podrían elevarse los estándares de calidad, tanto en el manejo de productos como lo relacionado con los de seguridad industrial; particularmente, en la pretensión de beneficiar la optimización durante la operación del sistema para la recepción de buques por las líneas submarinas, en el terminal Pozos Colorados, todo lo cual le permitiría a la empresa producir ganancias adicionales, por medio de la reducción en la degradación de los productos involucrados.

No obstante, lo anterior le dará mayor oportunidad para tener más volúmenes disponibles en el mercado colombiano y una mayor eficiencia del diluyente Nafta al no rebajarles las propiedades por la mezcla del producto degradado, así mismo, en esta operación se mantendrán los estándares de calidad, cantidad y oportunidad. Adicionalmente, contará con la seguridad industrial establecida por las normas vigentes a las cuales se adhiere la empresa, haciendo más confiable y segura la operación, de manera que el operador sienta confianza al realizar la tarea, reduciendo los riesgos en cuanto a seguridad industrial del proceso.

Por otra parte, es una ventaja para la empresa la seguridad con la que se manejan sus procesos, haciendo que esta sea más atractiva para el mercado, al aportar beneficio ambiental mediante el aseguramiento del proceso donde se minimiza al máximo los riesgos de pérdida de contención, evitando la afectación del medio ambiente, ofreciendo confianza al manejo de zona turística del área circundante, al igual que la tranquilidad para los habitantes del sector, al no tener un impacto ambiental que afecte su hábitat, su salud y calidad de vida.

Esta implementación, dará paso al instructivo en formato operacional empírico, al análisis del proceso, a los operadores, medidores y cuantificación del volumen, que facilitarán el proceso, por otra parte la investigación se realizará desde el análisis operacional existente, esto evidenciará las necesidades requeridas, tales como instrumentos, detectores, transmisores, cableados para llevarlos a pantallas donde el operador tendrá la información en tiempo real, se realizarán estudios de factibilidad y viabilidad para lograr el objetivo.

Por otro lado, las recomendaciones se elaborarán teniendo en cuenta a quienes van dirigidas, en este caso a ECOPETROL, S. A. y a la institución universitaria. Por todo lo anterior, se justifica la presente iniciativa de investigación como aporte relevante al conocimiento y las investigaciones de la Facultad de Ingeniería Industrial. Asimismo, con la implementación de este proyecto se espera beneficiar a la empresa y a los operarios durante la ejecución del proceso actual, mediante la reducción de costos e identificación de desperdicios.

Es preciso decir, que el objetivo de esta investigación le permitirá al operador realizar su trabajo de forma más apropiada, por cuanto contribuye a tomar la mejor decisión en el momento adecuado, por lo que resultará más productivo e idóneo en su puesto de trabajo. Por otra parte, se espera que los intereses de la empresa, se vean beneficiados con un aumento significativo en la productividad de la misma.

Sin embargo, para lograr aumentar la productividad de la empresa, por medio de esta investigación se realizarán análisis del proceso, identificaciones requeridas sobre

procedimientos y comportamientos que evidencian oportunidades de mejoras, definición de tiempos para emprender acciones dentro del proceso, equipos y elementos que se requieran implementar y/o remplazar, al igual que las distancias y lugares específicos donde es necesaria su ubicación.

Con base en lo anterior, la investigación se proyecta con una importancia relevante para la empresa, al contribuir en la mejora continua de los procesos que se llevan en el terminal Pozos Colorados para el transporte de hidrocarburos. En este sentido, para el operador será más fácil realizar la operación, en comparación a como se realiza actualmente, pudiendo monitorear en tiempo real las características y comportamiento de las interfaces en el sistema, esto implica, poder tomar la mejor decisión para su ejecución, minimizando los riesgos asociados a la operación.

De esta forma, al reducir sustancialmente las degradaciones de productos que actualmente se presentan derivadas de las interfaces, el hecho de que el operador pueda monitorear y visualizar las cualidades de los productos en tiempo real, se disminuirán los tiempos de ejecución, los costes operacionales, aumenta la confianza en la operación del proceso, reduce los riesgos asociados al mismo, garantiza de forma más confiable la conservación del medio ambiente circundante, aumenta la rentabilidad de la actividad, generando mayores dividendos para la empresa y sus accionistas.

La realización del estudio, contribuye para encontrar la mejor forma de realizar la operación del proceso, representando un aseguramiento constante del mismo, elevando los estándares de calidad tanto en el manejo de productos como lo relacionado con los estándares de seguridad industrial, salud ocupacional en el trabajo y la mejora continua, garantizando un entorno limpio y seguro, sin riesgos de pérdida de contención, la no afectación al medio ambiente, manteniendo una buena convivencia con el entorno y comunidad aledaña, por ser un sector turístico, además, el proceso puede ser parte de esa belleza visual del ecosistema, al integrarse al medio que lo rodea sin generar riesgo alguno, también brinda confianza a los diferentes entes de control, permitiendo el

ejercicio de la actividad, donde la empresa puede convertirse en la mejor opción del mercado, para futuros clientes que requieran el ejercicio de esta actividad.

Desde el punto de vista social, el estudio que se realizará sobre el sistema recibo de combustible por líneas submarinas del terminal Pozos Colorados, representa un justificado abordaje social, debido a que busca minimizar las contaminaciones ambientales mediante nuevas formas de transporte de combustible, generando tranquilidad y confianza a los vecinos del sector, así como al sector turístico e institucional

De acuerdo con lo publicado por El Tiempo (1997), el Instituto de Investigaciones Marítimas (INVEMAR), realizó un estudio de carácter ambiental, se basó en el ecosistema marino y costero de la ciudad de Santa Marta, referido al tema de la gasolina que el país importa a través de la ensenada de Pozos Colorados, según los resultados obtenidos, el ecosistema se encontró libre de contaminación por hidrocarburos. Posteriormente, en 1994 se optimizó y se perfeccionó la operación del terminal de Pozos Colorados, por el estudio realizado por ECOPETROL, donde se evaluó la nueva mono-boya, y el funcionamiento de las tuberías. La calidad de las aguas cumplió con los parámetros establecidos; según el informe de INVEMAR, no deben existir concentraciones de hidrocarburos en las especies, dentro o fuera del área marítima.

Como conclusión para este apartado, se puede decir que al reducir o eliminar residuos, identificando los desperdicios, a partir de la puesta en marcha del aporte resultado del estudio, se proyecta también la disminución de contaminantes e impactos ambientales, lo cual se convierte en una dinámica estratégica en cuanto a la responsabilidad social de la empresa.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Elaborar una propuesta de optimización del proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.

5.2 Objetivos Específicos

Identificar las formas de ejecución del proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el Terminal Pozos Clorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

Describir las acciones de cambio en el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

Establecer el nuevo esquema de implementación para el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

Determinar el aporte del plan de optimización del proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

6. MARCO REFERENCIAL

El sustento teórico de toda investigación, es el basamento que le otorga la rigurosidad científica requerida para el proceso y sistematización del acto. En primer lugar, se presentan los estudios seleccionados como antecedentes, cuyos procesos sistémicos aportan referentes valiosos para el estudio de interés, luego, a partir de los conceptos de autores reconocidos consultados, se desarrollarán teóricamente los componentes operacionales de la variable, como son las dimensiones e indicadores, los cuales medirán su incidencia en los resultados de la investigación.

6.1 Antecedentes de la Investigación

El primer antecedente fue extraído del Plan Indicativo de Abastecimiento de Combustibles Líquidos, emitido por la Subdirección de Hidrocarburos de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME, 2018). En el punto 7.1.1 con respecto al Transporte por Ductos, el mencionado plan señala los principales aspectos que caracterizan el transporte de petróleo, haciendo referencia al diseño de oleoductos, donde se consideran variables, como los puntos de entrada y salida, las distancias a recorrer, la ruta por donde se va a construir, la topografía, los volúmenes de crudo a transportar y su calidad (Gravedad API, viscosidad y otras variables).

Asimismo, hace referencia acerca de que, esta información permite calcular diámetro y espesor de tubería, el tipo de acero, recubrimientos de protección, tipo de bombas a utilizar, potencia requerida, sistemas de medición, monitoreo y seguridad, número y ubicación de estaciones de bombeo intermedias y sus características, así como la capacidad de almacenamiento en los puntos de entrada y salida. Así, cada oleoducto es diseñado para un volumen dado y para una calidad de crudos determinada, parámetros que se reflejan en la operación; pero en la medida en que cambien las propiedades del fluido a transportar, asimismo cambia el desempeño del oleoducto.

Por otro lado, si el crudo a transportar es más pesado y viscoso, se requerirá mayor potencia para vencer la resistencia del producto a fluir y las presiones hidrostáticas propias del trazado. Por ello el modelo hace una simulación del efecto de transportar crudos más livianos o más pesados que el crudo de diseño, calculando el impacto o afectación que surge, determinando un factor de ajuste, año por año, dependiendo de la mezcla de crudos disponible para cada oleoducto.

Es indispensable efectuar el análisis considerando la operación nodo por nodo y oleoducto por oleoducto, empezando por establecer la calidad de las mezclas de crudo en cada nodo de acopio y en caso de que esta sea inferior a 20°API calcula, tanto la cantidad de diluyente como la afectación de cada ducto, por la variabilidad de la calidad de las mezclas, las cuales normalmente son distintas a la calidad del petróleo utilizado para el diseño del oleoducto. La gravedad API, o grados API, de sus siglas en inglés American Petroleum Institute, es una medida de densidad que, en comparación con el agua a temperaturas iguales, precisa cuán pesado o liviano es el petróleo. Índices superiores a 10 implican que son más livianos que el agua y, por lo tanto, flotarían en ésta. La gravedad API se usa también para comparar densidades de fracciones extraídas del petróleo.

Una vez definidos los valores de afectación por el cambio de gravedad API, se calculan los volúmenes máximos que movilizará cada uno de los ductos. Esta capacidad puede variar de un periodo a otro para un mismo oleoducto en la medida que se modifique la participación de los diversos crudos que llegan al Nodo, cada uno con su °API particular. La simulación también incluye un análisis del almacenamiento disponible en cada nodo y se determinan los días de flexibilidad operacional, indicándose las necesidades adicionales para cubrir un periodo de tiempo y se define el año de máxima necesidad de almacenamiento.

El aporte que proporciona la información precedente, es relevante en cuanto se constituye en un indicador de los elementos más relevantes a considerar, con respecto al objetivo que se pretende cumplir para identificar las formas de ejecución del proceso recibo-combustibles por líneas submarinas en el Terminal Pozos Clorados de la ciudad de Santa Marta. Por cuanto ambos procesos coinciden algunos aspectos como: calcular diámetro y espesor de materiales, recubrimientos de protección, tipo de bombas a utilizar, la potencia requerida, sistemas de medición, monitoreo, seguridad, número y ubicación de estaciones de bombeo intermedias, sus características, así como los puntos de entrada y salida de productos, entre otros.

El segundo antecedente, se presenta de la autoría de Noriega (2014), con una tesis titulada: Descripción y funcionamiento del sistema flotante de producción, almacenamiento y descarga “FPSO” para el manejo de hidrocarburos en aguas profundas, en cuyos objetivos se planteó describir los componentes principales de los sistemas flotantes de producción, almacenamiento y descarga “FPSO” (por sus siglas en inglés), identificar sus características estructurales, plantear las ventajas y desventajas de su aplicación, destacar la demanda internacional de los FPSO en la actualidad y analizar su aplicación en México, como una alternativa viable para el procesamiento de hidrocarburos en aguas profundas, mediante una estrategia que permita la asimilación adecuada de la tecnología.

La investigación concluyó en que, al implementar FPSO para la extracción del hidrocarburo en aguas profundas del Golfo de México, representa un reto para el país. Lo anterior implica la inversión, utilización y asimilación de nuevas tecnologías más intensivamente, capacitación y captación de talento técnico, adecuada administración de los recursos e intervención en centros de Investigación y desarrollo tecnológico. México a futuro deberá ser capaz de operar, dar mantenimiento, diseñar y posteriormente desarrollar su propia tecnología.

En este sentido se puede decir que, la riqueza metodológica empleada en la investigación de Noriega (2014) para describir, identificar y analizar el sistema FPSO como una alternativa viable para el procesamiento de hidrocarburos en aguas profundas, abre un abanico de posibilidades para guiar la respuesta al segundo objetivo de la investigación propia, referido a describir el nuevo esquema de implementación, como la opción para optimizar el proceso recibo-combustibles por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta,

El antecedente a continuación, se refiere a la investigación perteneciente a Gutiérrez y Texas (2013), titulada: Análisis comparativo de datos reales contra la simulación mediante un software comercial por cambio del tipo de crudo en una planta combinada. El estudio tuvo como objetivo principal realizar un análisis comparativo entre datos obtenidos de la operación de una planta combinada (datos reales) contra datos obtenidos mediante el software SimSci PRO-II (datos teóricos) con el fin de validar un modelo de simulación por cambio de tipo de crudo de alimentación 60/40 % Vol. Pesado/Ligero, debido a que en la última década han tenido cambios en las reservas del petróleo.

Igualmente se dio una explicación sobre el origen, caracterización y composición del petróleo, las reservas de éste en México, así como la tendencia de crudo para los próximos años; además se mostró la caracterización de acuerdo a las normas ASTM, y se incluyó en una comparación de propiedades físicas de los diferentes tipos de crudos que existen actualmente en México, igualmente se habló sobre la simulación de procesos y el modelo termodinámico adecuado para este tipo de proceso. Los métodos ASTM (siglas en inglés de la Sociedad Americana de Ensayo de Materiales), cubren todos los materiales que se utilizan en la industria y el comercio.

También se describió la secuencia de procesamiento de crudo en una planta combinada y además se mostraron los resultados reales que obtuvo la refinería al operar una mezcla de crudo 60/40 %Vol. Pesado/Ligero. Se definió asimismo, lo que es una simulación de procesos químicos, se realizó una clasificación de los diversos simuladores de procesos comerciales que existen, así como la descripción del procedimiento, que se llevó a cabo

para el desarrollo del esquema y de la simulación de la planta combinada, finalmente se mostraron los resultados obtenidos.

El siguiente paso, fue el análisis comparativo entre los datos obtenidos en el simulador contra los datos obtenidos en operación real con un crudo 60/40 % Vol. Pesado/Ligero de cada uno de los productos obtenidos en la destilación. También se evidenció la comparación de los datos reales contra los obtenidos con la ecuación de estado Soave-Redlich-Kwong confirmando que Peng-Robinson tiene una mejor predicción de los resultados.

Finalmente se concluyó que, el objetivo principal se cumplió al lograr generar el modelo de simulación de una Planta Combinada con resultados favorables y comparables contra datos reales de operación, donde el simulador SimSCi Proll fue una herramienta confiable para la generación del modelo de simulación propuesto. Este modelo de simulación generado resultó satisfactorio debido a que los errores obtenidos son menores al 10% los días 02 y 03 de octubre, cuando las condiciones de operación y las propiedades en crudo de alimentación a la planta fueron similares a las contempladas para el modelo. En el resto de los días, los problemas operativos de la planta, provocaron desviaciones mayores.

Se reiteró que el simulador de procesos es una herramienta muy poderosa hoy en día y sobre todo cuando el objetivo del país es ser más productivo y competitivo a nivel mundial. La mayoría de los estudios que se realizan con estas herramientas son sumamente confiables; además con los datos que arroja una simulación de procesos, es posible hacer, proponer y predecir cambios, sin necesidad de parar las plantas de proceso, manteniendo la producción y los beneficios que esto conlleva.

El estudio presentado ofrece aspectos metodológicos y tecnológicos relevantes, los cuales representan un aporte significativo para la investigación de interés, toda vez que la operatividad de los procesos mediante simuladores, provee información altamente confiable, esto permitiría prevenir incidencias desfavorables en los procesos evitando cuantiosas pérdidas a las empresas operadoras. Con base en los hallazgos obtenidos

por Gutiérrez y Texas (2013), se puede inferir que, establecer acciones de cambio en el proceso de recibo de combustibles por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta, facilitaría la optimización del mismo, así como la reducción de costes.

Continuando con el apartado de antecedentes, se incluye el estudio desarrollado por Ramírez (2006), denominado: El transporte de combustibles líquidos por los poliductos de ECOPETROL y su optimización en el manejo de baches. El objetivo del estudio se enfocó en, realizar alrededor de la problemática actual de separación de combustibles líquidos, Gasolina Motor-Virgin, Oil-Diesel, una monografía con resultados cualitativos sobre el tema del transporte de combustibles en los poliductos de ECOPETROL.

Durante el primero y segundo semestre del año 2005 en la Empresa Colombiana de Petróleos, ECOPETROL, se diseñó y se aplicó un estudio sobre el transporte de combustibles líquidos a través de sus poliductos, debido a las contaminaciones generadas por el efecto de mezclado entre los productos que son transportados por un mismo poliducto, al mismo tiempo se identificó el proceso de transporte de los combustibles líquidos. Se llevó a cabo una revisión acerca de los estudios realizados por ECOPETROL alrededor del mundo, dirigidos por Shashi Menon, Shaker, Marzoco, Jones, Stchly, Bettoli, Meyers, Mackay, Bednorz, Hara, Baxter, Smith.

La problemática que motivó el estudio, provino debido al hecho de los productos que salen de la refinería por tubería, con especificaciones de calidad aún mejores que las exigidas por la reglamentación colombiana; no obstante, al momento de transportarlos, en algunas interfaces se presentan contaminaciones, generadas por el contacto con otros productos que se envían por este mismo poliducto, debido al efecto mezcla producido entre los mismo.

