



POSGRADOS

Maestría en _____
**PRODUCCIÓN Y OPERACIONES
INDUSTRIALES**
RPC-SO-30-No.506-2019

Opción de
titulación:

PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y
TECNOLÓGICAS AVANZADAS

T E M A :

DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE
FILTRADO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS
HIDROCARBUROS EN ESTACIÓN DE BOMBEO LA
DELICIA DEL POLIDUCTO PASCUALES-CUENCA

A U T O R :

JOSÉ MARÍA MOJARRANGO RODRIGUEZ
WILSON ENRIQUE RAYMONDI LOMAS

D I R E C T O R :

IVAN EDUARDO SUAREZ ESCOBAR

Guayaquil - Ecuador
2021

Autores:



Wilson Enrique Raymondi Lomas

Ingeniero Químico

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.

wilsonerl@hotmail.com



José María Mojarrango Rodríguez

Ingeniero Mecánico

Especialidad: Mantenimiento

Candidato a Magíster en Producción y Operaciones Industriales por la Universidad Politécnica Salesiana – Sede Guayaquil.

jm.mojarrango@hotmail.com

Dirigido por:



Dr. Ivan Eduardo Suarez Escobar

Ingeniero Químico

Magister en Educación Superior

Doctor en Ingeniería Industrial

isuarez@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2021 Universidad Politécnica Salesiana.

GUAYAQUIL – ECUADOR – SUDAMÉRICA

JOSÉ MARÍA MOJARRANGO RODRÍGUEZ

WILSON ENRIQUE RAYMONDI LOMAS

DISEÑO DE UN SISTEMA ALTERNATIVO DE FILTRADO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS HIDROCARBUROS EN ESTACIÓN DE BOMBEO LA DELICIA DEL POLIDUCTO PASCUALES-CUENCA.

Agradecimientos

Agradecido con cada uno de los docentes que a lo largo de la malla curricular supieron con altura demostrar su interés por la educación superior y la calidad al impartir sus conocimientos. De la misma manera mi gratitud y admiración al Ing. Iván Suarez Escobar, PhD por su paciencia, conocimiento y alto nivel de don de gente.

José María Mojarrango Rodríguez

A DIOS Todopoderoso por guiar todo paso que doy.

A mi compañero de Tesis, Ing. José María Mojarrango con quién compartimos experiencias y conocimientos, en este camino hacia la excelencia académica.

Wilson Enrique Raymondi Lomas

Dedicatoria

Dedicada a mi hermana Denisse Mojarrango por ser mi modelo de fortaleza y entereza, por demostrarme con el ejemplo que la unión familia es el cimiento para el progreso y que a pesar de todas las dificultades siempre hay esperanzas.

A mi mamita Yadira Rodríguez que eternamente ha arrimado su hombro junto al mío, la mujer que perenemente ha tenido las palabras certeras para guiar mi camino y la que siempre será mi debilidad.

José María Mojarrango Rodríguez

A mi bella Familia que siempre está apoyando incondicionalmente cada una de mis metas anheladas.

Wilson Enrique Raymondi Lomas

Tabla de Contenidos

Introducción	xiii
Antecedentes	xiv
Planteamiento del problema.....	xv
Justificación	xix
Objetivos	xxi
Objetivo general.....	xxi
Objetivos específicos	xxi
Capítulo 1 Marco referencial	1
1.1 Cadena de valor de los hidrocarburos.....	1
1.1.1 Upstream	2
1.1.2 Downstream	4
1.2 Almacenamiento de hidrocarburos	6
1.3 Importancia de transportes de hidrocarburos	7
1.4 Sistema de transporte por poliductos	8
1.4.1 Disposición de envíos de partidas.....	9
1.4.2 Procesos en la construcción de un poliducto	10
1.5 Norma constructivas ASME B31.4.....	12
1.6 Requerimientos de soldadura API 1104	13
1.6.1 Procesos de soldadura	14
1.6.2 Tipos de Soldadura	15
1.7 Poliducto Pascuales –Cuenca.....	16
1.8 Sistema de filtración	19

1.8.1 Filtro.....	19
1.8.2 Selección de filtros.....	19
1.9 Software de diseño AutoCAD	20
1.10 Instalación isométrica	21
Capítulo 2 Requerimientos y normas constructivas del sistema de filtrado	23
2.1 Consideraciones generales y criterio de diseño según Código ASME B31.4	23
2.1.1 Criterios para la implementación del Sistema de Filtrado	24
2.1.2 Sistematización de variables necesarias para el cálculo de espesor, cédula y diámetros nominales.	25
2.1.3 Cálculo de espesor de pared para la tubería y accesorios a ser utilizada.....	27
2.2 Requerimiento y proceso de soldadura según API 1104	31
2.2.1 Términos y definiciones.....	32
2.2.2 Criterios para el proceso de soldadura.....	34
2.2.3 Procedimiento de soldadura.....	34
Capítulo 3 Selección de componentes constructivos y elaboración de isométricos	42
3.1 Selección de componentes y cantidades para diseño	42
3.3.1 Selección de filtro	42
3.1.2 Tubería	43
3.1.3 Accesorios.....	44
3.1.4 Conexiones.....	46
3.1.5 Bridas	47
3.1.6 Espárragos y tuercas	48
3.1.7 Empaques.....	49

3.1.8 Válvulas	50
3.2 Diseño y elaboración de isométricos	52
Capítulo 4 Análisis del resultado granulométrico, elemento filtrante y capacidad de retención..	56
4.1 Análisis granulométrico	56
4.2 Elemento filtrante y capacidad de retención.....	58
Capítulo 5 Manual de inspección, operación y mantenimiento del sistema de filtrado.	60
5.1 Manual de operaciones del sistema de filtrado	60
5.1.1 Alcance	60
5.1.2 Definiciones	60
5.2 Tareas.....	61
5.2.1 Actividades para alineación y puesta en marcha del sistema de filtrado.....	61
5.2.2 Actividades para inspección del sistema.....	63
5.2.3 Actividades para mantenimiento y limpieza de filtros	64
5.3 Políticas de procedimiento.....	65
5.3.1 Condiciones actuales del sistema.....	65
5.3.2 Ejecución del procedimiento.....	65
5.3.3 Políticas de seguridad, salud y ambiente	65
5.3.4 Capacidad del operador.....	65
Conclusiones.....	66
Recomendaciones	67
Bibliografía	68
Anexos	1
Anexo 1. Composición química y características mecánicas del electrodo E8010 G	1

Anexo 2. Composición química y características mecánicas del electrodo E9010 G9	2
Anexo 3. Especificación del procedimiento de soldadura WPS.....	3
Anexo 4. Registro de calificación de procedimiento PQR	4
Anexo 5. Informe de resultados departamento de calidad.....	5
Anexo 6. Isométrico brazo A&B del sistema de filtrado.....	6
Anexo 7. Isométrico brazo A unidad de filtrado.....	7
Anexo 8. Isométrico brazo B unidad de filtrado.....	8
Anexo 9. Lista de materiales seleccionados para el diseño del sistema de filtrado	9

Lista de tablas

Tabla 1 Dimensión de tubería forjada soldada y sin costura.	28
Tabla 2 Factores de unión soldada aplicables a especificaciones de tuberías comunes.	28
Tabla 3 Requisitos según los resultados de las pruebas de tracción para tuberías.....	29
Tabla 4 Dimensiones y pesos de tubos de acero forjados soldados y sin costura.....	31
Tabla 5 Composición química de la tubería.....	35
Tabla 6 Propiedades mecánicas de la tubería.....	35
Tabla 7 Diseño de junta, tolerancia y detalles.	37
Tabla 8 Electrodo seleccionados basados en la especificación AWS A5.5M.....	38
Tabla 9 Filtro tipo “y” con elemento filtrante tipo “canasta” con tapa bridada.	42
Tabla 10 Tubería de acero al carbono sin costura para servicio hidrocarburofero.	44
Tabla 11 Descripción y selección de accesorios.....	45
Tabla 12 Selección de salidas de derivación Socket Weld.	46
Tabla 13 Especificaciones y selección de bridas.	47
Tabla 14 Características de espárragos y tuercas.....	48
Tabla 15 Gaskets seleccionados en función de los requerimientos de diámetros de jutas.	49
Tabla 16 Válvula seleccionada para el diseño de la unidad de filtrado.	50
Tabla 17 Tabla de malla con medidas en micrón y milímetro.....	57
Tabla 18 Procediendo de operación sistema de filtrado.	62
Tabla 19 Procediendo de inspección sistema de filtrado	63
Tabla 20 Procediendo de mantenimiento para el sistema de filtrado	64

Lista de figuras

Figura 1 Áreas involucradas en la cadena de suministro del área petrolera	1
Figura 2 Representación gráfica de un proceso de exploración sísmica	3
Figura 3 Representación gráfica de un área perforada para servicio hidrocarburífero.....	3
Figura 4 Representación gráfica de los tipos de extracción de crudo.....	4
Figura 5 Representación gráfica del proceso típico de transporte de hidrocarburo.....	5
Figura 6 Representación gráfica del trazado del poliducto Pascuales Cuenca	16
Figura 7 Volúmenes de diseño para ser transportados por el poliducto Pascuales Cuenca.....	17
Figura 8 Representación del perfil poliducto Pascuales Cuenca	18
Figura 9 Representación isométrica de un sistema sanitario tradicional	22
Figura 10 Diagram Showing Scope of ASME B31.4 Excluding Carbon Dioxide Pipeline Systems Fig. 400.1.1-1.....	25
Figura 11 Standar V bevel butt joint and Sequence of beads.	36
Figura 12 Pases de soldadura a emplearse basados en el estándar API 1104-2018.	38
Figura 13 Calificación de soldadura basados en la posición de junta.	39
Figura 14 Procedimiento de soldadura WPS en función de los requerimientos API 1104.	40
Figura 15 Registro de calificación de procedimiento de soldadura (PQR).	41
Figura 16 Diagrama general brazo A&B unidad de filtrado, incluida tubería de venteo y drenaje.	52
Figura 17 Isométrico para la disposición final del brazo de filtrado A.	53
Figura 18 Isométrico para la disposición final del brazo de filtrado B.....	54
Figura 19 Isométrico para la disposición final de la unidad de filtrado con los brazos A & B ..	55
Figura 20 Tamaño del grano mínimo que circula por las líneas de bombeo	56
Figura 21 Filtro tipo canasta seleccionado por basado en las necesidades operativas de la unidad de filtrado	58
Figura 22 Diseño del elemento filtrante mesh 270 – 53 micrón.....	59

Resumen

EP Petroecuador y su Gerencia de Transporte tienen la finalidad de gestionar las actividades de transporte, almacenamiento y derivados de hidrocarburos a través de redes de oleoductos y poliductos en todo el territorio ecuatoriano. El poliducto Pascuales-Cuenca gestionada por la empresa pública fue construido con la finalidad de encargarse y abastecer de manera ininterrumpida el abastecimiento de combustible a la zona sur del país para evitar retrasos y desabastecimiento en su comercialización, así como proyectándose hacia el crecimiento poblacional. La problemática surge debido a la reducción de la capacidad operacional del poliducto en el cual por medio de boletines de prensas la estatal petrolera manifiesta que el poliducto se ha visto afectado en su capacidad de bombeo como consecuencia de daños en equipos causados por los sedimentos que presentan los combustibles transportados.

Debido a la problemática, se presenta la necesidad de diseñar un área de filtrado para mejorar la calidad de los hidrocarburos transportados por el poliducto utilizando un método alternativo de retención de partículas. El diseño se realizará en la estación de bombeo 'La Delicia,' comprendida en el tramo II del poliducto y estará sujeta a las normas constructivas que rigen la implementación de estaciones de bombeo hidrocarburifera, incluyendo los requisitos y procesos de soldadura que presiden este tipo de montajes, los elementos constructivos necesarios para el diseño y los diagramas isométricos donde se representan la disposición final de tuberías, válvulas y accesorios. A más de cumplir con las normas que implica el diseño de sistemas en estaciones de bombeo, es indispensable el desarrollo del respectivo manual de operaciones para la puesta en marcha y la correcta manipulación, así como los procedimientos de inspección y mantenimiento para cubrir con cada línea la propuesta técnica.

Palabras claves: Hidrocarburos; Diseñar; Filtrado; Retención; Procedimientos.

Abstract

EP Petroecuador and its Transportation Management have the purpose of managing the activities of transportation, storage, and derivatives of hydrocarbons through networks of oil pipelines and multiple pipelines throughout the Ecuadorian territory. The Pascuales-Cuenca pipeline, managed by the public company, was built to take charge and supply in an uninterrupted way the supply of fuel to the southern part of the country to avoid delays and shortages in its commercialization, as well as projecting itself towards population growth. The problem arises due to the reduction in the operational capacity of the pipeline. Through press bulletins, the state oil company states that the pipeline has been affected in its pumping capacity as a result of damage to the equipment caused by sediments present in transported fuels.