Con base en este planteamiento, para este estudio se tomaron en cuenta las siguientes categorías: metodología de transporte de poliductos, características de los productos, los factores que afectan el bacheo de productos, determinación de tamaños óptimos, manejo de interfaces y productos no conformes, cálculos de propiedades fisicoquímicas de

mezcla, análisis de estudios hechos en el ICP sobre la calidad de los productos blancos por poliductos.

Esto se realizó con base en la información suministrada por ECOPETROL y el instituto Colombiano del Petróleo para corroborar con la Normas Técnicas Colombianas y de Certificación (Icontec) como Organismo Nacional de Normalización. Este estudio se puede aplicar a cualquier poliducto que tenga las mismas condiciones hidráulicas.

La metodología empleada en esta monografía, buscó mostrar la problemática de la contaminación que sufren los combustibles Gasolina Motor y Diésel en el proceso de transporte por poliductos, para lo cual describió el problema e interpretado el mismo se recogió toda la información al respecto, se hizo una revisión bibliográfica, se usó un modelo característico de un poliducto real y descripción del modo como es su operacionalidad y trabajo de transporte.

Posteriormente se hizo al análisis minucioso y detallado de las interfaces durante su trayecto de una estación a otra que se presentan en el transporte de dichos productos. A continuación, se hicieron los estudios de caracterización fisicoquímicas de muestras de las posibles mezclas de productos Gasolina Motor-Virgin Oil-Diesel.

Una vez concluida la investigación se concluyó que: (a) El Virgin Oil que se utiliza como cuña separadora en el proceso de transporte afecta en mayor grado a la Gasolina Motor; (b) El punto de corte de la interface, mostró que el punto óptimo es 0.79 g/cc; (c) El tamaño de la contaminación aumenta con la distancia recorrida; (d) La cantidad que puede ser mezclada entre productos adyacentes determina el orden de los baches.

Del estudio de Ramírez (2006), se obtiene información relevante en cuanto al tiempo durante el cual se viene presentando la problemática referida a la contaminación de productos que se transportan por los poliductos, razones de peso para sustentar la necesidad de establecer acciones de cambio en el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para su optimización y reducción de costes operativos.

The following antecedent corresponds to Otte (2015), titled “Robust production optimization of gas-lifted oil fields. Managing production of complex oil fields with multiple wells and coupled constraints remains a challenge for oil and gas operators. Some technical works developed strategies for integrated production optimization to assist production engineers in reaching best operating conditions.

However, these works have neglected the uncertainties in the well-performance curves and production processes, which may have a significant impact on the operating practices. The uncertainties may be attributed to measurement errors, oscillating behavior, and model inaccuracy, among others. To this end, this dissertation investigates how uncertainty might be considered in daily production optimization and proposes formulations in mathematical programming for robust production optimization of gas-lifted oil fields. The formulations represent system-measured and simulated sample curves that reflect the underlying uncertainties of the production system.

The representations lead to robust Mixed-Integer Linear Programming (MILP) formulations obtained from piecewise-linear approximation of the production functions. Further, this work presents results from a computational analysis of the application of the robust and nominal formulations to a representative oil fields available in simulation software.

The contribution of the study carried out by Otte (2015), is established in the fact that the technical works developed as strategies for the optimization of integrated production, to help production engineers achieve the best operating conditions, propose a plan Optimization of the Fuel Receipt Process for Submarine Lines at the Pozos Colorados Terminal in the city of Santa Marta, would also help to improve operating conditions and reduce costs in said process.

The last of the antecedents belongs to Elmabrok (2017), which refers to Gas lift optimization and flow instability. Gas lift is an artificial lift method used in the oil industry to lift reservoir fluid to the surface, by supplementing the reservoir pressure when it is depleted or insufficient. During oil production, this method can be affected by two-phase

(gas-liquid) flow instability within the production tubing, which results in a reduction in the total oil recovered. There are three main flow instabilities caused by, the density wave oscillation, the casing heading pressure and the flow perturbation within the two-phase flow regime.

Within this investigation of the flow structure, behaviours and instability of two-phase flow have been investigated experimentally using a high-speed motion imaging with a dedicated processing package “Dynamic studio 2015a” in a vertical transparent pipe (ID: 66 mm, Length: 2 m) thus simulating the prototype sizing of the common artificial gas lift. Numerically a Computational Fluid Dynamics (CFD) models were used with air and water as the working fluids for various cases.

The experimental results demonstrated that initial bubble size plays a major role in the development and instability of the upward two-phase flow in the vertical pipe. A new Multiple Nozzle Injection Technique (MNIT) with the aim of reducing initial bubble size and distribution across the simulated vertical column was also utilized, thereby stabilizing the gas lift system. Thus the present findings are compared with the current Single Nozzle Injection Technique (SNIT) (or so- called sharp-edge) that are utilised in normal gas lift operation. It has thus been manifested that the new method has the potential to increase the total oil production rate from gas lifted wells. It was found that this new injection technique reduced the overall average bubble size from 7.01 to 5.47 mm and the average overall minimum bubble size from 1.23 to 1.03 mm.

The average large bubble size of the Taylor bubble was also reduced from 44.07 to 39.95 mm in the simulated pipe. This perceived to increase in production rate from 40 to 43.05 l/min, which give overall increment of 7.5% at different operating conditions. This is in comparison with the single orifice injection technique at the same operating conditions. Throughout this investigation, water was used as working fluid since the column of corresponding water in the petroleum production tubing has the highest hydrostatic pressure 0.20 bar compared with crude oil. Hence, during the gas lift process crude oil will be less cumbersome to produce than water.

Moreover, it was found that when using the Multiple Nozzle Injection Technique the distribution of gas bubbles could change from the middle of the vertical pipe (core peaking) to across the entire pipe area (wall peaking). This minimized the two-phase flow development and flow instability, even when the mixture velocity was increased. This was due to a reduction in the coalescence process of the gas bubbles as a result of improved bubble distribution when compared with the Single Nozzle Injection Technique with the same dimensions.

The numerical three-dimensional CFD model using the multi-fluid volume of fluid (VOF) gas-lift with the same dimensions and operating conditions compared qualitatively with bubble distribution similar to those found by experimental trials. In addition, the pressure drop long the simulated test section was calculated numerically. It was also found that the pressure drop was reduced from 0.18 bar to 0.11 bar when the new MNIT was used as compared with the SNIT that are normally used in gas lift operation practice.

Based on the results of the aforementioned research, it can be said that if the comparison made showed the benefits that were observed, that is, the optimization expected in the process was fulfilled, the same result could be achieved by applying the optimization plan in the fuel receipt process at the Pozos Colorados terminal in the city of Santa Marta, therefore, it is estimated the importance of comparing the previous process with the new operational plan through an evaluation.

6.2 Marco Teórico

Para abordar el concepto sobre optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas, es indispensable definir primero cada una de las partes que lo componen, con el fin de conocer la situación actual del mismo al asociarlas contextual y coherentemente, para lograr así un concepto integrado que permita ubicar al lector en los objetivos de la investigación y su sistematización.

Iniciando con la primera parte del concepto, se encontró la definición que según Ordoñez (2014), se conoce como optimización la búsqueda de la mejor solución o propuesta que se le presenta a los problemas, con la finalidad de que la misma sea satisfactoria en todos los ámbitos cubriendo cada una de las perspectivas. Asimismo, Taylor (1971), afirma que el propósito de la optimización es encontrar o identificar la mejor solución posible, entre todas las soluciones potenciales, para un problema dado, en término de algún o algunos criterios de efectividad y desempeño.

Por su parte, Scenna (2014), define la optimización como el proceso de seleccionar a partir de un conjunto de alternativas posibles, aquella que mejor satisfaga el o los objetivos propuestos, es decidir la mejor solución para un problema y hace referencia a la mejora de algo que ya existe. De lo anterior, se infiere que, la optimización consiste en seguir una serie de pasos para la consecución de objetivos propuestos, motivacionalmente orientados a la resolución de problemas en busca de los mejores resultados posibles, para obtener el beneficio de realizar una tarea de manera más eficiente, efectiva y eficaz, para alcanzar rendimientos óptimos.

Con respecto al término proceso, se tiene que Stewart (2001), define proceso como cualquier serie de actividades desempeñadas por una organización que acepta insumos y los transforma en productos o servicios, idealmente de un valor mayor para la organización, que los insumos originales. En este mismo contexto, Bergholz (2011), afirma que un proceso, es toda actividad que recibe una entrada, agregando valor a la misma, y genera una salida para un cliente interno o externo. Para ello, durante este proceso se necesitan unos recursos, con el propósito de generar unos determinados resultados.

Al respecto, la Real Academia Española (2020), lo describe como la acción de avanzar o ir para adelante, al paso del tiempo y al conjunto de etapas sucesivas advertidas en un fenómeno natural o necesario para concretar una operación artificial. Por consiguiente, se define qué proceso es la secuencia de pasos enfocados en conseguir un resultado

específico, establecer reglas para llevar un orden o en su defecto, eliminar algún tipo de problema.

Ahora bien, en este punto se tiene que la optimización de procesos, en palabras de Araque (2013), es una rama de la ingeniería en la cual se desarrolla el desempeño organizativo de la clasificación y sus procesos, encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios.

En el mismo orden de ideas, Pepper (2011), define la optimización de procesos como una manera de gestionar, que tiene por objetivo el análisis periódico de la forma en que se realizan las actividades y procesos en una organización, en la búsqueda de un mejoramiento u optimización continua de los resultados que se obtienen como producto de dicha gestión. Todo ello sin perder de vista que ese producto o resultado tiene como propósito central satisfacer las expectativas y necesidades de un usuario. Estos constituyen los elementos para llegar al punto central, es decir, cómo mejorar la gestión.

En concordancia con lo expuesto, así como el contexto de estudio y los objetivos previstos, se puede decir que la optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta, consiste en las acciones de mejoramiento continuo que se deben implementar con la finalidad de reducir la contaminación, degradación y pérdida de productos, que a su vez coadyuven en la disminución de costes, para alcanzar así los resultados óptimos esperados.

Desde estas perspectivas, conviene recordar que el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas del Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta, es una de las actividades fundamentales de la industria petrolera colombiana, referente al transporte de los hidrocarburos a través de poliductos en tierra y líneas submarinas en aguas profundas, por lo que se estima de gran relevancia el óptimo mantenimiento y las

mejoras constantes en sus instalaciones, razón por la cual son necesarias formas de ejecución apropiadas para lograrlo.

En atención a lo expuesto, se identifican a continuación los requisitos, etapas y fases, así como los componentes estructurales que constituyen las formas de ejecución que actualmente se realizan durante el Proceso de recibo de combustible, en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta, con el fin de orientar la investigación hacia el cumplimiento de los objetivos previstos.

6.2.1 Formas de Ejecución

Las formas de ejecución, comienzan por cumplir con los requisitos legales de ingreso y luego con los procedimientos que deben seguirse para realizar las operaciones para recibo de combustible, las cuales se inician mucho antes de arribar un buque al terminal, ya que existe una planificación de la estiba y un intercambio de información entre la nave y el terminal, referida a todos los aspectos, tanto técnicos como de seguridad, que entrarán en juego una vez que el buque esté amarrado. De forma general, esta etapa tiene por objetivo, detallar esa información paso a paso, además de describir las prácticas que se realizan.

El inicio de actividades para el descargue de Buque tanques debe coordinarse previamente con la Gerencia de Operaciones (Coordinador, Supervisor, Loading Máster y Operador de Consola en Turno).

El certificado de calidad del producto debe asegurar que se cumpla con las propiedades de la importación para que el Coordinador de Planta o el Supervisor de Operaciones autoricen el descargue del buque al Loading Máster y a Operaciones.

En caso de que las especificaciones de calidad del producto no cumplan con las propiedades específicas de la importación, el Coordinador de Planta debe recibir autorización por parte de la Gerencia de Comercio y/o la Gerencia de Operación Central.

Los sistemas de comunicación deben estar operativamente disponibles y permanentemente confiables.

Los tanques que intervendrán en la operación deben estar drenados.

En operación normal, el hidrocarburo contenido en el tanque que va a recibir el producto debe encontrarse en condiciones de reposo total (estático), media hora antes de tomar medidas de para cuantificar el mismo.

Todas las válvulas de entrada y salida, drenajes, deben estar cerradas para prevenir pases o desplazamientos de productos desde, hacia otros tanques o sistemas.

El coordinador de Planta y/o Supervisor de Operaciones en tierra debe definir y autorizar la línea submarina que se utilizará en el descargue del buque, basado en la disponibilidad del sistema de recibo (por lo general se cambian cada 2 meses), teniendo en cuenta que las dos líneas tengan NATI, como llenado.

El coordinador de Planta y/o Supervisor de Operaciones en tierra, deberá coordinar con los Loading Máster el momento de inicio de las maniobras para el descargue de los buques, una vez se tengan los cupos en tanques para el volumen a recibir.

El Operador de Consola debe asegurar que el volumen de producto a recibir del buque sea menor o igual a la capacidad operativa disponible en el tanque de almacenamiento.

El Operador de Consola debe coordinar con el Loading Máster el inicio del descargue del buque, así como; Flujos, Presión de operación y Tanque de almacenamiento, donde se va a recibir el producto.

Tener certificación de la nacionalización (DIAN) del producto cuando la operación sea en forma simultaneo recibo / salida y sea una importación.

En la operación atípica simultanea de recibe y sale, por no tener el cupo disponible antes de iniciar la operación, debe ser aprobada por el supervisor o coordinador de la terminal, como también de la responsabilidad de calidad y cantidad que ya no es asumida por el Operador de Consola.

En el plan de operaciones también se contempla la necesidad de ordenar sistemáticamente las diferentes acciones y la secuencia que éstas deben llevar o diagrama de flujo, igualmente la medición, visión o criterio sobre determinado fenómeno, entre otros aspectos esenciales para realizar de forma ordenada, sistémica y coherente cualquier proceso del cual se quiera obtener el óptimo beneficio.

6.2.2 Desarrollo de la Operación

La operación de recibo de productos de buque tanques que se realiza es la de operación normal, por lo que es certificada por el Inspector de Cantidad y Calidad, las mediciones de nivel, temperatura y toma de muestras.

Los registros correspondientes, se deben digitar en las herramientas corporativas OGP, SINOPER y Formato Operacional para Movimiento de tanques y Balance de la Planta Pozos Colorados.

La operación inicial de recibo se llama desplace de línea, la cual tiene como objetivo garantizar un empaquetamiento de la línea submarina alineada en la operación y comparar las cifras entre buque tanque y los tanques en tierra, si existe una diferencia de +/- del 0,5% (7655=153 bls. o 6555= 131 bls) de producto descargado versus el recibido.

Se deben chequear los tanques tanto en buque como en tierra, si existe mucha diferencia se debe realizar un segundo desplace y realizar nuevamente la comparación de cifras.

Las formas excepcionales de realizar esta operación son la de recibo por cifras de VEF (Vessel Experience Factor) y/o la de recibe y sale, las cuales se documentan durante la entrega, es de anotar que esta forma solo impacta el recibo en el volumen total que se acepta como recibido desde el buque, y no en la forma como se realiza el proceso de recibo.

6.2.3 listado de Chequeo

Actividades preliminares

Garantizar el cupo en los tanques de almacenamiento para recibir el producto, tomando como referencia la telemetría. El volumen para descargar debe ser igual o inferior al cupo en tanques para el producto.

Revisar en SINOPER si el tanque se ha denominado de acuerdo con el producto a recibir. Si el tanque no se encuentra nominado de acuerdo con el producto, el Operador debe enviar un correo al Coordinador de Planta con copia al Supervisor y Loading máster solicitando la actualización.

Validar en SINOPER que el Buque tanque esté creado de acuerdo con el producto a recibir.

Confirmar con el Loading Máster que el producto a recibir tenga el certificado definitivo de calidad o se cuente con la autorización de la Gerencia de Operación Central o la Dependencia que haga sus veces para descargarlo sin tener el certificado.

El tanque que va a recibir el producto desde el buque tanque debe estar en reposo mínimo media hora antes de la medición.

Esquemas operacionales de los diferentes desplaces que se presentan

Recibo de Gasolina Motor Regular (GMR) o Gasolina Motor Regular importada (GMRI)

Cuando la línea submarina tiene ACEM: Desplazar 5.500 Barriles de ACEM al tanque TK-701/TK-704. Desplazar 1055 Barriles de ACEM a tanque TK 703. Desplazar 1100 Barriles de GMR o GMRI a tanque TK 703.

Cuando la línea submarina tiene NATI: Desplazar 6555 barriles de NATI a TK 703.

Cuando la línea submarina tiene GMR o GMRI: Desplazar 6555 barriles de GMR o GMRI al tanque TK-702.

Recibo de NAFTA IMPORTADA (NATI)

Cuando la línea submarina esté llena con ACEM: Desplazar 5.500 Barriles hacia el tanqueTK-701/TK-704. Desplazar 1055 Barriles de ACEM al tanque 703.

Cuando la línea submarina esté llena con NATI: Desplazar 6555 Barriles al tanque 703.

Cuando la línea submarina esté llena con GMR o GMRI: Desplazar 6555 Barriles de GMR o GMRI al tanque 702.