Due to the problem, the need arises to design a filtering area to improve the quality of the hydrocarbons transported by the pipeline using an alternative method of particle retention. The design will be carried out at the 'La Delicia' pumping station included in section II of the pipeline. It will be subject to the construction standards that govern the implementation of hydrocarbon pumping stations, including the requirements and welding processes that govern this type of assembly, the construction elements necessary for the design, and isometric diagrams where the final arrangement of pipes, valves, and accessories are represented. In addition to complying with the standards involved in the design of systems in pumping stations, it is essential to develop the respective operations manual for the start-up and correct handling. Besides, it is crucial for the inspection and maintenance procedures to cover with each line the technical proposal.

Keywords: Hydrocarbons; Design; Filtering; Retention; Procedures

Introducción

Alrededor del mundo todos los días se realiza el montaje e instalación de tuberías de acero para ser utilizados bajo propósitos industriales como civiles, en el área hidrocarburifera la utilización de componentes de acero al carbono es indispensable para la implementación de oleoductos y poliductos, esto conlleva a que inevitablemente exista presencia de partículas ferromagnéticas suspendidas en el transporte de hidrocarburo, por tal motivo se crea la necesidad de diseñar ares de filtrado eficientes con la utilización de métodos no convencionales para mejorar la retención de estas partículas.

Las tuberías y tanques utilizadas para el transporte de hidrocarburo son construidos de acero, y al ser un material ferroso, no están exceptos al desgaste, esto deriva a que, el material ferromagnético desprendido se suspenda en los hidrocarburos transportados. Los problemas resultan al no poseer sistemas de retención eficientes en el área de filtrado lo cual perjudica a los componentes rotativos internos con los cuales estos elementos entran en contacto, como consecuencia, se tiene un precipitando desgaste de los equipos del área operativa y con esto, el incremento de los costos operacionales por paralizaciones no planificadas.

La realización del proyecto tiene la finalidad de mejorar el proceso productivo con el diseño de un sistema alternativo de filtrado bajo las normas que rige la construcción de estaciones de bombeo del sector hidrocarburifera para mejorar la calidad de los combustibles bombeados y almacenados, y a su vez, reducir los costos de mantenimiento por afectaciones provocadas por sólidos en suspensión, precautelar la integridad de los equipos y cumplir sin restricción las programaciones operativas.

Antecedentes

Uno de los objetivos empresariales es la evaluación continua de los procesos operacionales con el fin de identificar mejoras para perfeccionar sus estándares. (Schwab K, 2016) en su exposición sobre la cuarta revolución industrial expresa textualmente que “Una vez que las revoluciones industriales se ponen en marcha, el cambio se produce con rapidez. El modo de concebir el porvenir es instaurar empresas basados en emprendimientos innovadores que cubran los vacíos productivos que por falta de conocimiento no son abordados. Una vez que el ingenio comienza a funcionar, la producción, la economía y la sociedad se transforma con celeridad” (p. 5). La tercera revolución industrial estuvo basada en ordenadores, en los cuales la automatización fue el pilar fundamental para el desarrollo de las industrias, esto permitió la liberación de recursos para ser invertidos en otros campos y expandir nuestro capital a nuevos mercados.

La cuarta revolución industrial nos muestra el surgir de la fábrica automática e inteligente en los cuales se abren cambios de paradigmas, donde todo lo que conocemos será reinventado, los sistemas ciberfísicos los cuales combinan estructura física, software, sensores, nanotecnología, así como sistemas digitales de comunicaciones será un solo cuerpo con el gran protagonista, el internet de las cosas. Todo esto hace pensar que la mano de obra tal como la conocemos cambiará, por tal razón debemos ser vinculantes y latentes para los nuevos cambios industriales. (Perasso V, 2016)

El mejoramiento de los procesos industriales se basa en la toma de decisión fundamentada en el análisis de datos y la información, esta mejora, en la mayoría de los casos, depende de la adquisición de nuevas tecnologías, pero por falta de una adecuada capacitación y entrenamiento del personal con el correr del tiempo pierde su eficacia y muchas veces se vuelve a los niveles de productividad anteriores. Cundo el mejoramiento se logra por la creatividad y empeño de las

personas, este no se mantiene por la carencia de mecanismos de estandarización y seguimientos adecuados. (Perugachi M. L, 2015)

La eficiencia es un término que propone las inspecciones constantes de los procesos, en los cuales es imperioso que nos replanteemos y analicemos la efectividad de los sistemas. Una organización o cualquier parte de ella que ejecute un proceso y proporcione un servicio debería comprender los principios de mejora continua de los procesos para comprender el enfoque, aspectos e importancia que proporcionan los sistemas de gestión de calidad donde los resultados deseados de una organización se alcanzan eficientemente cuando las actividades y los recursos se gestionan dando el enfoque a los procesos. (García M, 2003)

A partir de lo anteriormente expuesto, se crea la necesidad de evaluar y reformular los procesos que en la actualidad se emplean de manera tradicional, como es el caso de las unidades de filtrado en poliductos, en este sentido, se tiene la idea que los hidrocarburo a bombear se encuentran en condiciones óptimas de limpieza, por tal motivo, el diseño y construcción de unidades de filtrados se realizan bajo ciertas condiciones a la cual se estima que se encontraran permanentemente los combustibles a ser bombeados. En la práctica, se observa que, el tipo de sedimentos presentes en los combustibles presentan propiedades ferromagnéticas involucrando de manera directa al desgaste natural de la tubería, accesorios, válvulas y tanques donde es almacenado el producto antes y durante el transporte de los hidrocarburos.

Planteamiento del problema

En 1972 para manejar todas las fases de la industria petrolera, en Ecuador se creó la Corporación Estatal Petrolera Ecuatoriana (CEPE) la cual se encargaría de gestionar la exploración, explotación, industrialización, transporte y comercialización de hidrocarburo y sus

componentes, las cuales antes estaban en manos internacionales. Esta empresa estatal comenzó a jugar un papel importante en el país, generando empleo, invirtiendo en el desarrollo y agregando valor al crudo. Las construcciones con las que cuenta actualmente la entonces corporación, ayudo al descubrimiento de una mayor numero de campo petrolero por consiguiente la producción, la trasportación y la comercialización se vieron en aumento. CEPE compró las acciones de Gulf y, posteriormente, se convirtió en el socio mayoritario del consorcio CEPE-Texaco. (EP Petroecuador, 2013)

Bajo el amparo de la ley especial N.º 45, el 26 de septiembre de 1989 se creó la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador (Petroecuador), como resultado las operaciones y propiedades de las refinerías de Anglo y Repetrol, consorcio CEPE-Texaco y el Sistema de Oleoducto Transecuatoriano SOTE fueron absorbidas por esta nueva empresa estatal, con esto Petroecuador extendió la capacidad de refinación así como el volumen de almacenamiento de crudo y sus derivados e incluso añadió a su cartera de valor la venta de gasolinas en locales propios. (EP Petroecuador, 2016)

Luego de 21 años como empresa holding, la Empresa Estatal Petróleos del Ecuador (Petroecuador) bajo decreto ejecutivo N.º 315 expedido en abril del 2010 pasó a ser empresa pública con autonomía administrativa, operativa y patrimonio propio. Se conformó como una sola empresa, con seis unidades de negocio encargada de gestionar el sector hidrocarburifero de país y vinculada a los sectores estratégicos. (EMIS, 2021)

EP Petroecuador a través de la Gerencia de Transporte gestiona y opera las actividades de transporte de combustibles con ayuda de estaciones de bombeo hasta los terminales de despacho para ser entregados a las comercializadoras la cuales abastecen a los sectores productivos y sociales del país. Los sistemas de bombeos a través de poliductos han permitido un adecuado y oportuno

suministro de combustible a diferentes provincias donde estas se encuentran instaladas dentro del territorio ecuatoriano.

La Gerencia de Transporte tiene como funciones específicas gestionar la distribución y almacenamiento de hidrocarburos permitiendo el normal y oportuno abastecimiento del mercado nacional garantizando además el cuidado del medio ambiente (EP Petroecuador, 2018). La mayor parte de la cadena de valor de la Gerencia de Transporte es realizada por medio de una extensa red de poliductos y oleoductos la cual se transporta derivados como diésel premium, diésel 2, gasolinas, gas licuado de petróleo, jet fuel y GLP para el caso de poliductos y petróleo para el caso de los oleoductos. (Quistial B. I. C, 2019)

Debido a la importancia que representa una adecuada y pronta distribución de combustibles para las provincias de Azuay, Cañar, El Oro, Loja, Morona Santiago y Zamora, se vio la necesidad de prescindir del transporte terrestre de combustible por autotankers por los altos costos que generaba y la opción fue la de construir un poliducto el cual satisfaga las necesidades estratégicas del país y a la vez reduzca los costos de transporte en la distribución de combustible. (EP Petroecuador, 2015)

En octubre de 2013 inició la ejecución del Poliducto Pascuales-Cuenca para el transporte de gasolinas ecopaís, super, diésel premium y diésel 2 (El Telégrafo, 2015). El proyecto estaría compuesto y separado en dos tramos principales: Pascuales-La Troncal, el primero con capacidad para transportar 46.500 barriles por día por medio de una tubería de acero de 10 pulgadas y 102 km de longitud, en la línea de bombeo del primer tramo se encuentra conectado la estación de bombeo Pascuales y El Chorrillo. El segundo tramo con una capacidad máxima para transportar 30.800 barriles por día por tubería de 8 pulgadas en 113 km de longitud se encuentra conectadas en la línea de bombeo tres unidades operativas o estaciones de bombeo, estación La Delicia, Ducur

y Charcay, las mismas son necesarias para proporcionar energía al fluido y abastecer con presión y caudal adecuado a la siguiente estación de bombeo hasta llegar al destino final que es el terminal Chaulluabamba en Cuenca.

En la actualidad y con base a boletines de prensa emitidos por la estatal petrolera, manifiestan que la capacidad nominal de bombeo se encuentra con un porcentaje operacional del 50% debido al daños prematuros de sellos mecánicos, bombas principales multietapas y válvulas de operación. De la misma manera, en el boletín de prensa 7741 hacen referencia a la constante suciedad presente en los hidrocarburos a bombear y que, con trabajos correctivos de mantenimiento se ha mejorado el caudal en un 93%. (EP Petroecuador, 2019)

En el 2019 el poliducto fue evaluado por la consultora estadounidense American Bureau of Shipping (ABSG Consulting Inc.) a pedido de EP Petroecuador a el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). En el informe presentado se develó ciertos problemas como su capacidad nominal de bombeo que se encontraba por debajo de los nominales debido a problemas en los equipos por lo que su vida útil, estimada para 25 años, podría reducirse considerablemente, aunado a esto, el mismo informe manifiesta que los hidrocarburos transportados se encuentran contaminados por problemas en la conducción. (El Telégrafo, 2019)

Cabe señalar los efectos negativos que conllevan el abastecimiento tardío de los centros de comercialización desde los cuales se provee del hidrocarburo a consumidores y puntos de venta como gasolineras. El desabastecimiento en los centros de comercialización al público sería la consecuencia si los problemas continuaran o se incrementaran por el desgaste de los equipos y líneas de transportes operativas.

Las consecuencias en los costos operativos del poliducto se reflejan ya que se han incrementado los tiempos de transportación, aumento de tiempos operativos de despachos en terminales por bajos stocks y el desempeño de los volúmenes transportados por hora y por mes. Estos aspectos inciden directamente en la distribución del poliducto Pascuales-Cuenca, requiriéndose evaluar los aspectos técnicos para proponer alternativas para mejorar la calidad de los combustibles a ser bombeados por el poliducto. (Quistial B. I. C, 2019)

Justificación

El poliducto al ser una de las áreas operativas modulares para los sectores estratégicos tiene su importancia a nivel nacional, ayudando a la producción de la matriz energética para uso empresariales y el buen vivir, esto se mantiene en concordancia con los datos publicados en el boletín 2031 por el BCE el cual se especifica que la balanza comercial cerró para el ejercicio fiscal 2020 con una participación del 39% del sector (Banco Central del Ecuador, 2021) por lo que se traduce que las unidades de negocio petroleras mantienen un participan primordial en el desarrollo del país como financista del presupuesto general del estado.

Durante todo el proceso estudiantil de la maestría en Producción y Operaciones Industriales, fue una constante por parte de los docentes el que se debe identificar la eficacia de los sistemas que se encuentran instaladas en las organizaciones, analizarlas, evaluarlas y proponer mejoras en caso de requerirlas. Con los problemas especificadas y citadas anteriormente respecto a las condiciones actuales del poliducto Pascuales-Cuenca se crea la necesidad de proponer mejoras alternativas respecto a la retención de sedimentos transportados por los hidrocarburos, estas propuestas se deben evaluar a profundidad con el fin de no afectar variaciones en los parámetros operacionales.