Recibo de ACEM

Cuando la línea submarina está llena con ACEM: Desplazar 6555 Barriles de ACEM al tanque TK-701/TK-704.

Cuando la línea submarina está llena con NATI: Desplazar 6555 Barriles de NATI al tanque 703 y desplazar 1100 Barriles de ACEM al tanque 703.

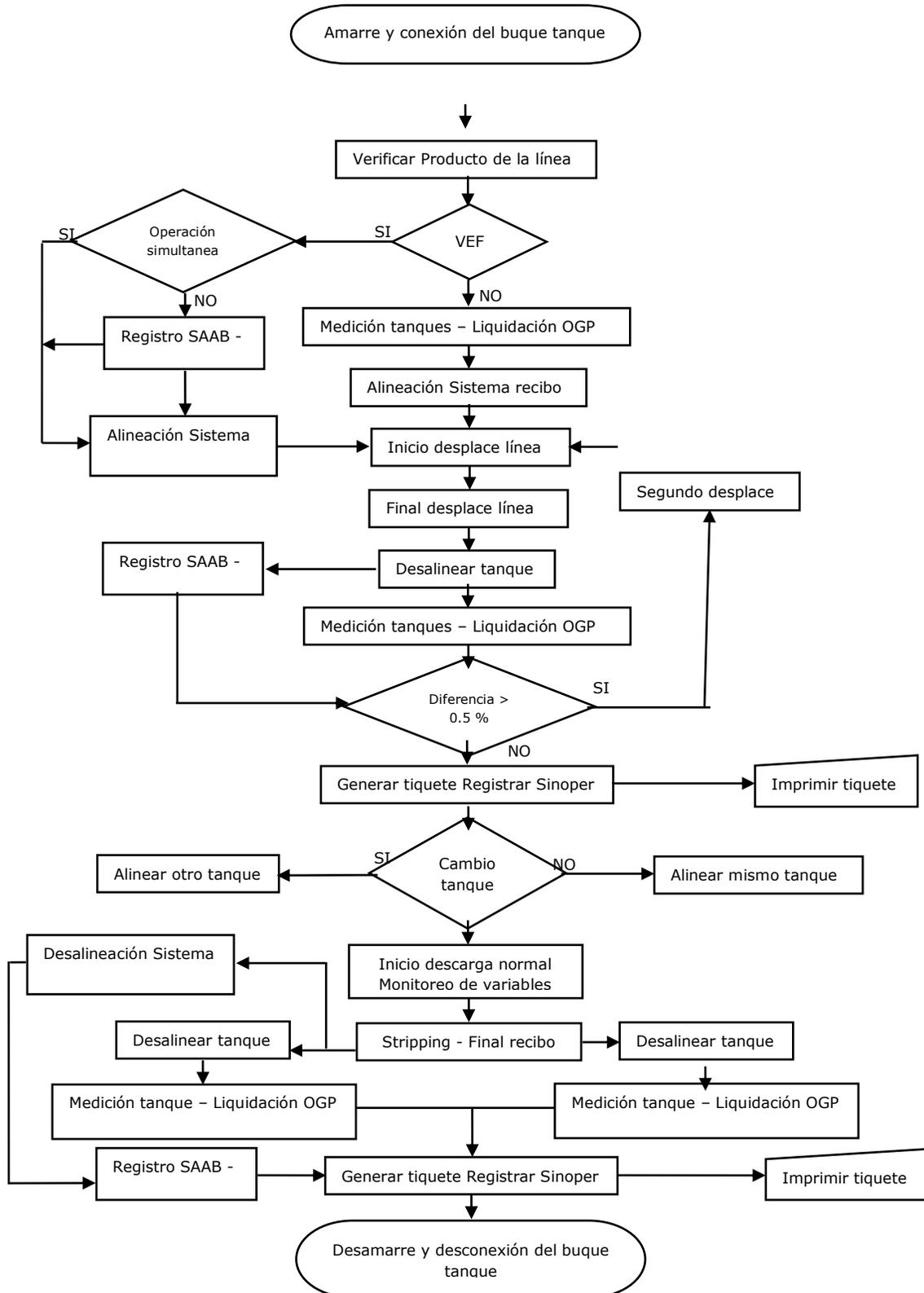
Cuando la línea submarina está llena con GMR o GMRI: Desplazar 5.500 Barriles de GMR o GMRI al tanque 702. Desplazar 1055 Barriles de GMR o GMRI al tanque 703. Desplazar 1100 Barriles de ACEM al tanque 703.

6.2.4 Diagrama de Flujo

De acuerdo con Gómez (1974), el diagrama flujo es un formato que expresa gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica. Según su propósito, puede obtener información adicional sobre el método de ejecución de las operaciones, el itinerario de las personas, las formas, las distancias recorridas, el tiempo, las personas, entre otras.

Por su parte, Chiavenato (1993), afirma que es una gráfica que representa el flujo o la secuencia de rutinas simples, cuenta con la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución. (Fig.1)

Gráfico 1.
DIAGRAMA DE FLUJO



6.2.5 Medición

Efectuar medición inicial de tanques que intervendrán en el recibo. Esta medida debe ser en presencia del Inspector de Cantidad y Calidad. Debe quedar registrada en la libreta de medición. Se debe tomar muestras del producto. ECP-VIN-P-MBC-MT-3. Según Gil (2007), señala que la medición de un fenómeno, es objetiva cuando varios observadores que tienen similar independencia de criterio y que aplican diligentemente las mismas normas contables, arriban a medidas que difieren poco o nada entre sí. Asimismo, Tristán López & Pedraza (2017), afirman que los organismos reguladores exigen que la contabilidad cumpla con la objetividad en la valoración, que sea independiente de la persona que la realiza, que no haya sesgo y que sea neutral.

En el mismo orden de ideas, Mejía (2006) advierte que la medición, supone el proceso de ligar el modelo formal llamado sistema de los números, a algún aspecto diferenciable de los objetos o acontecimiento, es decir, medir es asignar numerales a los objetos o acontecimientos de acuerdo con las reglas. Se deduce de las definiciones anteriores que, la medición de variación, es la operación que compara y determina una magnitud con otra que se considera patrón de medida o unidad de referencia.

Estas son algunas formas de ejecución que se llevan a cabo para realizar el proceso actual recibo de combustible en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta, en el cual se han detectado situaciones adversas de diferente índole, tal como se describiera en la definición del problema las cuales ameritan atención, con el objeto de optimizarlo y reducir los costes que le generan a la empresa.

6.2.6 Liquidación Volumétrica Inicial

Efectuar la liquidación volumétrica inicial utilizando OGP o en caso de que no se encuentre disponible, realizar la liquidación de forma manual utilizando las herramientas adecuadas.

La liquidación debe ser comparada y conciliada con el Inspector de Cantidad y Calidad.

La calidad del producto y agua libre debe ser verificada y/o actualizada en la telemetría. Registrar en el formato TLH-F-081.

6.2.7 Alineación del Sistema

Abrir desde al HMI la MOV-4465 correspondiente a la Línea 106 o la MOV-4460 correspondiente a la Línea 108, dependiendo de por cual línea se vaya a entrar en operación.

Alinear desde al HMI el sistema de filtración: Abrir MOV4401A (entrada) y MOV4401B (salida) del sistema de medición y alinear filtros de acuerdo con la siguiente Tabla

Tabla 1. Sistema de filtración

Sistema de filtración		
FILTRO	ENTRADA	SALIDA
TFL4410	MOV4402A	MOV4402B
TFL4420	MOV4403A	MOV4403B
TFL4430	MOV4404A	MOV4404B
TFL4440	MOV4405A	MOV4405B

Fuente: Gerencia de operaciones Terminal Pozos Colorados

Para iniciar el recibo se deben alinear los cuatro filtros. Cuando el Indicador de Presión Diferencial (PDIT) de un filtro indique un valor de 4 psi significa el taponamiento, por lo que se debe parar el recibo buque tanque y proceder a limpiar las canastillas de los filtros, de acuerdo con el TLH-I-551, finalizada la limpieza se inicia nuevamente el recibo.

Se debe realizar el movimiento especial de conversión de producto en el formato VIT-GOC-F-193. Registrar en Sinoper.

Alinear desde el HMI las válvulas del Loop de recibo y pata de tanques de acuerdo con el tanque designado para el recibo, siguiendo a la siguiente tabla:

Tabla 2. Matriz Alineación de Tanques

Tanques		K 701	K 702	K 703	K 704
Loop de recibo	MOV 0101 ^a	Abierta	Cerrada	Cerrada	Cerrada
	MOV 0102 ^a	Cerrada	Abierta	Cerrada	Cerrada
	MOV 0103 ^a	Cerrada	Cerrada	Abierta	Cerrada
	MOV 0104 ^a	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Abierta
K 701	MOV 0111C	Abierta	Cerrada	Cerrada	Cerrada
K 702	MOV 0112 ^a	Cerrada	Abierta	Cerrada	Cerrada
	MOV 0112C	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Cerrada
K 703	MOV 0113 ^a	Cerrada	Cerrada	Abierta	Cerrada
	MOV 0113C	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Cerrada
K 704	MOV 0114C	Cerrada	Cerrada	Cerrada	Abierta

Fuente: Gerencia de operaciones Terminal Pozos Colorados

Nota: Las MOV 0112C y 0113C se abren cuando se requiere realizar movimiento en el fondo de tanque.

El Operador de Consola debe coordinar con el Operador de Campo la confirmación en sitio de la apertura o cierre de las válvulas requeridas. Se debe revisar el cierre en campo las válvulas para cargue de los filtros.

6.2.8 Desplace de Producto en Línea

Se coordina con el Loading Máster el inicio del desplace donde se estable la rata de flujo máximo 8000 BPH y presión de operación máximo 60 psi. Si existe una diferencia de +/- del .2 % (7655=153 bls. o 6555= 131 bls) entre el producto descargado y el recibido se deben chequear los tanques tanto en buque como en tierra, si se excede este límite se debe realizar un segundo desplace y realizar nuevamente la comparación de cifras.

Para los cambios de tanques en tierra que van a recibir el desplace se hacen en línea, previo aseguramiento de la apertura del tanque que va a recibir y posteriormente el cierre del tanque que está recibiendo el producto.

Finalizar el desplace de la línea, cerrando las válvulas del último tanque que recibió el producto.

6.3 Marco Conceptual

6.3.1 Hidrocarburos

En palabras de Silberberg (2004), son compuestos orgánicos conformados por átomos de hidrogeno, y debido a que el carbono tiene 4 electrones en su capa externa, requiere de una donación de electrón. Los hidrocarburos son, pues, las sustancias orgánicas cuya molécula está constituida solamente por átomos de hidrogeno y carbono. Pueden ser gaseosos, Líquidos o sólidos. Se encuentran en la naturaleza o se producen por síntesis. El metano, por ejemplo, se halla en el petróleo y en el gas natural; y se desprende continuamente de los pantanos, en donde se forma por fermentación de la celulosa de las plantas. El peso molecular de los hidrocarburos conocidos varía desde 16,04 en el metano hasta 9 000 en las parafinas sintetizadas de alto peso molecular. Los hidrocarburos pueden poseer reactividades químicas muy diferentes; algunos son tóxicos y otros, explosivos. Los hidrocarburos suministran el 96% de la energía consumida generalmente a nivel mundial: el 40% lo da el petróleo bruto, el 34% tiene su origen en el carbón y el 22% en el gas natural. El 4% restante proviene de la fuerza hidráulica.

Los hidrocarburos y sus derivados cubren el dominio total de la química orgánica y son la base de la vida animal y vegetal. Las más prolíficas fuentes de hidrocarburos son el petróleo y el carbón para los hidrocarburos no aromáticos y aromáticos. La savia y los jugos vegetales son la fuente de los terpenos. El número de hidrocarburos posibles teóricamente es infinito.

Un hidrocarburo parafínico que tenga 20 átomos de carbono y 42 de hidrogeno en una molécula puede tener 366 319 combinaciones diferentes de estos átomos, a las que se llaman isómeros; y un hidrocarburo que tenga 60 átomos de carbono y 122 de hidrogeno puede llegar a tener más de 22×10 isómeros. Y estos números son pequeños en comparación con el de posibles isómeros de hidrocarburos que no sean parafínicos. La

cifra de hidrocarburos mencionados en las publicaciones excede de 100 000, de los cuales menos de 10 000 se han estudiado y muchos sólo parcialmente. Las sustancias orgánicas, aquellas en las que el carbono es el elemento predominante, son pues mucho más numerosas que todas aquellas en las que intervienen los demás elementos.

6.3.2 Combustible

Es cualquier material capaz de liberar energía cuando se oxida de forma violenta con desprendimiento de calor. Es uno de los tres componentes que conforman el triángulo de la combustión. De acuerdo con San José (2001), la mayoría de los combustibles, al margen de que sean sólidos, líquidos o gaseosos, están compuestos, básicamente, por Carbono (C) e Hidrógeno (H); además de estos componentes principales tienen otros como Azufre (S), Humedad (H₂O), Cenizas, entre otros.

Combustible es toda sustancia que emite o desprende energía por combustión controlada (energía química) o escisión nuclear (energía nuclear) capaz de plasmar su contenido energético en trabajo. Es también cualquier sustancia capaz de arder en determinadas condiciones (necesitará un comburente y una energía de activación).

6.3.3 Poliductos

Se compone de una red de tuberías, destinadas para el transporte de los productos refinados terminados, derivados del procesamiento o refinación del petróleo crudo, por estas solo se transporta una variedad de combustibles procesados, como: Gasolinas, Acpm, Queroseno, Naftas, GLP, Gas oíl, entre otros.

Según Ramírez (2006), a diferencia de los oleoductos convencionales, que transportan solo petróleo crudo, los poliductos transportan una gran variedad de combustibles procesados en la refinería kerosene, naftas, Gas Oil; el transporte se realiza en paquetes sucesivos llamados baches. Para cada poliducto se requiere un determinado tipo o clase de tubería. Generalmente, las dos características más comunes son el diámetro externo y la longitud, y para identificarlo geográficamente se dice que arranca y llega a un punto determinado según sea el caso.

Sin embargo, durante el diseño se toma en cuenta una variedad de factores que corresponden al eficaz y buen comportamiento físico del oleoducto es esencial el tipo calidad de acero de los tubos. La competencia de la tubería es muy importante debido a que el flujo del petróleo por ella se logra por presión a lo largo del oleoducto. Por tanto, la tubería debe resistir también presiones internas porque de lo contrario estallaría. (Ver imagen 1).

Imagen 1. Poliducto Veracruz – Hidalgo



Fuente: Onexpo Nacional, A. C., (2020) unión de asociaciones de gasolineros México. [Disponible en: <https://www.onexpo.com.mx/nosotros/>]

6.3.4 Líneas Submarinas

Tendido de tuberías sobre el lecho marino, que facilitan el transporte de productos refinados y petróleo crudo desde tierra a un punto determinado en el mar y viceversa, se puede utilizar tanto para exportación como importación de los diferentes productos anteriormente mencionados.

Reporta Arévalo (2004), que es de suma importancia para los países petroleros la normalización del diseño de tuberías para el transporte de fluidos a presión. Los códigos y prácticas más recomendadas son:

a) Det Norske Veritas (D.N.V.), Normas Noruegas de Veritas. Reglas para Tuberías Submarinas. Ed. 1976, 1981, 1996 y 2000.

b) American National Standards Institute (ANSI/ASME), Instituto Nacional Americano de Normas / Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.

1) Código B31.8. Sistemas de Transporte y Distribución de Gas por Tuberías.

2) Código B31.4. Sistemas de Transportación y Distribución de Hidrocarburos por Tuberías.

3) Código B31.3. Tuberías en Plantas Químicas y Petroleras.

c) American Petroleum Institute (API), Instituto Americano del Petróleo.

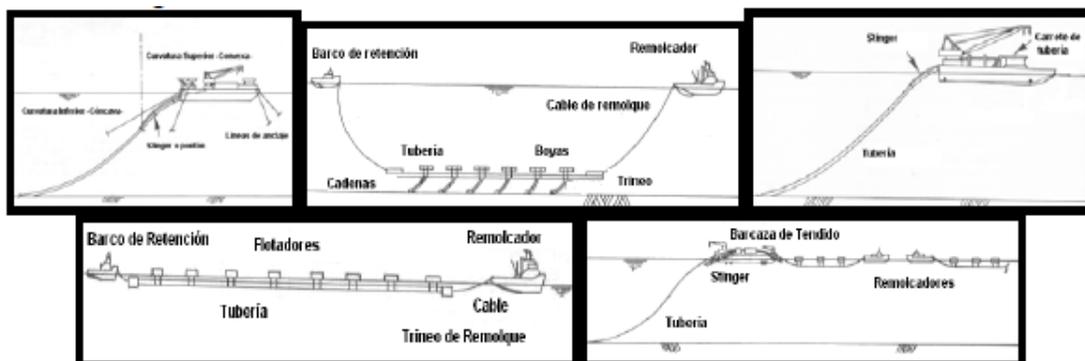
1) API-RP1111: Práctica recomendada API para tuberías que transportan hidrocarburos fuera de la costa.

2) API-RP14E: Práctica recomendada para diseño e instalación de sistemas de tuberías en plataformas Producción fuera de la costa.

En el mismo orden de ideas, la categorización de una línea submarina (según las normas DNV) depende de la importancia de la misma, la cual se establece por los efectos de una posible falla mecánica, como son: la pérdida de vidas humanas, el impacto ambiental y sus repercusiones económicas. La Categorización por Seguridad y Servicio (CSS) de una línea submarina se establece como muy alta, alta y moderada, y es en función del tipo de fluido, zonificación y magnitud de producción transportada.

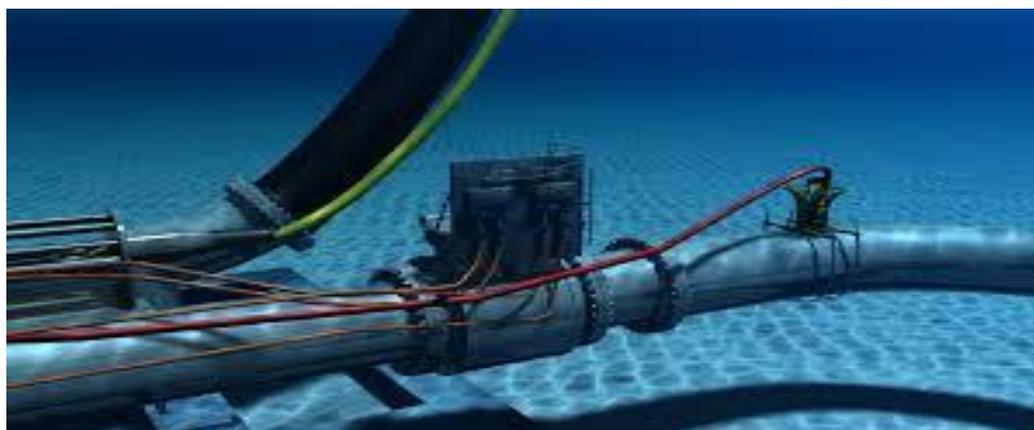
Hay varios métodos para la instalación de tuberías submarinas, incluyendo la barcaza convencional de tendido, barcaza de carrete, barcaza de arrastre, entre otros. Algunos de estos métodos son más adecuados que otros bajo determinadas circunstancias; como diámetro de la tubería, profundidad de las aguas, parámetros oceanográficos, entre otros. (Ver imagen 2)

Imagen 2. Métodos de Instalación de líneas submarinas



Fuente: De Arévalo (2004), Estudio para la selección e instalación de línea submarina para recepción y despacho de combustible en terminal Barbasquillo.

Imagen 3. Instalación de líneas submarinas



Fuente: Consorcio Caribe Internacional (2013)

7. UBICACIÓN DENTRO DE LAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente proyecto se ubica dentro de la línea de investigación: Gestión de la Productividad, Competitividad e Innovación, del programa de Ingeniería Industrial en la universidad Antonio Nariño sede Santa Marta.

8. MARCO METODOLÓGICO

Este apartado muestra el contexto operativo de la investigación, el cual permite fijar los lineamientos a seguir en el proceso de investigación. Como afirma Méndez (2007), es un aspecto que tiene que ver con la planeación de la manera como se va a proceder en la realización de la investigación. En tal sentido, este capítulo responde al nivel de profundidad que se pretende alcanzar en el conocimiento propuesto; al igual que el método y procedimiento a seguir para concluir la investigación. Por ende, el marco metodológico trata del paradigma, tipo de estudio, diseño de investigación, método, población y muestra, las técnicas de recolección de información, además del tratamiento de la información, sistematizado éste con las herramientas estadísticas seleccionadas para tal fin.

8.1 Enfoque de la Investigación

Con respecto al paradigma de investigación, la actividad se encuentra orientada por el enfoque positivista, el cual conduce el proceso de manera lógica, guiando al investigador sobre cómo actuar para abordar, analizar y explicar el fenómeno o realidad objeto de estudio. En este contexto emerge el enfoque paradigmático, éste define lo que constituye la ciencia legítima para el conocimiento de la realidad a la cual se refiere.

La postura epistemológica del proyecto se enmarca dentro del paradigma cuantitativo, con un enfoque empírico positivista, de acuerdo a lo referido por Hurtado y Toro (2002), ya que utiliza la lógica de la verificación empírica de los hechos y sus causas, la complejidad del ser humano reducida a variables, calculando la probabilidad estadística, aplicando instrumentos codificados que permiten, tanto la tabulación como el análisis de los datos, para generar así conclusiones y recomendaciones en respuesta a los objetivos definidos. (p.54).

La investigación es de carácter cuantitativa, debido a que se incorpora en la recolección e interpretación de datos, componentes sobre diferentes aspectos del personal de la organización a estudiar, identificación de desperdicios, reducción significativa en los volúmenes de combustible que se degradan al realizar esta actividad y disminución de costos.

8.2 Tipo de Investigación

La metodología de la investigación a emplear es de tipo descriptivo, según Hernández, Fernández y Baptista (2016), los estudios descriptivos permiten detallar situaciones y eventos, es decir como es y cómo se manifiesta determinado fenómeno y busca especificar propiedades y características importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier fenómeno que sea sometido al análisis.

Esta investigación es de tipo descriptiva, la cual según, Arias. F. (2004), consiste en “la caracterización de un hecho fenómeno o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.35). También, Bavaresco (2004), plantea “consiste en describir y analizar sistemáticamente características homogéneas de los fenómenos estudiados sobre la realidad (individuos, comunidades)”. (p.26). y Álvarez y Díaz (2004), como aquellas que “buscan la medición precisa de las variables”, (p. 273).

8.3 Diseño de Investigación

En el diseño de la investigación, conviene hacer referencia a la claridad en su soporte al proceso investigativo del estudio, que según Hernández y col (2016), una vez definido el tipo de estudio a realizar y establecido los lineamientos para la investigación, el investigador concibe la manera práctica y concreta de responder a las preguntas de la investigación. Esto implica seleccionar o desarrollar un diseño de estudio y aplicarlo a su contexto particular, el cual en esta investigación es de campo, ya que los datos serán recopilados directamente en el lugar en donde se presenten los hechos.

El diseño de la investigación corresponde a las decisiones que debe tomar el investigador sobre los aspectos operativos de su indagación, es decir, “cómo”, “dónde” y “cuándo” recolectar los datos. Desde esa perspectiva”, esta investigación tiene un diseño de campo, se define como el análisis sistemático de problemas en el contexto social, donde los datos se recolectan de manera directa del contexto real. Esta afirmación es corroborada por Arias (2006) cuando sostiene que la información proviene directamente de la población objeto de estudio.

A su vez la investigación siguió un diseño no experimental, el cual según Hernández y col. (2016), es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, y donde no se constituye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes y no provocadas intencionalmente por el investigador. Ciertamente en la presente investigación no se intentó manipular los sujetos y las condiciones de estudio, sólo se describirán las variables, sin intervenir. Dentro del diseño de la investigación se enmarcó como un diseño experimental transversal o transeccional, atendiendo a la dimensión temporal en la cual se recolectaron los datos, por cuanto los mismos fueron recogidos en un solo momento y mediante una sola medición para describir las variables.

8.4 Método de la Investigación

El método empleado en el desarrollo del proyecto se fundamenta en el método hipotético-deductivo, según Hernández y col. (2016), “se hacen teorías y preguntas iniciales de investigación, de las cuales se derivan hipótesis. Estas se someten a prueba utilizando diseños de investigación apropiados. Mide las variables en un contexto determinado, analiza las mediciones, y establece conclusiones. Si los resultados corroboran las hipótesis, se genera confianza en la teoría, si no es refutada y se descarta para buscar mejores. Reduccionista. Utiliza medición numérica, conteo, y estadística, encuestas, experimentación, patrones, recolección de datos.

El método hipotético-deductivo es el procedimiento o camino que sigue el investigador para hacer de su actividad una práctica científica. El método hipotético deductivo tiene varios pasos esenciales: observación del fenómeno a estudiar, creación de una hipótesis para explicar dicho fenómeno, deducción de consecuencias o proposiciones más

elementales que la propia hipótesis, y verificación o comprobación de la verdad de los enunciados deducidos comparándolos con la experiencia.

Argumenta Guanipa (2010) que este método, es el conjunto de teorías y conceptos básicos, elaborando de forma deductiva las consecuencias empíricas de las hipótesis y tratarla de falsear para reunir la información pertinente. Por tanto, busca la solución a los problemas planteados. Por su parte Bernal (2006), expone que, el método parte de unas aseveraciones en calidad de hipótesis y busca falsear tales hipótesis, deduciendo de ellas conclusiones confrontadas con los hechos.

Este contexto metodológico, obliga al científico a combinar la reflexión racional o momento racional (la formación de hipótesis y la deducción) con la observación de la realidad o momento empírico (la observación y la verificación). Tradicionalmente, a partir de las ideas de Francis Bacon se consideró que la ciencia partía de la observación de hechos y que, de esa observación repetida de fenómenos comparables, se extraían por inducción las leyes generales que gobiernan esos fenómenos.

En él se plantea una hipótesis que se puede analizar deductiva o inductivamente. Entonces, la metodología que se aplicara en este estudio es de carácter hipotético deductivo ya que nos permite observar, deducir, verificar, comprobar e identificar los volúmenes del combustible que se degradan al realizar la operación y de esta manera optimizar el proceso.

Pasos para hacer una metodología hipotética deductiva

- 1) Planteamiento del problema
- 2) Creación de hipótesis
- 3) Deduciones de consecuencias de la hipótesis
- 4) Contrastación: Refutada o aceptada

Los pasos 1 y 4 requieren de la experiencia, es decir, es un proceso empírico; mientras que los pasos 2 y 3 son racionales. Por esto se puede afirmar que el método sigue un proceso Inductivo, (en la observación) deductivo, (en el planteamiento de hipótesis y en sus deducciones) y vuelve a la inducción para su verificación.

En el caso de que todas y cada una de las variables puedan ser objeto de estudio, el último paso sería una inducción completa que daría paso a una ley universal. En caso contrario la inducción es incompleta, y por tanto la ley obtenida sería una ley probabilística (Jean, 2014).

9. VARIABLES

Este proyecto está basado en la Optimización del proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

A partir del problema planteado:

¿Cómo se puede optimizar el proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el Terminal Pozos Colorados ubicado en la ciudad de Santa Marta, mediante un estudio?

Para lo anterior, se formula la siguiente hipótesis:

Se deduce que, a partir del estudio de las operaciones que se llevan actualmente, se generará un plan de optimización para implementar mejoras continuas en el proceso de recibo de combustibles por líneas submarinas en el Terminal Pozos Colorados ubicado en la ciudad de Santa Marta, con el objeto de reducir Costes Operativos. Debido al conocimiento empírico que se tiene sobre la problemática de estudio, por el hecho de ser personal activo de la empresa donde se realiza el estudio, razón por la cual se permite deducir que, en primer lugar existe el problema, en segundo lugar, hay argumentos conducentes para generar una solución factible, y en tercer lugar el estudio está en proceso.

Cuadro 1: Cuadro de la Variable

OBJETIVO GENERAL: Proponer un plan de optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.				
Variable	Objetivos Específicos	Dimensiones	Indicadores	Fuente
OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE RECIBO DE COMBUSTIBLE POR LÍNEAS SUBMARINAS	Identificar las formas de ejecución del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.	Formas de ejecución	Desarrollo de la Operación	Instructivo del sistema de gestión de calidad Ecopetrol (2018)
			listado de Chequeo	
			Diagrama de Flujo	
			Medición	
			Liquidación Volumétrica Inicial	
			Alineación del Sistema	
	Establecer acciones de cambio en el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.	Acciones de cambio	En el recibo de GMR o GMRI	
			En el recibo de NATI	
			En el recibo de ACEM	
	Describir el nuevo esquema de implementación para el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad	Nuevo esquema	Al recibir un buque tanque con GMR o GMRI	
			Al recibir un buque tanque con NATI	
			Al recibir un buque tanque con ACEM	

	de Santa Marta en la reducción de Costes Operativos.			
	Determinar el aporte del Plan de Optimización en el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.	Según los resultados de la investigación		

Fuente: Castilla y García (2020)

9.1 Población

Basado en el tipo de investigación, para Méndez (2007), una población o universo puede estar referido a cualquier conjunto de elementos de los cuales se pretende indagar y conocer sus características o a una de ellas, y para el cual serán válidas las conclusiones obtenidas en la investigación. Ello permite inferir que una población representa la cantidad total de sujetos clave para obtener la información.

En este sentido, la población estuvo constituida por catorce (14) operadores integrantes del equipo responsable del proceso, según se describe en la tabla 1:

Tabla 3. Distribución de la población

Nº	VINCULACIÓN	CANTIDAD
1	Coordinador	1
2	Supervisor	1
3	Loading Master	4
4	Operadores de Consola	4
5	Operadores de Medición	4
TOTAL:		14

Fuente: Castilla y García (2019)

9.2 Muestra

En cuanto a la muestra, se refiere básicamente a qué o quiénes aportan la información. Para Hernández, Fernández y Baptista (2016), al seleccionar una muestra, lo primero que hay que hacer es definir la unidad de análisis, es decir, si se trata de personas, organizaciones, documentos, entre otros. Esto va a depender del enfoque planteado para la investigación, una vez establecido esto, el siguiente paso será delimitar la población. En el presente estudio, se empleó el censo poblacional debido al tamaño reducido y de fácil acceso de la población, ya que como señala Tamayo y Tamayo (2005), el censo poblacional es la muestra en la cual entran todos los miembros de la población.

9.3 Instrumento para la Recolección de la Información

Sabino (2009) menciona, que un instrumento de recolección de datos es, en principio, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información. En la presente investigación para la recopilación de la información. Tal y como explica Balestrini (2009), los que centran su atención en la observación y el análisis de diversidad de fuentes documentales existentes, donde los hechos han dejado huellas; y demandan la incorporación de una serie de técnicas y protocolos instrumentales muy específicos.

Los instrumentos de medición o técnicas e instrumentos de recolección de datos, según Chávez (2008), son los medios que utiliza el investigador para medir el comportamiento o atributos de las variables. La recolección de la información se realizó con base en la técnica de la encuesta y se seleccionó como instrumentos un cuestionario. Al respecto Arias (2006), formula la técnica del cuestionario es la modalidad de encuesta que se realiza de forma escrita mediante un instrumento o formato en papel contentivo de una serie de preguntas.

Se le denomina cuestionario auto administrado porque debe ser llenado por el encuestado, sin la intervención del encuestador. Para recolectar la información se aplicará una encuesta que según Balestrini (2009), consiste en obtener la información a través de preguntas a otras personas, sin establecer un diálogo con el encuestado y el grado de interacción es menor, con el fin de medir la posición de los sujetos, con las variables de estudio.

9.4 Validez y Confiabilidad

Con respecto a la validez del instrumento, Hernández, Fernández y Baptista (2016), se refiere al grado en que un instrumento mide la variable que pretende medir. Sin embargo, existen diversos tipos de validez, siendo consideradas, para efectos de esta investigación, la validez de contenido y la validez discriminante aplicada para

el estudio técnico del instrumento diseñado. Al respecto, los autores definen la validez de contenido como el grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide.

Los autores agregan que, la validez de contenido de un instrumento se consigue a través de la consulta a investigadores familiarizados con las variables. Es por ello que una vez diseñado el instrumento, será sometido al juicio de tres (3) expertos en metodología, con el fin de revisar la coherencia del contenido de los ítems constitutivos del mismo, respecto a los cuales realizaron las observaciones procedentes.

En lo que respecta a la confiabilidad; según estos autores, se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales. Dado que el instrumento estará compuesto por el escalamiento Likert, el método para calcular su confiabilidad será la prueba piloto, que es aplicar el instrumento a una población distinta a la estudiada, pero con características que le asemejan. Del mismo modo, se aplicó el análisis descriptivo para obtener el coeficiente Alfa de Cron Bach.

Resultado:

Tabla 4 ↓

Resumen del procesamiento de los casos			
		N	%
→ Casos	Válidos	14	100,0
	Excluidos ^a	0	,0
	Total	14	100,0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Tabla 5 ↓

Estadísticos de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,846	39

Tomando en cuenta la fórmula expresada, se calculó el coeficiente para la variable en .846, el cual indica la confiabilidad del instrumento, al ser comparado con la escala de valoración, de magnitud muy alta* y se presenta a continuación, que es

herramienta estadística para determinar la validez de la variable: proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

Estos coeficientes, dicho en otras palabras, expresan en qué grado los ítems discriminan o diferencian a los sujetos simultáneamente.

Tabla 6. Escala para la valoración del coeficiente de confiabilidad

RANGOS	MAGNITUD
0,81 a 1,00	Muy alta*
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy baja

Fuente: Ruiz (2002)

El análisis de la información representa un paso esencial para dar curso a los resultados que son obtenidos en el estudio. Previo al análisis de datos es necesario realizar el vaciado y recuento de los mismos a fin de aplicar la estadística descriptiva. Sabino (2007), señala que de la información procesada dependerá la respuesta a las interrogantes iniciales formuladas por el investigador, no obstante, esa información solo será capaz de aportar las respuestas deseadas hasta tanto no se efectúe sobre ella un trabajo de análisis e interpretación.

El análisis de los datos se deriva del comportamiento de los indicadores de la variable. Para ello, se siguió un tratamiento estadístico de tipo descriptivo, utilizando distribuciones de frecuencias absolutas y relativas (porcentajes) para cada ítem e indicador medido, cuyos resultados serán analizados y expresados en tablas de frecuencia, que facilitarán su interpretación. De igual manera se calculará la media; todo ello mediante el paquete estadístico SPSS y la hoja de cálculo EXCEL.