La propuesta a realizar será estudiada a profundidad y diseñadas bajo las normas internacionales que rigen el montaje de estaciones de bombeo para el transporte de combustible por tubería.

Debido a la envergadura que representa el poliducto, el diseño de la unidad de filtrado alternativa se desarrollará bajo las condiciones estructurales de una de las estaciones de bombeo, para el efecto se eligió a la estación de bombeo La Delicia, unidad operativa localizada en el Km 14 al pie de la vía La Troncal – Azogues comprendida en el Tramo II del poliducto Pascales-Cuenca. Su caudal promedio de operación es de 1100 BBL/H con presión promedio en la succión de 300 PSI y 1700 PSI en la descarga, cuenta con 3 grupos de bombeo con motores eléctricos de 800 Hp de potencia y bombas multietapas de 450 GPM de flujo y carga máxima de 4646 ft. (El Telégrafo, 2019)

En el plan nacional de desarrollo expuesto por la Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo SENPLANDES para el periodo del 2017 – 2021 expone los ejes a los cuales el gobierno dará priorización, en este resalta el sector hidrocarburífero en el cual se pretende el mejoramiento de la eficiencia de los procesos productivos, mejorando los ya existentes con el fin de abastecer a las instituciones dependientes de manera oportuna con calidad y sin retrasos. (SENPLADES, 2017)

Adicional a las justificaciones expuestas, el presente trabajo tiene el propósito de ser fuente para futuras investigación y propuestas vanguardistas, donde los profesionales analicen su entorno laboral y bajo conocimiento de causa expongan propuestas que permitan al desarrollo personal y el país. Adicional, la Universidad se verá favorecida en vista que el trabajo se mantendrá dentro de su repositorio de trabajos de investigación brindando mayor validez a la excelencia académica la cual manifiestan brindar.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un sistema alternativo de filtrado para mejorar la calidad de los hidrocarburos en la estación de bombeo La Delicia del Poliducto Pascuales-Cuenca.

Objetivos específicos

Establecer los fundamentos teóricos referentes al problema del sistema de bombeo para mejorar su proceso.

Estructurar el sistema de filtrado con base a la norma de ingeniería constructiva ASME B31.4 que rigen la implementación de estaciones de bombeos hidrocarburifera y API 1104 para los requerimientos de soldadura de acero al carbono y baja aleación.

Diseñar bajo software AutoCAD los isométricos constructivos y seleccionar los accesorios y componentes involucrados en la unidad de filtrado para la estación de bombeo La Delicia del poliducto Pascuales-Cuenca.

Analizar los resultados granulométricos para determinar las características del elemento filtrante y determinar la cantidad de partículas a retener.

Redactar el respectivo manual de inspección, operación y mantenimiento para la operación correcta de la unidad de filtrado.

Capítulo 1

Marco referencial

1.1 Cadena de valor de los hidrocarburos

La cadena del sector de hidrocarburos corresponde al conjunto de actividades económicas relacionadas con la exploración, producción, transporte, refinación o procesamiento y comercialización de los recursos naturales no renovables conocidos como hidrocarburos (material orgánico compuesto principalmente por hidrógeno y carbono), dicho conjunto también está conformado por la regulación y administración de estas actividades.

La cadena de suministro de combustibles, también conocida como "Cadena de Suministro de Petróleo (PSC)", es una gran red de nodos, cada uno de los cuales está involucrado en una o más etapas de extracción, producción y distribución del producto. Asimismo, los diferentes centros de actividad interactúan entre sí, intercambiando materias primas o productos manufacturados e información relacionada con el proceso.

Figura 1

Áreas involucradas en la cadena de suministro del área petrolera



Nota. La figura muestra la cadena de valor en el área hidrocarburífera. Fuente: (Stillwater, 2018)

Al mismo tiempo, la industria de los hidrocarburos se divide en tres sectores, a los que a menudo se hace referencia como "upstream", "midstream" y "downstream", aunque las actividades "midstream" tienden a incluirse en la lista "downstream". El sector "upstream" incluye la exploración y producción de pozos, así como el flujo de petróleo crudo y gas natural a las principales estaciones y puntos de almacenamiento.

El negocio "midstream" está relacionado con el acondicionamiento, transporte y almacenamiento de hidrocarburo, gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP), mientras que el segmento "downstream" incluye el procesamiento, distribución y comercialización de productos refinados.

1.1.1 Upstream

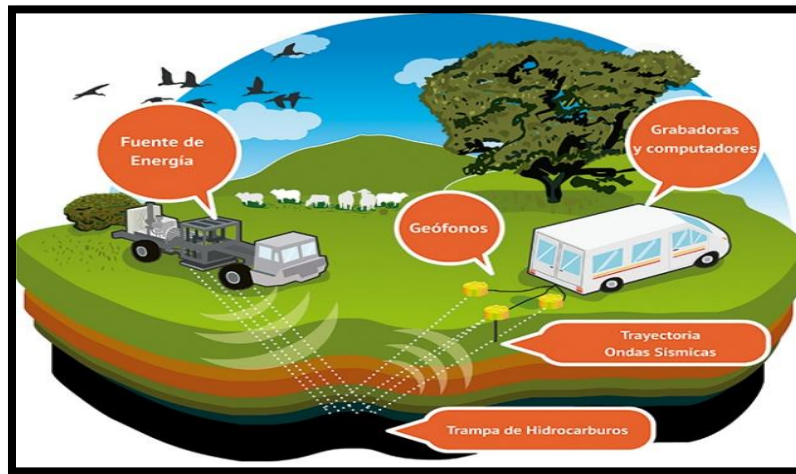
Proceso que se encarga de la exploración y producción (E&P), este campo incluye tareas de encontrar posibles depósitos de petróleo y gas natural, tanto subterráneos como submarinos, perforar pozos exploratorios y, posteriormente, perforar y operar pozos.

Exploración sísmica. Es el proceso por el cual las ondas de energía viajan a través de capas de roca, suben a la superficie y alcanzan un dispositivo especial llamado geófono, que recibe información y la transmite a una computadora.

Como resultado de la exploración sísmica se obtiene la representación de las capas subterráneas

Figura 2

Representación gráfica de un proceso de exploración sísmica

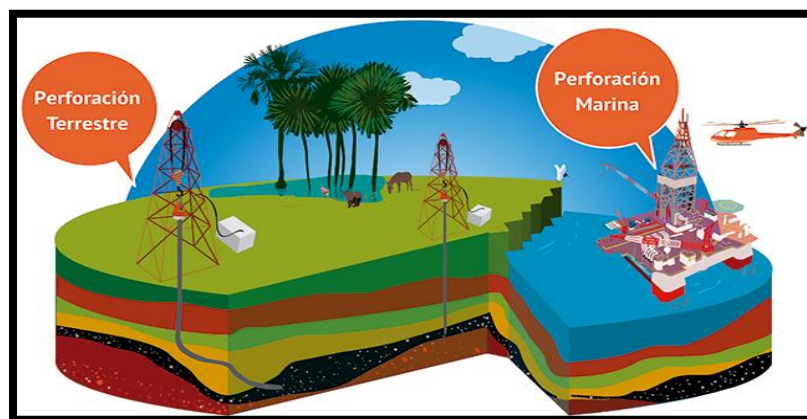


Nota. La figura muestra un proceso típico de exploración hidrocarburífero. Fuente: (ANH, 2018)

Exploración perforatoria. Incluye la excavación de pozos para llegar al lecho rocoso donde los hidrocarburos (petróleo y gas) pueden eventualmente acumularse. Este paso generalmente comienza después de obtener la información de la investigación sísmica.

Figura 3

Representación gráfica de un área perforada para servicio hidrocarburífero

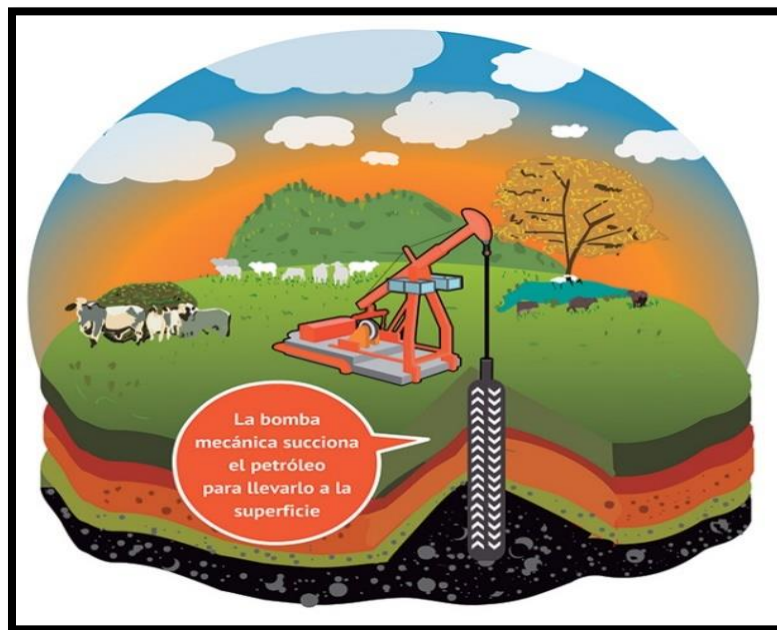


Nota. La figura muestra una perforación típica marina y terrestre. Fuente: (ANH, 2018)

Producción. Es el proceso mediante el cual se extraen los hidrocarburos (petróleo y gas) desde la capa de roca hasta la superficie. Para extraer los hidrocarburos se utilizan dos mecanismos: a través de válvulas llamadas Árbol de Navidad (cuando los hidrocarburos fluyen a la superficie por sí solos) y mediante una máquina llamada Balancín (cuando este necesita ayuda para subir a la superficie).

Figura 4

Representación gráfica de los tipos de extracción de crudo



Nota. La figura muestra un procedimiento típico para la producción de crudo. Fuente: (ANH, 2018)

1.1.2 Downstream

Se refiere comúnmente a las tareas de refinamiento del petróleo crudo y al procesamiento y purificación del gas natural, así como también la comercialización y distribución de productos derivados del petróleo crudo y gas natural.

Refinación. La refinación consiste en transformar el petróleo sometiéndolo a temperaturas altas, que alcanzan promedios de 400 grados centígrados, para obtener productos derivados.

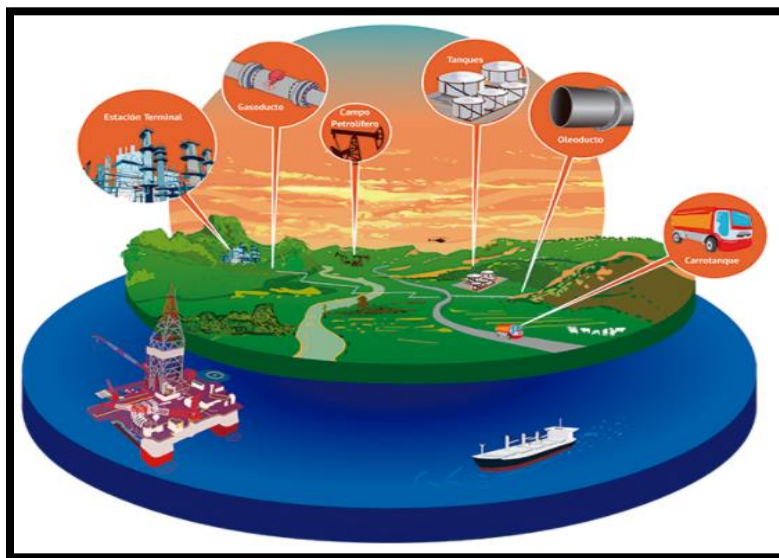
Proceso mediante el cual se transforma una gran variedad de productos derivados, principalmente, combustibles como gasolinas, Gas Licuado de Petróleo GLP y petroquímicos como vaselina, llantas, plásticos.

Transporte. Consiste en transportarlos desde la boca del pozo hasta los sitios de almacenamiento y procesamiento hasta refinerías por medio de estaciones de bobeo, y una vez refinados desde estas hasta terminales de almacenamiento ubicados estratégicamente, y desde aquí hasta centros de comercialización para ventas a cliente final.

Los hidrocarburos se transportan a través de oleoductos (petróleo), gasoductos (gas), poliductos (derivados del petróleo como gasolinas extra, super, diésel premium y diésel 2, etc), carrotanques o autotanques (petróleo o derivados) y buques (petróleo o derivados).

Figura 5

Representación gráfica del proceso típico de transporte de hidrocarburo



Nota. La figura muestra los tipos de transporte para hidrocarburos. Fuente: (ANH, 2018)

Recepción de petróleo y sus derivados. Consiste en el ingreso del petróleo o sus derivados en las distintas áreas de almacenamiento.