9.5 Procedimiento de la Investigación

Para abordar la presente investigación, se ha realizado una secuencia sistemática de pasos: en primer lugar, se describió de manera específica la situación objeto de estudio, luego se llevó a cabo la revisión bibliográfica, para analizar e interpretar postulados teóricos y poder establecer una línea metodológica, posteriormente se seleccionó la población objeto de estudio.

De seguido se realizó el diseño y elaboración del instrumento para recolectar la información, el cual fue validado por parte de tres (3) expertos, Ingenieros y expertos en Metodología de investigación. Paso seguido se aplicó el instrumento de recolección de datos al personal objeto de estudio y se procedió a la tabulación de los mismos, para ser presentados en tablas de frecuencia, porcentajes y promedios.

En consecuencia, se efectuará el análisis e interpretación de los datos y resultados, confrontándolos con los autores previamente consultados y los antecedentes seleccionados, para finalmente elaborar las conclusiones y recomendaciones de la investigación, de donde surge la propuesta de un plan de optimización del proceso de recibo de combustible por líneas submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de costes operativos.

10. RESULTADOS

Según información reportada por Rodríguez (2018), la empresa colombiana en la industria petrolera ECOPETROL SA, remonta sus orígenes en la primera mitad de siglo XX, cuando al territorio nacional, ingresan empresas como la Standard Oil de Nueva Jersey, en el año 1920 aproximadamente, dicho ingreso se logra dada la fusión de empresas Internacionales como, la Petroleum Company (IPC), que en su momento era filial de la Imperial Oil Company, y la Tropical Oil Company, empresa que contaba con los derechos de explorar y producir crudos por la adjudicación de una Concesión, con nombre de Mares, la que se encontraba ubicada en la región de Barrancabermeja (Santander), lugar en el cual se encuentra la ubicación de la refinería más grande del país.

Aunque la fundación de Ecopetrol, se dio a mitad del siglo XX su comienzo se registra desde 1905, bajo el mandato gubernamental del general Rafael Reyes quien otorgó una concesión, con derecho a realizar explotaciones de petróleo crudo, al señor Roberto de Mares, lo que se daría a inicios de siglo hasta poner en marcha a Ecopetrol el día 25 de Agosto de 1951, con dicha reversión, termina el dominio que se tenía en el sector petrolero y nace la empresa Colombiana de Petróleos Ecopetrol; estableciéndose como empresa del estado hasta el año 2003 que se convierte en empresa de carácter mixto lo que permite su capitalización del 10,1% del valor accionario.

Ecopetrol S.A., como grupo empresarial, está catalogada como una de las empresas del sector industrial y comercial más importante de Colombia, de carácter mixto y mayoría accionaria en poder del estado, por este motivo está vinculada al Ministerio de Minas y Energía, su vigilancia fiscal es responsabilidad de la Contraloría General de la República.

Se dedica a las actividades propias de la industria petrolera y energética (exploración, transporte de crudos, refinación de crudos, transporte de refinados,

comercialización de los diferentes productos derivados de la refinación como también de las exportaciones de los diferentes crudos y generación de energía), para lograrlo, está estructurada desde una casa matriz llamada ECOPETROL S. A.S, la conforman varias vicepresidencias y filiales que abarcan todos los ámbitos del negocio.

La misma cuenta con una Misión, una Visión, una Política Integral y unos Valores. Donde su Misión es: Trabajar todos los días para construir un mejor futuro rentable y sostenible. Con una operación sana, limpia y segura. Asegurando la excelencia operacional y la transparencia en cada una de nuestras acciones. Construyendo relaciones de mutuo beneficio con los grupos de interés.

Con una Visión: Ecopetrol será una compañía integrada de clase mundial de petróleo y gas, orientada a la generación de valor y sostenibilidad, con foco en Exploración y producción, comprometida con su entorno y soportada en su talento humano y la excelencia operacional.

Al igual que su Política Integral: Basada en principios de, Ética y Transparencia, Desarrollo e Igualdad, Excelencia Operacional, Compromiso con la Vida, Desarrollo Sostenible, Información y Comunicación y Conocimiento e Innovación, con unos. Lo mismo que sus Valores: Están enmarcados en, Responsabilidad, Integridad y Respeto.

Imagen 4. Cronología del Logotipo de Ecopetrol



Fuente: Ciudad bella hija del sol: Barrancabermeja y Ecopetrol

Imagen 5. Refinería Ecopetrol, S. A. en los años 40



El Terminal de Pozos Colorados, hace parte del grupo empresarial y está dedicado al recibo y transporte de hidrocarburos refinados, se encuentra ubicado en el sector de su mismo nombre en el km. 12 salida a Ciénaga, municipio de Santa Marta DT. Para el recibo de combustibles vía marítima este terminal cuenta con un Puerto Petrolero, amparado bajo el contrato de Concesión 005 de junio 16 de 2010, cuya vigencia se extiende hasta el año 2030. La organización cuenta con una infraestructura y un proceso operacional que se describe a continuación.

10.1 El proceso

En primer lugar, se encuentra una Mono boya tipo CALM A, donde, pueden arribar buques hasta de 70.000 toneladas de peso muerto, lo que le permite al buque una rotación de 360 grados, minimizando los esfuerzos que pueda ejercer la nave sobre la estructura, ofreciendo una operación más confiable y eficiente, asegurando una capacidad máxima de recibo en el terminal de 23.000 barriles por hora.

A su vez, para cumplir con este proceso, la mono boya está conformada por la siguiente estructura:

- Un Tren de 22 mangueras flotantes (4 x 16 pulgadas y 18 x 20 pulgadas)
- Un Tren de 4 mangueras submarinas de 20 pulgadas
- Un PLEM con dos salidas de línea de 24"

En la siguiente imagen se puede observar el amarre del buque a la mono boya.

Imagen 6. Mono-Boya Pozos Colorado



Fuente: Consorcio Caribe Internacional (2013)

Asimismo, se cuenta con la instalación de dos Líneas submarinas, fabricadas en acero de 24 pulgadas con una longitud de 3,5 Km cada una. (LS 106" o LS Boya-Pozos Colorados y LS 108" o LS Retorno Boya-Pozos Colorados (Ver imagen7).

Imagen 7. Líneas submarinas Pozos Colorados



Fuente: Castilla y García (2020)

En la infraestructura del complejo también se puede observar el sistema de filtración, diseñado para asegurar la retención de partículas sólidas que puedan venir junto con el hidrocarburo compuesto por 4 filtros. Con capacidad de 42 barriles cada filtro, tal como lo muestra la imagen 8.

Imagen 8. Sistema de Filtración



Fuente: Castilla y García (2020)

Continúa el recorrido con el Múltiple de tuberías con válvulas, desde el cual se redirecciona el producto dependiendo del tipo de combustible, (Acem, Nafta o Gasolina) anexo al tanque que debe recibir el producto según la operación. Así se puede apreciar en la imagen 9.

Imagen 9. Múltiple de tuberías con válvulas



Fuente: Castilla y García (2020)

Prosiguiendo con el proceso, para el llenado respectivo, la infraestructura consta de dos líneas, denominadas LS 106 y LS 108. La línea LS 106, tiene un llenado de 5895 bls, con las mangueras flotantes: 297 bls, con un sistema de filtración de 363 bls, para un total de llenado de: 6555 bls. Mientras que la LS 108: tiene un llenado de 5861 bls, con las mangueras flotantes: 297 bls; y su sistema de filtración de 363 bls, para un total de llenado de: 6521 bls.

Con respecto a los equipos y sistemas conectados, entre el Terminal Pozos Colorados y el puerto Costa Afuera, están los siguientes:

- El Sistema de Recibo de Buque tanques, conformado por: Mangueras Flotantes, Mono-boya, Mangueras Submarinas y PLEM Submarino (Ver imagen 10).

Imagen 10. Recibo de Buque tanque



Fuente: Castilla y García (2020)

En cuanto al Sistema Líneas submarinas (Imagen7), hace referencia a sus funciones. La LS 106": LS Boya-Pozos Colorados y LS 108": LS Retorno Boya-Pozos Colorados; las cuales comprenden un recorrido desde la válvula de mariposa ubicada en la punta de la manguera Barbell, hasta la entrada al Loop de recibo.

Imagen 11. Sistema Líneas submarinas



Fuente: Castilla y García (2020)

En el mismo contexto estructural, se encuentran ubicadas dentro del terminal terrestre las dos (2) Trampas de Despacho y Recibo de raspadores, identificadas con las siglas: TG-01 y TG-02 respectivamente.

Imagen 12. Trampas de Despacho y Recibo de raspadores



Fuente: Castilla y García (2020)

Asimismo, se encuentra el Sistema de Filtración de Buque tanques, conformado por cuatro elementos filtrantes (TFL-4410, TFL-4420, TFL-4430, TFL-4440).

Imagen 13. Sistema de Filtración de Buque tanques



Fuente: Castilla y García (2020)

También se cuenta con el Loop de recibo, (Ir a imagen 9), esta vez para explicar que está conformado por un múltiple, donde se encuentran instaladas varias válvulas de orientación y corte, cuya función, es redireccionar los diferentes productos por especificación al tanque correspondiente.

Con respecto al Sistema de Almacenamiento, está conformado por cuatro tanques para almacenar los combustibles refinados (Acem, Nafta y Gasolina), con la siguiente identificación; TK701 y TK 704 donde se almacena Acem; TK702, para almacenar Gasolina; y el TK703, que almacena Nafta.

Imagen 14. Sistema de Almacenamiento



Fuente: Castilla y García (2020)

Luego están los Sistemas Auxiliares, que constan de drenaje, Sistema de protección, Sistema contra incendios, Generadores de energía, Sistema de aire industrial, Tanque Sumidero (TU 0502) y Tanque de Relevo (TK 705).

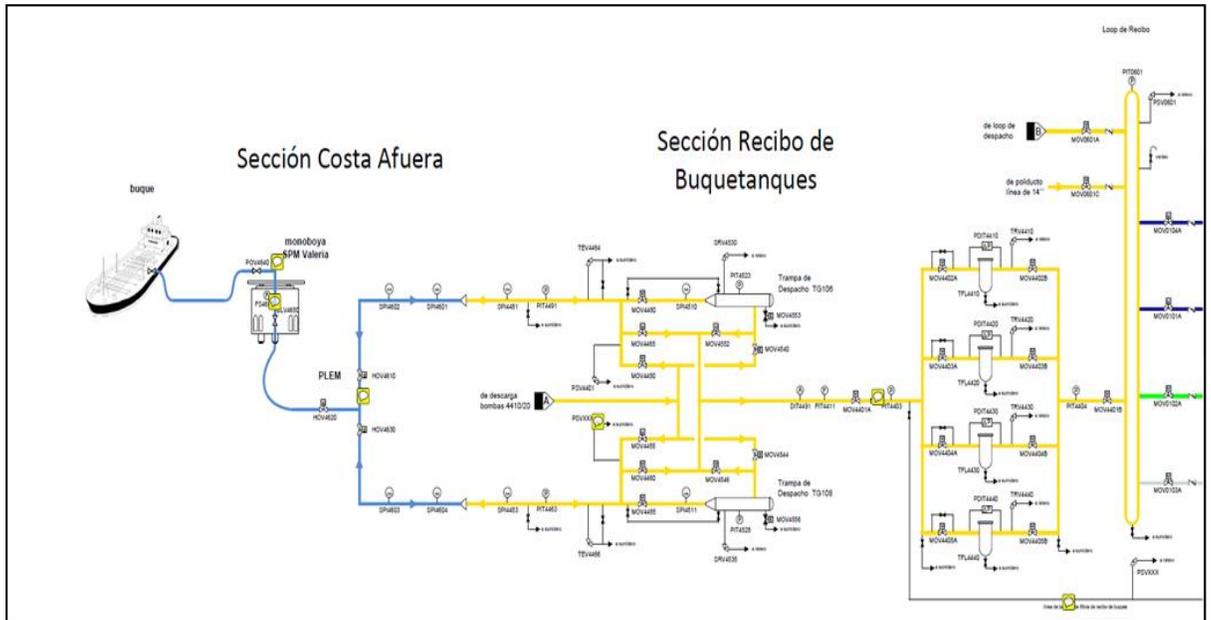
Imagen 15. Sistemas Auxiliares



Fuente: Castilla y García (2020)

A manera de guía informativa, en el Terminal Pozos Colorados, también se cuenta con el Diagrama de Planos, para la orientación del personal que opera en el complejo petrolero, cumpliendo con las normativas de información y comunicación respectivas. En el caso del diagrama presentado, describe las diferentes secciones y recorrido estructural durante el proceso de recibo de combustible.

Gráfico 2. Diagrama de Planos



Fuente: Gerencia de Operaciones Terminal Pozos Colorados (2020)

10.2. Análisis del esquema operacional actual en los diferentes desplaces que se presentan

Cuando la operación es durante el recibo de Gasolina Motor Regular (GMR) o Gasolina Motor Regular importada (GMRI) y en la línea submarina hay ACEM, se desplazan 5.500 barriles de ACEM al tanque TK-701/TK-704. Igualmente se Desplazan 1055 barriles de ACEM a tanque TK 703, y 1100 barriles de GMR o GMRI a tanque TK 703. Ahora bien, si la línea submarina tiene NATI, se desplazan 6555 barriles de NATI a TK 703. Por otro lado, si la línea submarina está llena con GMR o GMRI: desplazan 6555 barriles de GMR o GMRI al tanque TK-702.

En referencia al recibo de NAFTA IMPORTADA (NATI), si en la línea submarina hay ACEM, se desplazan 5.500 barriles hacia el tanque TK-701/TK-704 y 1055 barriles de ACEM al tanque 703. Mientras que, si la línea submarina tiene NATI, desplazan 6555 barriles al tanque 703. Pero si la línea submarina está llena con GMR o GMRI, desplazan 6555 Barriles de GMR o GMRI al tanque 702.

Cuando el recibo sea de ACEM, si en la línea submarina hay ACEM, se procede a desplazar 6555 barriles de ACEM al tanque TK-701/TK-704. Pero si la línea submarina tiene NATI, desplazan 6555 barriles de NATI al tanque 703 y 1100 barriles de ACEM al tanque 703. Si la línea submarina está llena con GMR o GMRI: Desplazar 5.500 barriles de GMR o GMRI al tanque 702, se desplazan 1055 barriles de GMR o GMRI al tanque 703 y 1100 barriles de ACEM al tanque 703.

10.3 Acciones de cambio

Una vez realizada la descripción y análisis de cómo se está ejecutando la operación actual, acerca del recibo de combustible por líneas submarinas, desde Buques Tanque en el Terminal Pozos Colorados, en la ciudad de Santa Marta (Magdalena), e identificadas las oportunidades de mejoras del mismo, presentamos la nueva propuesta operacional para su procedimiento, en donde podremos apreciar las rebajas sustanciales que se podrían lograr en lo referente a costes operacionales, que en la actualidad se generan dado el proceso operativo que se aplica.

Con base en lo anteriormente descrito, se podrán realizar las mediciones requeridas, haciendo comparaciones entre los desperdicios que se presentan dada la operación vigente y la propuesta con el nuevo modelo operativo, de esta manera obtendremos los resultados donde se podrá concluir cuál de los dos esquemas, es más efectivo y rentable.

En este punto, es necesario dejar en claro que, los requisitos o precondiciones establecidos referentes a: medición inicial, liquidación volumétrica inicial, alineación del sistema, desplace de producto en línea, desarrollo de la operación y listado de chequeo, para iniciar la operación con sus actividades preliminares, se aplican de la misma manera para ambos esquemas, por lo que no se realiza comparación en esta etapa, considerándose pasos preliminares para el desarrollo de ambas actividades las cuales no generan desperdicios y por ello costes adicionales, optando esta etapa como indispensables para lograr una buena operación.

Una vez aclarado el punto descrito, se procede a realizar la comparación en el desarrollo de la operación, exactamente en el transcurso del proceso, actividad de manejo de las interfaces durante la realización de los desplomes, requisitos establecidos por norma según autoridades reguladoras.

10.3.1 En el recibo de Nafta Importada (NATI)

En condiciones en que la línea submarina esté llena con ACEM: Se recibirán 5.500 Barriles en el tanque TK-701/TK-704, según sea la selección, seguido se reciben **1055** Barriles de ACEM al tanque 703, como degradación (desperdicios), para luego seguir recibiendo en el mismo tanque la totalidad del producto entregado por el buque.

En la nueva propuesta para esta operación puntual; se recibirá la cantidad de Barriles requeridas de ACEM al tanque TK-701/TK-704, hasta el momento en que el inicio de la interface sea detectada por el segundo densímetro, instante en el cual se iniciara el recibo al tanque TK 703. Donde se terminará de recibir todo el producto entregado desde el buque, de esta manera se estima una degradación de producto ACEM no más de **300** bls, por esta operación.

Comparando esta operación en los dos esquemas, concluimos que pasamos de degradar **1055** barriles de ACEM a solo **300** en la nueva propuesta, equivalente a una reducción de 755 barriles, dándonos un ahorro del **71.56%** el nuevo esquema propuesto. Para cuando la línea submarina tiene NATI: en el esquema actual como en el propuesto, no se generan degradaciones (desperdicios) por realizar esta actividad en particular. Igualmente, cuando la línea submarina tiene GMR o GMRI: Tampoco se generan degradaciones (desperdicios) en el esquema actual ni en el propuesto.