El crudo extraído de los yacimientos es conducido a través de tuberías y recepcionado para ser descargado y almacenado en los tanques de almacenamiento temporal, previo a su traslado hasta las zonas de refinación o embarque marítimo para exportación.

Los hidrocarburos son transportados a través de oleoductos a las zonas de refinación (refinerías) y a los puntos de embarque (puertos), donde es recepcionado y almacenado temporalmente en tanques estacionarios de grandes capacidades.

El transporte de derivados de hidrocarburos a volúmenes elevados se lo hace a través de redes de poliductos los cuales están impulsados por medio de estaciones de bombeo.

1.2 Almacenamiento de hidrocarburos

Después de la crisis de 1973 (la segunda guerra árabe-israelí) que provocó el desabastecimiento del petróleo en varios países de Europa Occidental, muchos de estos países adoptaron normas legales para regular la presencia de productos derivados del petróleo en la reserva estratégica de petróleo. Como consecuencia las petroleras de algunos países están obligadas a tener siempre una cantidad que garantice el mercado interno para su consumo dentro de un período mínimo de tiempo especificado. Las existencias deben estar en todas las divisiones para evitar cortes y se requiere un stock mínimo en circunstancias normales.

Poseer crudo almacenado y sus derivados instituye un bien valioso de la operación de los servicios de hidrocarburos, ya que funciona de la siguiente manera:

- a.- Alivio entre la producción y el transporte para adaptarse a los cambios en el consumo.
- b.- Proporcionan elasticidad operativa a las plantas de refinación y otras operativas.
- c.- Sirven como estándar para cuantificar los envíos de productos.

1.3 Importancia de transportes de hidrocarburos

La importancia del transporte del petróleo y sus derivados es una necesidad a nivel global, su importancia radica en la distribución desde la extracción del crudo, tratarlo y bombearlo hasta su almacenamiento, de aquí se transporta hasta plantas de refinación o embarque según el caso y por medio de redes de poliductos o gasoductos llevarlo hasta terminales de despacho para ser comercializados (Kennedy , 2020)

Los oleoductos y poliductos son el principal medio de transporte de hidrocarburos, ya sea en forma de petróleo crudo, Gas Licuado de Petróleo, gas natural, naftas de altos y bajo octanaje etc. (Rosenberg, Jeffrey; Lockyear, 2020), El gas natural es uno de los combustibles de mayor necesidad en los procesos industriales y la producción de energía térmica. (Kumar, Sanjay; Chilingarian, 2020).

La complejidad que presenta los sistemas de transporte de hidrocarburo debe cumplir una gran cantidad de requisitos técnicos para funcionar de manera óptima. Este sistema es propenso a diferentes tipos de fallas, por lo que es importante implementar procedimientos y técnicas para reducir la probabilidad de que estén presentes y tomar acciones para minimizar los impactos potenciales.

La seguridad de las tuberías para el transporte de hidrocarburos es uno de los principales factores que se debe tener en cuenta desde el proceso de diseño del sistema, pues se debe tratar de reducir o evitar la ocurrencia de accidentes o fallas en el mismo y que finalmente redunden en afectación sobre el medio ambiente (Meléndez, 2016). Por esta razón, las tuberías que se utilizarán en la construcción y posterior operación del sistema de transmisión deben cumplir con los estándares establecidos. Algunos de los estándares más comúnmente utilizados para diseñar, construir y operar sistemas de transmisión de hidrocarburos incluyen ASME (American Society

of Mechanical Engineer), ANSI (American National Standards Institute) y API (American Petroleum Institute). Estos estándares especifican los tipos de tuberías, procedimiento y requisitos de soldadura, ensayos y métodos de protección que debe tener el sistema, entre otros requisitos.

Aunque el diseño del sistema de transporte de hidrocarburos está diseñado de acuerdo con las estrictas regulaciones y procedimientos vigentes para una construcción, operación y planes de mantenimiento adecuados, no se puede garantizar la no ocurrencia de falla; Por lo tanto, es fundamental contar con sistemas de detección temprana de fallas para que se puedan tomar las medidas necesarias de manera oportuna y así prevenir potenciales perjuicios.

En la actualidad se conoce una variedad de sistemas de detección de fugas clasificados en sistemas estáticos y dinámicos, los sistemas dinámicos son los preferidos porque se pueden usar durante la operación de los sistemas de transporte; por otra parte, los sistemas estáticos son utilizados una vez la fuga se haya manifestado y se requiere hallar la ubicación. Además de estas técnicas, existen diversas que nos permiten conocer el estado de deterioración de las tuberías y basados en esta información, adoptar medidas y procedimientos de mantenimiento acorde a los modos de falla que puedan presentarse. (Martin, 2020).

1.4 Sistema de transporte por poliductos

Un sistema de transporte por poliductos puede comunicarse desde múltiples fuentes con destinos remotos. Para un funcionamiento normal, dichos tubos de sección circular deben estar permanentemente empaquetados o encapsularse completamente con unos de los productos de trabajo. El combustible líquido circula a través de él, impulsado por bombas centrífugas que proporcionan la presión necesaria para combatir las diferencias de nivel y la pérdida de energía por fricción. Generalmente, los grupos de bombeo son accionados por un motor eléctrico o equipos de combustión interna, dependiendo de la idoneidad y disponibilidad de la potencia de entrada.

Las unidades operativas de bombeo están espaciadas de 30 a 200 km, dependiendo del terreno, perfil geográfico y volúmenes a desplazar.

En los sistemas de transporte por tubería, los productos recepcionado en terminales de almacenamiento son dirigidos a sus destinos o tanques mediante la acción de grandes válvulas, lo que permite no solo controlar el flujo, sino también ordenar los volúmenes o lotes de combustible de cada fuente.

1.4.1 Disposición de envíos de partidas

Los productos limpios se inyectan en la misma tubería uno por uno, formando unidades totalmente reconocibles conocidas como lotes "batches". Un lote de combustible refinado es un volumen de producto que contiene una cantidad específica de producto. Por lo general, no se utiliza ningún equipo físico para la separación de lotes y la contaminación del producto en cada interfaz es inevitable. En la operación de una unidad de transporte por ducto, existirán diferencias de densidad entre los fluidos transportados con puntos relativamente grandes, para este caso, se deben utilizar separadores mecánicos conocidos como "pigs", que impiden el paso de una sustancia hacia la otra, este efecto es habitual denominado "cuña". (Tufiño , 2014).