10.3.2 En el recibo de ACEM

Si la línea submarina está llena con ACEM se tiene que: Ni en el esquema actual como en el propuesto, se generan degradaciones (desperdicios) por esta actividad.

Por otra parte, cuando la línea submarina está llena con NATI: con el modelo actual se recibe el lleno total de línea 6555 Barriles de NATI al tanque 703 y adicional es recibida una cantidad de **1100** Barriles de ACEM, como degradación (desperdicio) al mismo tanque.

En la propuesta para este escenario recibiríamos, la cantidad de Barriles de NATI requeridos al tanque TK-703, hasta el momento en que el segundo densímetro detecte el final de la interface generada, momento en el cual iniciará el recibo al tanque TK 701 o TK 704, según sea la selección definida, donde se continuará recibiendo el producto, hasta completar el recibo total del buque programado, de esta manera se estima una degradación de producto ACEM no más de **300** bls.

Para este escenario en particular, concluimos que; en la operación actual se degradan 1100 barriles, mientras que en el propuesto se reduce a 300 barriles, logrando una disminución de **800** barriles, lo que equivaldría al **72.72%** de ahorro con la nueva propuesta.

En esta operación, cuando la línea submarina está llena con GMR o GMRI se tiene que: En la operación actual, se reciben 5.500 Barriles de GMR o GMRI al tanque 702, seguido se pasa a recibir **1055** Barriles de GMR o GMRI al tanque 703, como degradación (desperdicio), se continua recibiendo en ese tanque unos **1100** Barriles de ACEM, los cuales son igualmente degradados, para luego realizar el recibo de ACEM restante en el tanque TK 701/704 según sea la elección, hasta terminar de recibir el producto programado.

En la propuesta, se recibe la cantidad de Barriles requerida de GMR o GMRI al tanque TK-702, hasta el momento en que el inicio de la interfase sea detectada por

el segundo densímetro, en ese momento se iniciará recibo en el tanque TK 703 de NATI, donde se recibirá toda la interfase generada, hasta el momento en que el segundo densímetro detecte la terminación de la misma, seguido iniciará recibo el tanque TK 701 o TK 704 de ACEM, según sea el seleccionado, hasta completar el recibo total del buque programado, de esta manera se estima una degradación (desperdicio), de producto no superior a **550** bls, distribuidos, 300 de ACEM y 255 de GMR/GMRI.

10.4 Nuevo Esquema

Una vez realizado el análisis de la operación actual, donde se han identificado las oportunidades de mejora, los volúmenes que se degradan en la actualidad, los tiempos de apertura y cierre de las válvulas, los volúmenes horarios en los que se realiza el desplace, las distancias y volúmenes que en el múltiple y poliducto intervienen, los diámetros de las tuberías existentes, se propondrá un nuevo esquema operacional.

Para optar esta alternativa, se debe considerar la implementación de instrumentos que ayudarán a la caracterización e identificación del comportamiento en las diferentes interfaces que se derivan de las secuencias posibles (Motor- Acem, Acem-Motor, Nafta-Acem, Acem-Nafta), estas, son las que generan la mayor cantidad de producto a degradar.

En concordancia con lo expuesto, se propone la instalación de celdas remotas, identificadas como equipo no intrusivo que lee la gravedad específica de los productos, en el punto donde emergen las líneas submarinas dentro del terminal (LS106 y LS 108), a una distancia de 423 metro que equivalen a un llenado de línea de 754 bls de combustible, más el llenado del sistema de filtración de 168 bls, para un total del llenado, desde donde se colocarán las celdas remotas hasta las válvulas que direccionan el producto a los tanques de almacenamiento, de 922 bls, volumen identificado, que nos permitirá el monitoreo en tiempo real del inicio y final de las interfaces que se generen.

De igual manera se propone la instalación de dos densímetros o lector de densidades, uno a la entrada del sistema de filtración a 339 bls, de las válvulas de corte, y otro a la salida del mismo sistema; el primero, actuará como segunda alerta para el operador, indicando el inicio y final de la interface, esta alerta previene del acercamiento de la misma, indicando la proximidad de efectuar los movimientos requeridos para el manejo de la misma; el segundo, con un volumen estimado de 171 bls, será la alerta final y de seguimiento para el operador, el cual generará información de la aproximación final de las interfaces, así como de su finalización.

Los tiempos con los que contará el operador, desde la identificación inicial y final de las interfaces, dadas las lecturas de las celdas remotas hasta la lectura inicial del densímetro instalado aguas arriba del sistema de filtración, a una rata de 8000 bls hora, es de 4,40 minutos, al igual que el tiempo estimado de llegada, dese este densímetro a las válvulas de corte es de 2,50 minutos, el cual se considera suficiente para alertar al operador de la proximidad de la interfase y para que dedique toda la atención sobre su correcto manejo, lo que le permitirá al operario tener la información precisa en el momento que el segundo densímetro inicie la identificación del paso inicial por este, justo, en ese momento, el operador ejecutará las ordenes de comando para apertura y cierre de las válvulas de corte requeridas, según sea la necesidad operativa, de acuerdo al producto que estaba en la línea e igualmente, el que se recibe del buque conectado.

Este procedimiento se propone, debido a que el tiempo con el cual se cuenta, desde que la interface es detectada por el segundo densímetro hasta que llegue a las válvulas de corte, es de 1.30 minutos, tiempo suficiente para que las válvulas puedan realizar su proceso de apertura y cierre, en el entendido que éstas tienen una duración de 50 segundos en desarrollar tal actividad, esto es debido al condicionamiento existente, donde solo se permite abierta una sola válvula del múltiple, al momento de realizar el comando de apertura de otra, esta iniciará el proceso de cierre, una vez la inducida lleve el 50% de apertura, sumando los tiempos de las dos válvulas que siempre interactúan, se aumentará el tiempo en 25

segundos más, lo que nos genera un tiempo total del proceso de 75 segundos que comparados con el tiempo promedio desde el segundo densímetro a las válvulas de 90 segundos, es considerado suficiente para proceder con seguridad en el manejo de las diferentes interfaces.

Una vez seleccionados los dispositivos e instrumentos que se deben instalar, al igual que aquellos lugares donde serán instalados, identificados los diferentes llenos de línea en sus tramos respectivos, de la misma manera los tiempos que tarda en llegar el inicio y final de cada evento a los diferentes puntos establecidos, como también se tienen cronometrados los tiempos operativos de apertura, cierre y actuación de las diferentes válvulas del múltiple recibo de tanques, teniendo un perfil de línea donde su altura máxima no supera los 50 metros (30 metros bajo nivel del mar y no más de 20 metros sobre el nivel del mar), con un diámetro de 24" en su tubería, se prevé una interface de máximo 500 bls.

Habiendo identificado todo el proceso expuesto, se procede a realizar la propuesta de lo que será el nuevo esquema operacional del sistema RECIBO DE COMBUSTIBLES POR LÍNEAS SUBMARINAS EN EL TERMINAL POZOS COLORADOS UBICADO EN SANTA MARTA, en sus diferentes secuencias, teniendo muy en cuenta el tipo de producto que se recibe de los buques, así como el producto que está en la línea, además de, por cual línea se realizará el recibo de los mismos y en qué tanques se deben recibir estos.

Para los requisitos o precondiciones establecidos para el inicio del nuevo esquema operativo, referente a la medición inicial, liquidación volumétrica inicial, alineación del sistema, desplace de producto en línea, desarrollo de la operación y listado de chequeo para iniciar la operación con las actividades preliminares, se seguirán aplicando de la misma manera como se desarrollan actualmente, dado que se consideran los pasos previos apropiados para su desarrollo, los cuales no presentan desperdicios ni generan costes adicionales, además son consideradas indispensables para lograr una operación óptima.

Una vez satisfechos los diferentes requisitos descritos, se propone el siguiente esquema operativo, atendiendo a los diferentes desplaces de acuerdo a la cantidad de secuencias que se derivan del recibo de producto.

10.4.1 Al recibir un buque con Gasolina Motor Regular (GMR) o Gasolina Motor Regular importada (GMRI).

Cuando la línea submarina tenga ACEM: Desplazar la cantidad de barriles de ACEM al tanque TK-701/TK-704, hasta el momento en que el inicio de la interface sea detectada por el segundo densímetro, instante en el cual el operador deberá dar comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo al tanque TK 703, es el momento cuando se iniciará el recibo en el mismo, hasta el momento en que el segundo densímetro detecte el término de la interface, con un volumen no mayor de **550** bls, en ese instante el operador dará comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo en el tanque TK 702 de GMR o GMRI, hasta completar el volumen estipulado (6555) como desplace, según norma y llenado del sistema; surtidos estos pasos y cumpliendo con el protocolo normativo estipulado, se sigue recibiendo el producto en el tanque TK 702 hasta completar el recibo total del buque programado, de esta manera se estima una degradación de producto que no superara los 550 bls, por dicha operación

Cuando la línea submarina tenga NATI: dada la familiaridad o similitud en las calidades de esta con la Gasolina Motor, se realizará el desplace de 6555 barriles requeridos por norma al tanque TK 703, una vez cuantificada esta cantidad y cumplido la norma, el operador dará comando de apertura a la válvula que direcciona recibo del tanque TK 702 de Gasolina Motor, para recibir el total del producto que se recibirá del Buque, en esta operación, no se presentarán degradaciones de productos.

Cuando la línea submarina tenga GMR o GMRI: Al ser esta de las mismas calidades y calidades de la que se recibe, se realiza el desplace de 6555 barriles de GMR o GMRI al tanque TK-702, según norma, seguido, se continúa recibiendo

en el mismo tanque hasta terminar el recibo del producto traído por el buque, en esta operación no se presentan degradaciones de producto.

10.4.2 Al recibir un buque tanque con NAFTA IMPORTADA (NATI)

Cuando la línea submarina tenga ACEM: Desplazar la cantidad de barriles de ACEM al tanque TK-701/TK-704. hasta el momento en que el inicio de la interface sea detectada por el segundo densímetro, instante en el cual el operador deberá dar comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo al tanque TK 703. Iniciando el recibo en dicho tanque hasta el momento en que se completará el volumen estipulado (6555) como desplace, según norma y llenado del sistema, surtidos estos pasos y cumpliendo con el protocolo normativo estipulado, se sigue recibiendo el producto en el tanque TK 703 hasta completar el recibo total del buque programado, de esta manera se estima una degradación de producto ACEM no más de 300 bls, por esta operación.

Cuando la línea submarina tenga NATI: Al ser esta de las mismas cualidades y calidades del producto que se recibe, se realizará el desplace de 6555 barriles de NATI al tanque TK-703, según norma, en adelante se sigue recibiendo en el mismo tanque hasta terminar el recibo del producto traído por el buque, en esta operación no se presentan degradaciones de producto.

Cuando la línea submarina tenga GMR o GMRI: dada la familiaridad o similitud en las calidades de esta la NATI, se realizará el desplace de 6555 barriles requeridos por norma al tanque TK 702 de Gasolina Motor, una vez cuantificada esta cantidad y cumplido la norma, el operador dará comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo del tanque TK 703 de Gasolina Motor, para recibir el total del producto que se programe del buque, en esta operación, no se presentaran degradaciones de productos.

10.4.3 Al recibir un Buque Tanque con ACEM

Cuando la línea submarina tenga ACEM: Al ser esta de las mismas cualidades y calidades del producto que se recibe, se realizará el desplace de 6555 barriles de ACEM al tanque TK-701 o TK 704 según se seleccione, cumpliendo con la norma, acto seguido, se continúa recibiendo en el mismo tanque hasta terminar el recibo del producto traído por el buque, en esta operación no se presentan degradaciones de producto.

Cuando la línea submarina tenga NATI: desplazar la cantidad de barriles de NATI al tanque TK-703. hasta el momento en que el segundo densímetro detecte el final de la interface generada, instante en el cual el operador deberá dar comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo al tanque TK 701 o TK 704, según sea la selección definida, Iniciando el recibo hasta el momento en que se completará el volumen estipulado (6555) como desplace, según norma y llenado del sistema, surtidos estos pasos y cumpliendo con el protocolo normativo estipulado, se sigue recibiendo el producto en el tanque TK 7031 o TK 704, hasta completar el recibo total del buque programado, de esta manera se estima una degradación de producto ACEM no más de 300 bls, por esta operación.

Cuando la línea submarina tenga GMR o GMRI: desplazar la cantidad de barriles de GMR o GMRI al tanque TK-702, hasta el momento en que el inicio de la interface sea detectada por el segundo densímetro, instante en el cual el operador deberá dar comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo al tanque TK 703 de NATI. Donde iniciará el recibo de esta, hasta el momento en que el segundo densímetro detecte la terminación de la misma, con un volumen no mayor de 550 bls, en ese instante el operador dará comando de apertura a la válvula que direcciona el recibo en el tanque TK 701 o TK 704 de ACEM, según sea el que se ha seleccionado, hasta completar el volumen estipulado (6555) como desplace según norma y llenado del sistema, surtidos estos pasos y cumpliendo con el protocolo normativo establecido, se sigue recibiendo el producto en el tanque TK

701 o TK704 dada la selección ya establecida, hasta completar el recibo total del buque programado, de esta manera se estima una degradación de producto no superior a 550 bls, por dicha operación.

11. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Habiendo expuesto la explicación técnica de los resultados en el apartado precedente, se procede al análisis estadístico de los mismos, cuya información se obtuvo luego de haber aplicado el instrumento diseñado en formato de encuesta, según lo indicado en el marco metodológico, donde los sujetos que conformaron la muestra poblacional, respondieron a las preguntas presentadas de acuerdo a las opciones que representaron su opinión.

Los datos obtenidos, se analizaron con el paquete estadístico IBM-SPSS y se tabularon en tablas de frecuencia, absoluta (fa): para indicar las veces que se repite la opción y relativa (fr): en referencia al porcentaje que estas veces representa en la totalidad de respuestas. El análisis se presenta por cada una de las dimensiones y sus respectivos indicadores, con la finalidad de determinar el cumplimiento de los objetivos a partir de los resultados obtenidos en concordancia con la propuesta de un plan de optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos (Ver cuadro 2).

Cuadro 2. Esquema para el Análisis Estadístico

Dimensiones	Indicadores
Formas de ejecución***	Desarrollo de la Operación*
	Listado de Chequeo*
	Diagrama de Flujo*
	Medición*
	Liquidación Volumétrica Inicial**
	Alineación del Sistema**
	Desplace de Producto en Línea**
Acciones de cambio	En el recibo de GMR o GMRI
	En el recibo de NATI
	En el recibo de ACEM

Nuevo esquema	Al recibir un buque con GMR o GMRI
	Al recibir un buque tanque con NATI
	Al recibir un buque tanque con ACEM

Fuente: Castilla y García (2020)

[***Para mayor claridad, el análisis de esta dimensión, al contener siete (7) indicadores, se procedió a distribuirlos en dos (2) tablas, donde la primera contiene cuatro (4) indicadores y la segunda contiene los otros tres (3)]

Para finalizar el análisis, se presenta el Baremo de Medición para la Interpretación del Comportamiento de la Variable, mismo que permite establecer el cumplimiento de los objetivos:

Tabla 7. Baremo para la interpretación del comportamiento de la Variable

Rango de Valores	Categorías de Análisis	Significado
4.01 – 5.00	Adecuada	Existe cumplimiento
3.01 – 4.00	Medianamente adecuada	
2.01 – 3.00	Medianamente inadecuada	No existe cumplimiento
1.00 – 2.00	Inadecuada	

Fuente: Castilla y García (2020)

En consecución de lo antes dicho, se procede a la tabulación de los datos de la primera dimensión:

Variable.

Optimización del proceso de recibo de combustible por líneas submarinas

Tabla 8

Dimensión 1: Formas de Ejecución (1ª parte)																								
Indic.	Desarrollo de la Operación						Listado de Chequeo						Diagrama de Flujo						Medición					
Ítems	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12	
Frec.	fa	fr	Fa	fr	fa	Fr	fa	fr	Fa	Fr	fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	fa	fr	fa	Fr	Fa	Fr	fa	Fr
S	12	85,7	11	78,6	12	85,7	10	71,4	12	85,7	8	57,1	10	71,4	9	64,3	9	64,3	2	14,3	1	7,1	2	14,3
CS	2	14,3	2	14,3	2	14,3	3	21,4	2	14,3	5	35,7	3	21,4	3	21,4	4	28,6	1	7,1	2	14,3	1	7,1
AV	0	0	1	7,1	0	0	0	0	0	0	1	7,1	0	0	1	7,1	1	7,1	0	0	0	0	0	0
CN	0	0	0	0	0	0	1	7,1	0	0	0	0	1	7,1	1	7,1	0	0	1	7,1	1	7,1	1	7,1
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	71,4	10	71,4	10	71,4
Total	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100
Media	4,86		4,71		4,86		4,57		4,86		4,50		4,57		4,43		4,57		1,86		1,79		1,86	
DS	0,36		0,611		0,36		0,852		0,36		0,65		0,9		0,938		0,6		1,562		1,424		1,56	

Dimensión 1: Formas de Ejecución (2ª parte)																				
Indic.	Liquidación Volumétrica Inicial						Alineación del Sistema						Desplace de Producto en Línea							
Items	13		14		15		16		17		18		19		20		21			
	fa	fr	fa	fr	fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr	Fa	fr	Fa	fr	fa	Fr	Fa	Fr	Fa	Fr
S	2	14,3	3	21,4	4	28,6	7	50	8	57,1	8	57,1	11	78,6	12	85,7	12	85,7	12	85,7
CS	1	7,1	1	7,1	1	7,1	4	28,6	4	28,6	4	28,6	3	21,4	0	0	1	7,1	1	7,1
AV	2	14,3	1	7,1	1	7,1	2	14,3	1	7,1	1	7,1	0	0	1	7,1	0	0	0	0
CN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	9	64,3	9	64,3	8	57,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	0	0	1	7,1	1	7,1	1	7,1
Total	14	100	14	100	1	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100

Media	2,07	2,21	2,50	4,14	4,21	4,29	4,79	4,57	4,64
DS	1,59	1,762	1,87	1,167	1,19	1,139	0,43	1,158	1,082

Fuente: Castilla y García (2020)

Promedio general de la Media: **3,85**

Promedio general de la Desviación Standard: **1,027**

Para el análisis estadístico efectuado a la primera dimensión, Formas de Ejecución se tiene que: el mayor índice de respuestas, se obtuvo para las opciones siempre (S) y casi siempre (CS), para significar que las formas de ejecución en el proceso de recibo de combustible que actualmente se practican en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta, son realizadas por los diferentes operadores que ejercen las diversas funciones asignadas.

Por otro lado, se puede observar que las respuestas de los ítems 10 al 15 en la alternativa nunca (N), recibieron un elevado porcentaje de respuesta, pero esto se debió a que las tareas de Medición y Liquidación Volumétrica Inicial no corresponden a sus competencias, sin embargo, al ver los resultados de los operadores responsables de ejecutar estas acciones, sus respuestas no muestran la frecuencia necesaria para decir del fiel cumplimiento de sus funciones.

En este sentido, es necesario advertir que el hecho de medir, implica asignar numerales a los objetos o acontecimientos de acuerdo con las reglas, tal como lo indica Mejía (2006). En cuanto a la Liquidación Volumétrica Inicial, no sólo se requiere compararla y conciliarla con el Inspector de Cantidad y Calidad, sino que además debe ser registrada en el formato TLH-F-081 por cada evento, en cumplimiento con el manual de normas y procedimientos del proceso de recibo de combustible en el terminal Pozos Colorados en la ciudad de Santa Marta.

Con respecto al primer objetivo específico: Identificar las formas de ejecución del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Clorados de la ciudad de Santa Marta, para la reducción de Costes Operativos, y en concordancia con el baremo para la interpretación del comportamiento de la Variable, al ubicarse en un rango de valor 3,85 adquiere una categoría de análisis medianamente adecuada, aunque significa que existe su cumplimiento, por cuanto se identificaron las diferentes formas de ejecución.

En cuanto a la desviación standard, entendida como el promedio de las desviaciones individuales de cada observación con respecto a la media, al medir el grado de dispersión, la diferencia entre cada valor del conjunto de datos y la media del mismo conjunto, la desviación es baja, esto significa que la mayor parte de los datos de la muestra tienden a estar agrupados cerca de la media. (***)

En consecuencia con el análisis de los datos, se presenta a continuación la tabulación de la información recogida para la segunda dimensión sobre Acciones de Cambio.

Tabla 9

Dimensión 2: Acciones de Cambio																		
Indic.	En el recibo de GMR o GMRI						En el recibo de NATI						En el recibo de ACEM					
Ítems	22		23		24		25		26		27		28		29		30	
S	12	85,7	11	78,6	9	64,3	8	57,1	7	50	12	85,7	12	85,7	13	92,9	14	100
CS	2	14,3	3	21,4	5	35,7	6	42,9	7	50	2	14,3	2	14,3	1	7,1	0	0
AV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
N	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100
Media	4,86		4,79		4,64		4,57		4,5		4,86		4,86		4,93		5	
DS	1,14		0,426		1,16		1,082		1,34		1,326		1,35		1,569		1,311	

Fuente: Castilla y García (2020)

Promedio de la Media: **4,779**

Promedio de la Desviación Standard: **1,92 (***)**

En el análisis de la dimensión actual, se observa que sigue la misma tendencia de los resultados anteriores, donde el mayor porcentaje de respuestas se encuentra en las opciones siempre (S) y casi siempre (CS), sin excepciones. Cabe destacar el resultado obtenido en el ítem 30, donde todos los encuestados optaron por la alternativa siempre (S), para indicar que: siempre se han sentido animados a participar en planes de capacitación para optimizar el proceso de recibo de combustible, evidenciando la apertura y disposición al cambio que se espera obtener con el nuevo esquema operativo.

Tabla 10

Dimensión 3: Nuevo Esquema																		
Indic.	Al recibir un buque con GMR o GMRI						Al recibir un buque tanque con NATI						Al recibir un buque tanque con ACEM					
Ítems	31		32		33		34		35		36		37		38		39	
S	10	71,4	8	57,1	11	78,6	7	50	7	50	7	50	7	50	9	64,3	9	64,3
CS	3	21,4	5	35,7	2	14,3	5	35,7	6	42,9	2	14,3	4	28,6	3	21,4	3	21,4
AV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	21,4	2	14,3	1	7,1	1	7,1
CN	0	0	0	0	0	0	1	7,1	0	0	1	7,1	0	0	0	0	0	0
N	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1	1	7,1
Total	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100	14	100
Media	4,43		4,29		4,5		4		4,21		3,86		4,07		4,3		4,29	
DS	0,36		0,426		0,5		0,514		0,52		0,363		0,36		0,267		0	

Fuente: Castilla y García (2020).

En referencia al baremo de medición, la dimensión Acciones de Cambio llegó a un rango de 4,779, lo que se interpreta como una categoría de análisis adecuada y significando su cumplimiento, es decir que, atendiendo al segundo objetivo específico, dado los resultados del análisis realizado la tendencia favorece, establecer acciones de cambio en el Proceso de recibo de combustible por Líneas

Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.

Para culminar con el análisis descriptivo de los datos, se presenta la tabulación de los datos recabados para la medición de la dimensión Nuevo Esquema en relación a las Acciones de Cambio.

Promedio de la Media: **4,22**

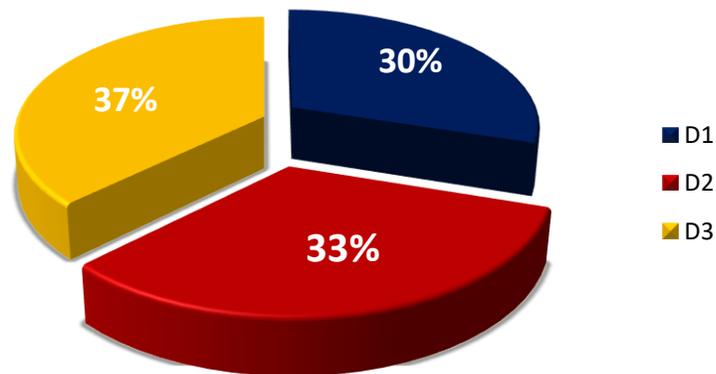
Promedio de la Desviación Standard: **0,368 (***)**

En concordancia con el análisis efectuado a la dimensión Acciones de Cambio, se realizó el de la presente dimensión, en relación al Nuevo Esquema que se propone para el proceso operativo en el recibo de combustible. Asimismo, en el análisis, considerando el hecho de que en este apartado se contemplan los indicadores que pretenden medir el impacto, la aceptación y percepción de los operadores encuestados, acerca de las acciones de cambio en el recibo de combustible, se puede observar claramente que la tendencia se ubica en las opciones de respuesta siempre (S) y casi siempre (CS), indicando que hay un alto porcentaje de aceptación por parte del personal que labora en el terminal Pozos Colorados. Aunque destaca un caso aislado en la opción nunca (N), el cual se puede considerar para indagar y/o aclarar cualquier duda que haya inducido a expresar esta opinión, lo cual permitiría detectar otros elementos que no se hayan tomado en cuenta, y pudieran ser coadyuvantes del proceso en cuestión.

En cuanto al tercer objetivo específico, orientado a describir el Nuevo Esquema de Implementación para el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta en la reducción de Costes Operativos, tenemos que, en el baremo de valoración alcanzó un rango de 4,22, para situarla en una categoría de análisis adecuada y significar que existe cumplimiento ya que el nuevo esquema se describió para el conocimiento de interés.

De acuerdo con el análisis realizado a los datos recabados, según el promedio de respuesta arrojado por cada dimensión, en el gráfico 1 el cual pasa a ser parte de las conclusiones, se muestra el siguiente resultado:

Gráfico 3. Resumen de Porcentajes de respuestas



Fuente: Castilla y García (2020)

El presente gráfico, resume las respuestas tabuladas de las tres dimensiones analizadas. En el mismo, se puede apreciar la tendencia que prevalece para el objetivo general de la investigación en cuanto a Proponer un plan de optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos, tendencia evidenciada en los hallazgos que resultaron del análisis de los datos obtenidos de la población encuestada, al obtener para la dimensión Nuevo Esquema el 37% de respuestas para indicar una tendencia favorable.

Lo anterior, queda respaldado al hacer la interpretación del comportamiento de la Variable, ésta se encuentra en el rango 4,28 con una categoría de análisis adecuada, esto significa que existe el cumplimiento de la misma, desde la perspectiva del estudio, dado los resultados obtenidos y que evidencian su factibilidad (Ver tabla 9).

Tabla 11. Interpretación del baremo

PROMEDIOS		RESULTADO
Dimensión 1	3,85	Se cumple
Dimensión 2	4,22	Se cumple
Dimensión 3	4,78	Se cumple
Variable	4,28	Se cumple

Fuente: Castilla y García

(***) Para la Desviación Standard: el resultado se repite en las tres dimensiones.

12. CONCLUSIONES

Al haber realizado el análisis de los resultados, atendiendo a los objetivos propuestos, se presentan a continuación los hallazgos de mayor relevancia:

En referencia al primer objetivo, se identificaron siete (7) formas de ejecución: Desarrollo de la Operación, Listado de Chequeo, Diagrama de Flujo, Medición, Liquidación Volumétrica Inicial, Alineación del Sistema y Desplace de Producto en Línea, consideradas como las operaciones básicas para el proceso en cuyo transcurso se dan las acciones complementarias para cumplir su ejecución.

Con base en la información aportada por los catorce (14) sujetos de la población encuestados, y en concordancia con los resultados arrojados del análisis descriptivo de los datos, el hallazgo de mayor relevancia fue que según la tendencia evidenciada, los operadores del terminal Pozos Colorados, cumplen con las formas de ejecución descritas para el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas, para la reducción de Costes Operativos.

Con respecto al segundo objetivo, orientado a Establecer Acciones de Cambio en el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el recibo de GMR o GMRI, en el recibo de NATI y en el recibo de ACEM, además de haberse evidenciado la tendencia que favorece esta propuesta, según respondieron los sujetos encuestados, el hallazgo de mayor significancia fue la aceptación de todos ellos para continuar capacitándose profesionalmente, con el propósito de abordar dichos cambios con mayor eficacia, aportando beneficios a la reducción de Costes Operativos, lo cual redundará en la reducción de pérdida y degradación de productos, así como la posibilidad cierta de impedir la contaminación ambiental en su totalidad, con el consabido progreso para los trabajadores, la empresa, la industria, la región de Santa Marta y el país en general.

Para el tercer objetivo, orientado a describir el Nuevo Esquema de Implementación para el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas, al recibir un

buque con GMR o GMRI, al recibir un buque tanque con NATI y al recibir un buque tanque con ACEM, se describieron los tres (3) procesos, estableciendo una comparación entre la forma como se realizan actualmente y los nuevos cambios.

A partir de los resultados del análisis de la información recabada, se determinó que por parte del personal operativo del terminal Pozos Colorados, existe una percepción positiva hacia dichos cambios, con la disposición ya manifiesta de asumirlos para optimizar el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el Terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta coadyuvante en la reducción de Costes Operativos.

Finalmente, para dar cumplimiento al cuarto objetivo, para determinar el aporte del Plan de Optimización en el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos, con base en los resultados alcanzados una vez culminado el estudio, se pretende poner en ejecución el Nuevo Esquema de Implementación que permita demostrar en la práctica, la optimización del proceso, aportando los beneficios que se esperan en coherencia con los planes previstos para el progreso de la empresa ECOPETROL S. A. así como para la región turística de Santa Marta y de la Nación Colombiana.

13. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a la Gerencia Operativa del Terminal Pozos Colorados, tomar en consideración la Propuesta que se presenta, como una alternativa a la necesidad de Optimización en el Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el terminal Pozos Colorados de la ciudad de Santa Marta para la reducción de Costes Operativos.
2. Se recomienda a los operadores de Medición y Liquidación Volumétrica Inicial, hacer una revisión exhaustiva del Manual de Normas y Procedimientos, con respecto a las acciones y competencias de su puesto de trabajo, con el fin de evitar fallas y contribuir a la optimización del proceso.
3. Considerando la disposición manifiesta por los encuestados, se recomienda al Departamento de Recursos Humanos, implementar cursos de capacitación y actualización técnica-profesional, para el personal operativo en vista de la necesidad existente en cuanto a la optimización del Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas en el terminal Pozos Colorados.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, F. (2019). *Sistema de Coste. La Asignación del Costo Total a Productos y Servicios*. Obtenido de Universidad Militar Nueva Granada Virtual.
- Andino, M. (2005). *Gestión de Operaciones y Logística*. Madrid. Trabajo de investigación publicado en Savia. Escuela de Organización Industrial en línea. [Recuperado de: <https://www.eoi.es/savia>] [Consulta, marzo 22/2020]
- Araque, A. (2013). Obtenido de <https://es.slideshare.net/CarlosVeerde/gerencia-industrial-65958226>
- Atsushi, H., Hayashi, H., & Ohtomo, S. (1975). *Fluid Leakage Detection Apparatus, Technical Manual*. Tokyo.
- Arias, F. (2009). *El proyecto de educación: Introducción a la metodología científica*. 5ta Edición Caracas: Editorial Episteme.
- Andino Benítez, M. R. (2005). *Gestión de Operaciones y Logística*. Madrid.
- Araque, A. (21 de Abril de 2013). SlideShare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/CarlosVeerde/gerencia-industrial-65958226>
- Atsushi, H., Hayashi, H., & Ohtomo, S. (1975). *Fluid Leakage Detection Apparatus, Technical Manual*. Tokyo.
- Balestrini, A (2009). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Nomos S.A. Serie Mc Graw- Hill.
- Baily, J. (1991). *Administración de Compras y Abastecimiento (Vol. V)*. Springer.
- Ballou, R. (2004). *Administración de la Cadena de Suministros*. México D.F.: Pearson.
- Bautista-Poveda, Y., Garcia-Sabater, J. J., & Marín-García, J. A. (2014). *Etapas en la evolución de la mejora continua: Estudio multicaso*. Barcelona: Intangible Capital.

- Bednorz, M., & Godfrey, J. (2020 de Febrero de 2020). ND Energy. Obtenido de ND Energy: https://ndenergy.org/usrfiles/news/Effect_of_Drag_Reducing_Agent.pdf
- Bergholz, S. (11 de Mayo de 2011). Medwave. Obtenido de <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/GES03-A/5032?ver=sindisenio>
- Betanzo Quezada, E. (1995). Hacia un sistema nacional de plataformas logísticas. Ciudad de Mexico: Sanfandila.
- Blanco Rosdríguez, R. (2013). Cálculo y diseño del servicio de trasiego de combustible en un buque petrolero/quimiquero. Santander: Atribución-NoComercial-SinDerivadas 3.0 España.
- Borrero Rubiano, L. M. (2018). Importancia De Los Indicadores De Gestión Como Herramienta Para El Control De Resultados. Bogotá.
- Bustos Flores, C. E., & Chacón Parra, G. B. (2007). El MRP en la Gestión de Inventarios. En C. E. Bustos Flores, & G. B. Chacón Parra. Mérida: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.
- Camacho Rodríguez, L. D. (2009). Logística Comercial, Módulo Curso Académico. Bogotá.
- Cardeñosa, Á. (2013). La cadena técnico operativa del alfar de las Cogotas La construcción experimental de un horno cerámico de la segunda Edad del Hierro. Girona: Sèrie Monogràfica del MAC-Girona 25.2.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2008). Administración de las Operaciones. Mar del Plata: Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Carro Paz, R., & González-Gómez, D. (2019). Administración de las Operaciones. Mar del Plata: Nulan.
- Casa Editorial El Tiempo. (1997). El Tiempo. Obtenido de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-712884>

- Causado Rodríguez, E. (2015). Modelo de inventarios para control económico de pedidos en empresa comercializadora de alimentos. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 177.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros* (Duodécima ed.). New York, Estados Unidos: McGraw Hill.
- Chase, R., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones*. México D.F.: McGraw Hill.
- Chase, R., Jacobs, F. R., & J., A. N. (2009). *Administración de Operaciones*. México D.F.: McGraw Hill.
- Chavenato, I. (1993). *El Flujo y el Diagrama de Flujo*. Sao Paulo. Coronado
- Padilla, J. (2007). *Escalas de medición*. Bogotá D.C.
- Chávez, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa*. Editorial Ars. Gráfica. Maracaibo- Venezuela.
- DANE. (2015). *Boletín microestablecimientos*.
- Dávila Newman, G. (2006). *El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales*. Laurus, 27.
- Departamento de Ciencias Contables, Universidad de Antioquia. (12 de Septiembre de 2012). *Aprende en Línea*, Universidad de Antioquia. Obtenido de http://aprendeonline.udea.edu.co/lms/moodle/file.php/866/Inventario/Normas_Aplicables_a_los_Inventarios.pdf
- El Congreso de Colombia. (13 de Julio de 2009). *Sistema Único de Información Normativa*. Obtenido de <http://suin.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1677255>
- El Ministerio de la Protección de Colombia. (14 de Mayo de 2007). *INVIMA*. Obtenido de

https://paginaweb.invima.gov.co/images/pdf/tecnovigilancia/buenas_practicas/normatividad/Resolucion1403de2007.pdf

Emprende FX. (13 de Septiembre de 2019). Emprende FX. Obtenido de www.emprendefx.com

Ford, H. (19 de Agosto de 2015). Biografías y Vidas. Obtenido de <https://www.biografiasyvidas.com/monografia/ford/fotos5.htm>

Fundacion Iberoamericana de Altos Estudios Profesionales (FIAEP). (2014). Control y Manejo de Inventario y Almacen (Vol. I).

GestiónDeOperaciones.net. (1 de Enero de 2015). Gestión de Operaciones. Obtenido de <https://www.gestiondeoperaciones.net/inventarios/clasificacion-de-los-costos-de-inventario/>

Gil, J. M. (2007). La Contabilidad es una tecnología social. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires.

Gómez Aparicio, J. M. (2014). Gestión Logística y Comercial. Ciudad Real: McGraw Hill.

Grifoll, J., & Giralt, F. (25 de Noviembre de 1999). Research Gate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/239822553_The_near_wall_mixing_length_formulation_revisited

Guide To Business Process Management Body Of Knowledge. (2019). Boston: ABPMP.

Hanfield, R. B., & Nichols Jr, E. (1999). Supply Chain Management. Memphis: Prentice Hall.

Hernández Sampieri, R. (2014). Metodología de la Investigación. México D.F., México: McGraw Hill.

- Hurtado de Barrera, J. (2000). Metodología de la Investigación Holística. Caracas: SYPAL.
- ICONTEC. (2015). Norma Técnica Colombiana, NTC ISO 9001 2015. Bogotá: Norma.
- Instituto Nacional de Contadores. (2019 de Septiembre de 2019). Leyes.Co. Obtenido de https://leyes.co/codigo_de_comercio/450.htm
- Izquierdo Delgado, J. J., & León Naranjo, J. E. (2015). AUDITORIA OPERATIVA A LA GESTIÓN DEL INVENTARIO DE LA EMPRESA "ECUATORIANA DE NEGOCIOS, ECUNE S.A." EN EL PRIMER SEMESTRE DEL AÑO 2014. Guayaquil.
- J.R, S. (18 de Agosto de 2001). Gestión de Operaciones. Obtenido de <https://www.gestiondeoperaciones.net/procesos/el-proceso-de-transformacion-de-insumos-en-productos-o-servicios/>
- Jamaica González, F. M. (2015). Los Beneficios De La Capacitación Y El Desarrollo Del Personal De Las Pequeñas Empresas. Bogotá.
- Jean. (09 de octubre de 2014). Obtenido de https://prezi.com/m_emejz0yxnk/tipos-de-metodos/
- Jeffares. (1973). Interface Detection systems tested. Oil and Gas Journal.
- Koster. (2008). Warehouse Assessment in a Single Tour. Amsterdam: Taylor & Francis Group.
- Lawrence, T. (21 de Abril de 2008). Revistas Universidad Nacional.
- Londoño Cepeda, M. P. (2012). Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Almacenamiento y Contro de Inventarios para Betmon. Bogotá: Universidad Javeriana.
- López Fernández, R. (2010). Gestión Comercial y Marketing. Madrid: Paraninfo.

- Mackay, G. (1980). A Survey Of Technology, Regulation and Use Conflicts in Oil and Gas Pipeline Operation. Cincinnati.
- Magri, A. (2018). Inventarios inteligentes. Revista de Logística.
- Martínez, W. (31 de Agosto de 2019). Logística Empresarial Y Cadena de Suministro: Una Materia Vital. Obtenido de Course Hero: <https://www.coursehero.com/file/14778712/cap-1-logistica/>
- Mejía Soto, E. (2006). Contabilidad Ambiental, Crítica a la Contabilidad Financiera Ambiental.
- Méndez, C. (2007). Metodología. Diseño y desarrollo del Proceso de Investigación. 3ra. Edición. Bogotá: Mc Graw-Hill.
- Ministerio de Salud Pública. (2009). Resolución 0371 de 2009. Bogotá.
- Muñoz Álvarez, B. (2007). Importancia De La Implementación Del Manual De Procesos Y Procedimientos Para El Logro De Los Objetivos De Las Escuelas Populares Del Deporte Pertenecientes Al Instituto De Deportes Y Recreación De Medellín, Inder. Medellín.
- Murillo Ramirez, E. (2006). El transporte de combustible líquido por los poliductos de ECOPETROL y su optimización en el manejo de baches. Bogotá.
- Naciones Unidas . (2018). Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo. Ginebra: Naciones Unidas.
- Núñez Amelia, J. (2012). APORREA, <https://www.aporrea.org/energia/a155006.html>.
- Organización TERPEL SA. (2012). Términos y condiciones generales para la venta de combustible de uso marítimo. Bogotá.
- Pepper, S. (11 de Julio de 2011). Research Gate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/273988378_Optimizacion_de_procesos

- Priniotakis, & Argyropouros. (2018). *www.researchgate.net* (Vol. I). (D. Rincón, & R. Iván, Trans.) Atenas, Grecia. doi:0.1088/1757-899X/459/1/012060
- Real Academia Española. (14 de Marzo de 2020). Real Academia Española. Obtenido de <https://dle.rae.es/?w=proceso>
- Rodríguez, C. (2018). Especial Minas y Energía. La República. Información en línea.[Recuperada de <https://www.larepublica.co/> el 20/02/20]
- Ruíz, M., (2002). *Metodología Básica*. España: Ediciones Paídos.
- Sabino, C. (2009). *El proceso de Investigación*. 4ª Edición. Editorial: El Cid. Buenos Aires. Argentina.
- Secaira Chavez, M. L. (2014). Modelo de Gestión y Manejo De Los Inventarios En Sánchez López, M., Vargas López, M., Reyes Luna, B. A., & Vidal Vásquez, O. (2011). Sistema de Información para el Control de Inventarios del Almacén del ITS. México DF: Conciencia Tecnológica.
- La Empresa Comercial Distribuidora J.L. En Santo Domingo . Santo Domingo.
- Sheakh, T. (2018). A Study of Inventory Management System Case Study. Journal of Dynamical and Control Systems.
- Sipper, D., & Bulfin Jr., R. (1998). Planeación y Control de la Producción. México D.F.: McGraw Hill.
- Tamayo y Tamayo, M. (2009). El Proceso de la Investigación Científica. 5ª. Edición. España: Editorial: Limusa.
- TIEMPO, E. (1997). <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-712884>. EL TIEMPO.
- Tristán Lopez, A., & Pedraza Corbus, N. (2017). La Objetividad en las Pruebas Estandarizadas. San Luis.

- Universidad Militar Nueva Granada. (2019). Virtual Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado el 31 de Agosto de 2019, de http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/ovas/administracion_empresas/logistica/unidad_3/DM.pdf
- VanDriest. (23 de Septiembre de 1956). Research Gate. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/239822553_The_near_wall_mixing_length_formulation_revisited
- Vermorel, E. (1 de Septiembre de 2013). LOKAD, Quantitative Supply Chain. Obtenido de <https://www.lokad.com/es/definicion-costes-de-inventario>
- Vidal Holguín, C. J. (2010). Fundamentos de Control y Gestión de Inventarios. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.
- Zapata Cortés, J. A. (2014). Fundamentos de la gestión de inventarios. Medellín: L. Vieco S.A.S.

15. ANEXOS

15.1 cálculos de ahorros según propuesta

tipo de recibo	volumen gasolina en bls, que se degrada actualmente	volumen de acpm en bls, que se degrada actualmente	volumen de gasolina en bls, que se degradarían con la propuesta	volumen de acpm en bls, que se degradarían con la propuesta	volumen total en bls, de producto que se degradarían con la propuesta	volumen de gasolina en bls, que se dejaría de degradar	volumen de acpm en bls, que se dejaría de degradar	volumen de producto que se dejaría de degradar con la propuesta	costo total en dolares del producto que se degrada actualmente	costo total en dolares del producto que se degradara con la propuesta	ahorro en dolares, con la implementación de la propuesta
cuando se recibe nafta y se tiene el la línea acpm	0	1055	0	300	300	0	755	755	\$ 27.873,10	\$ 7.926,00	\$ 19.947,10
cuando se recibe casolina y se tiene el la línea acpm	1100	1055	300	250	550	800	805	1605	\$ 57.903,10	\$ 14.795,00	\$ 43.108,10
cuando se recibe acpm y se tiene el la línea gasolina	1055	1100	250	300	550	805	800	1605	\$ 57.863,50	\$ 14.751,00	\$ 43.112,50
cuando se recibe acpm y se tiene el la línea nafta	0	1100	0	300	300	0	800	800	\$ 29.062,00	\$ 7.926,00	\$ 21.136,00
Valor en dólar, barril de Gasolina	\$ 27,30										
Valor en dólar, barril de ACPM	\$ 26,42										
Valor Total en dólar.							4765		\$ 172.701,70	\$ 45.398,00	\$ 127.303,70

15.2 Encuesta aplicada

LEE DETENIDAMENTE CADA ÍTEM Y MARCA CON UNA "X" LA RESPUESTA QUE MEJOR EXPRESE TU OPINIÓN						
INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE LA INFORMACIÓN						
Usted como Operador del proceso...						
Nº	ÍTEMS	Siempre	Casi siempre	A veces	Casi	Nunca
Variable: Proceso de recibo de combustible por Líneas Submarinas						
Dimensión: Formas de ejecución						
Indicador: Desarrollo de la Operación						
1	Coordina previamente el desarrollo de las operaciones con la Gerencia de Operaciones.					
2	Prevé que todas las válvulas estén cerradas para prevenir el desplazamiento de productos.					
3	Se asegura que el volumen de producto a recibir del buque sea menor o igual a la capacidad operativa disponible.					
Indicador: Listado de Chequeo						
4	Revisa la lista de chequeo antes de iniciar el proceso.					
5	Garantizar el cupo en los tanques de almacenamiento para recibir el producto.					

6	Revisa en SINOPER si el tanque se ha denominado de acuerdo con el producto a recibir.				
Indicador: Diagrama de Flujo					
7	Revisa el diagrama de flujo para seguir la secuencia correcta del proceso.				
8	En caso de dudas verifica el método de ejecución de las operaciones.				
9	Hace el seguimiento del itinerario de las actividades durante las operaciones.				
Indicador: Medición					
10	Realiza la medición inicial de los tanques que intervendrán en el recibo.				
11	Ejecuta la medición en presencia del Inspector de Cantidad/Calidad.				
12	Registra el resultado en la libreta de medición.				
Indicador: Liquidación Volumétrica Inicial					
13	Efectúa la liquidación volumétrica inicial utilizando OGP.				
14	Realiza la liquidación manualmente utilizando las herramientas adecuadas al no disponer de OGP.				
15	Concilia comparativamente la liquidación con el Inspector de Cantidad/Calidad.				
Indicador: Alineación del Sistema					
16	Alinea los filtros de acuerdo con la Tabla indicada				
17	Atiende al Indicador de Presión Diferencial de los filtros para la limpieza de las canastillas.				
18	Alinea desde el HMI las válvulas del Loop de recibo.				
Indicador: Desplace de Producto en Línea					

19	Coordina con el Loading Máster el inicio del desplace para establecer la rata de flujo máximo.					
20	Asegura previamente la apertura del tanque que va a recibir.					
21	Finaliza el desplace de la línea cerrando las válvulas del último tanque que recibió el producto.					
Dimensión: Acciones de cambio						
Indicador: En el recibo de GMR o GMRI						
22	Ha calculado los beneficios que representa la reducción de las degradaciones en los productos.					
23	Ha evaluado la disminución de costes al optimizar el proceso de recibo.					
24	Ha visualizado las diferencias que generan las acciones de cambio en el proceso de recibo.					
Indicador: En el recibo de NATI						
25	Se ha sentido expectante ante la posibilidad de generar beneficios para la empresa debido a las acciones de cambio.					
26	Ha proyectado su progreso personal como consecuencia de la reducción de costes.					
27	Se ha inclinado favorablemente hacia las acciones de cambio en pro del ambiente					
Indicador: En el recibo de ACEM						
28	Ha pensado en la factibilidad de llevar a cabo las acciones de cambio propuestas.					
29	Ha manifestado inquietud por los riesgos propios del proceso de recibo de combustible.					

30	Se ha sentido animado a participar en planes de capacitación para optimizar el proceso de recibo de combustible.					
Dimensión: Nuevo esquema						
Indicador: Al recibir un buque con tanque GMR o GMRI						
31	Ha evaluado el proceso de recibo actual.					
32	Ha considerado la implementación de un nuevo esquema para el proceso de recibo.					
33	Identifica el comportamiento en las diferentes interfaces que se derivan de las secuencias posibles durante el proceso de recibo.					
Indicador: Al recibir un buque tanque con NATI						
34	Ha valorado la instalación de dos densímetros a la entrada y salida del sistema de filtración.					
35	Ha analizado la posibilidad de reducir los tiempos en la operación de recibo.					
36	Se le han presentado inconvenientes en el proceso que le ameriten cambios.					
Indicador: Al recibir un buque tanque con ACEM						
37	Ha consultado acerca de un nuevo esquema del proceso de recibo de combustible.					
38	Ha evaluado la posibilidad de mejorar los desplazamientos de producto para prevenir la contaminación.					
39	Se le ha presentado la oportunidad de sugerir cambios que hayan sido tomados en cuenta.					

Fuente: Castilla y García (2020)

15.3 Análisis de Fiabilidad del Instrumento

*Resultado1 TABLAS DE FRECUENCIAS.spv [Documento1] - IBM SPSS Statistics Visor

Archivo Edición Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

Válidos S 14 100,0 100,0 100,0

```
RELIABILITY
/VARIABLES=I1 I2 I3 I4 I5 I6 I7 I8 I9 I10 I11 I12 I13 I14 I15 I16 I17 I18 I19 I2
0 I21 I22 I23 I24 I25 I26 I27 I28 I29 I30 I31 I32 I33 I34 I35 I36 I37 I38 I39
/SCALE(*ALL VARIABLES*) ALL
/MODEL=ALPHA.
```

Análisis de fiabilidad

Advertencia

La escala tiene elementos con varianza cero

Escala: TODAS LAS VARIABLES

Resumen del procesamiento de los casos

Casos	Válidos	N	%
	Válidos	14	100,0
	Excluidos ^a	0	,0
	Total	14	100,0

a. Eliminación por lista basada en todas las variables del procedimiento.

Estadísticos de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,846	39

Log

IBM SPSS Statistics Processor está listo

15.4 Tabulación de los Datos

Parte 1

Visible: 40 de 40 variables

	Enc1	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10
1	E1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2
2	E2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	E3	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5
4	E4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
5	E5	5	3	5	2	5	3	2	2	5	1
6	E6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
7	E7	5	5	5	4	5	4	5	4	4	1
8	E8	4	4	4	4	4	4	4	5	5	1
9	E9	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4
10	E10	5	5	5	5	4	4	4	4	4	1
11	E11	4	4	5	5	5	5	5	3	3	1
12	E12	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1
13	E13	5	5	5	5	5	4	4	5	4	1
14	E14	5	5	4	5	5	4	5	5	5	1
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

Vista de datos Vista de variables Área de información IBM SPSS Statistics Processor está listo

15.5. Tabulación de los datos

Parte 2

Visible: 40 de 40 variables

	I10	I11	I12	I13	I14	I15	I16	I17	I18	I19	I20
1	2	2	2	3	3	5	5	5	5	5	
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
3	5	4	5	3	5	5	5	5	5	5	
4	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	
5	1	1	1	1	1	3	1	1	1	4	
6	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	
7	1	1	1	1	1	1	4	4	4	5	
8	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	
9	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	
10	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	
11	1	1	1	1	1	1	4	4	4	5	
12	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	
13	1	1	1	1	1	1	4	4	4	5	
14	1	1	1	1	1	1	5	5	4	5	
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											

Vista de datos Vista de variables Área de información IBM SPSS Statistics Processor está listo

15.6. Tabulación de los datos

Parte 3

	I21	I22	I23	I24	I25	I26	I27	I28	I29	I30	I31
1	5	4	4	5	1	4	5	4	5	3	
2	5	5	5	5	5	5	3	4	5	4	
3	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	
4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	1	5	5	5	5	5	2	5	5	5	
6	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	
7	5	4	5	5	5	4	3	3	3	5	
8	5	5	5	4	4	4	3	3	4	4	
9	5	5	5	5	5	4	5	4	5	5	
10	4	5	5	5	5	4	4	4	4	5	
11	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	
12	5	5	4	5	4	5	5	5	5	5	
13	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	
14	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	
15											
16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											

15.7. Tabulación de los datos

Parte 4

	I32	I33	I34	I35	I36	I37	I38	I39	var	var	var	var
1	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
3	4	4	5	4	5	4	5	5	5	5	5	5
4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5
7	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
8	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
9	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
10	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5
11	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
12	4	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	5
13	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15												
16												
17												
18												
19												
20												
21												
22												
23												
24												
25												