A más de ser utilizado con separador de partida, dentro del sector hidrocarburífero se hace uso de un equipo llamado PIG (Pipeline Internal Gauge, medidor interno de tuberías), este equipo tiene la función de ejecutar las actividades internas de limpieza de la tubería por incrustaciones del mismo producto y actividades de mantenimiento ya que realiza la inspección interior de la tubería. Utilizando la misma presión de trabajo, esta herramienta se desplaza por el interior de la tubería, su punto de partida es conocido como trampa lanzadora o de transferencia que presta las condiciones para introducir el pig a la tubería, una vez que este recorre el ducto llega hasta el punto final denominado trampa receptora, área diseñada para recibir este tipo de herramientas. Los sedimentos

son desalojados en la trampa receptora y se encuentra dispuesta de tal manera que no prescinde suspender la operación del transporte de hidrocarburo. (Londoño, 2017).

1.4.2 Procesos en la construcción de un poliducto

Los procesos presentes en la etapa de construcción de un ducto, están bien definidas y estandarizadas en el código ASME B31.4 (Pipeline transportation systems for liquid hydrocarbons and other liquids), los procedimientos para tener en cuenta en el trazado de tubería para un poliducto son:

a. Derecho de vía. Franja de terreno que se acondiciona para el tránsito de equipos, transporte de tuberías y suministros. Depende de la topografía, tipos de cultivos afectados y diámetro de la tubería a instalar. Usualmente está entre 12 y 24 metros de ancho.

b. Limpieza y revestimiento de la tubería. La tubería se somete a limpieza para eliminar residuos de óxido y demás impurezas que puedan afectar la aplicación del tratamiento, éste puede ser de alquitrán, recubrimiento asfálticos o cintas.

c. Zanja. El trazado de líneas de tuberías enterradas se hace necesario debido a diversos factores: impacto en comunidades, impacto en flora y fauna, impactos agrícolas, entre otros. Para ello se construye una zanja basados en las características del suelo, diámetro y longitud de los tramos, por lo general pueden tener las dimensiones de ancho y profundidad entre 0.9 m y 1.5 m, y entre 0.9 m y 1.8 m respectivamente. Transporte y Tendido: El transporte se da en función de las distancias a recorrer y si existen o no vías, en este último caso, será necesario la construcción de accesos con derecho de la vía. El largo promedio de cada tubo corresponde a 12 m, el espesor y el diámetro del tubo determinan el peso. Por lo general, para un tubo de 6” y espesor de 0.2” su peso

promedio será de 240 Kg, y para un tubo con diámetro de 24” y espesor de 0.5” promediara un peso de 2200 Kg.

d. Doblado. Es el proceso en el cual la tubería se adapta a las condiciones o perfiles del suelo ya sea en superficie o zanja. Los grados de deflexión que permite la tubería se dan en función de su resistencia a la fluencia., espesor y longitud.

e. Soldadura. Como ya se mencionó, un oleoducto está compuesto principalmente de tramos de tubería soldada una con otra en sus extremos; la unión de tubos soldados conforma lo que se designa como “lingada”. En la mayoría de nuestros sistemas de transporte por tuberías, los procesos de unión por suelta se realizan de manera manual con el proceso de unión por cordón de soldadura. Una vez hechas las soldaduras se realizan pruebas que demuestran su calidad, de no tener la calidad esperada se declara no apta y en primera instancia se somete a reparación la soldadura, si no es posible repararla se debe cortar una porción del tubo hacia los dos extremos con una longitud de aproximadamente un diámetro cada uno, con el fin de eliminar el efecto térmico que se ocasionó y realizar nuevamente el pegue.

f. Bajado y tapado. Una vez constatado el buen estado del tubo y la soldadura, se procede a bajar el tubo al interior de la zanja garantizando que el fondo de ella no contenga materiales solidos que puedan afectar la tubería o su recubrimiento. Luego se procede a tapar la tubería.

g. Prueba Hidrostática. El objetivo de esta prueba es darle aceptación a la tubería soldada. Consiste en llenar el tramo a evaluar con agua y presurizarla con valores de presión muy por encima de la presión nominal o a la que el sistema operará.

h. Protección catódica. Es un mecanismo implementado como protección contra la corrosión de la tubería y se fundamenta en el establecimiento de un flujo de corriente entre la tubería y ánodos de sacrificio, estos últimos se descompondrán, pero no la línea. Para establecer

la corriente a aplicar y la cantidad de ánodos de sacrificio se requiere analizar el terreno y las características de acceso a la línea.

i. Limpieza final. En esta fase el sector se reconforma a condiciones similares a las encontradas antes de la construcción del oleoducto. Deben restaurarse cercas, limpiarse cauces naturales y en algunas ocasiones ejecutar acciones que contribuyan con el ornato del paisaje. Así mismo reparar al máximo el daño ambiental perpetrado por el desarrollo de la obra.

1.5 Norma constructivas ASME B31.4

Debido a cada vez se hacía más necesario poseer una normativa nacional para los sistemas de tuberías a presión, entre 1915 y 1925 para solventar la necesidad el Comité Americano para Estándares de ingeniería, en marzo de 1926 inició el proyecto B31 por solicitud de la Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos, y con esa sociedad como su único auspiciador. Luego de algunos años de trabajo entre Comité Seccional y Subcomité B31 en 1935 se publicó el Código Americano Tentativo de Estándares para Tuberías a presión.

Debido al desarrollo de nuevas técnicas de soldaduras, cálculos de esfuerzos y estándares de nuevos materiales se observaron discrepancias al Código tentativo desarrollado años atrás, por tal razón en 1937 se inició una revisión de este Código para asegurar uniformidad.

En 1944 se publicaron suplementos del Código en la cuales e introdujeron los estándares para nuevas selecciones de materiales y sus dimensiones, un nuevo procedimiento para determinar el espesor de las paredes de la tubería y requisitos más completos acerca de los instrumentos y el control de las tuberías.

El aumento continuo en la rigurosidad de entornos de servicio, con el correspondiente progreso en materia de materiales y desarrollos de diseños, así como cumplimiento de requisitos más exigentes, acentúan la necesidad de cambios más extensos, tal razón evidencia que el código se encuentra en constante cambio en la cual se plantean soluciones generales para ser interpretados e implementados a problemas específicos. (ASME B31.4, 2016)

La amplia experiencia de empresas especializadas, grupos de investigadores, colegios de ingenieros de montaje, de proyectos y campo son recogidas para formar los códigos ANSI (American National Standard Institute) y ASME (American Society of Mechanical Engineers), para el caso de estudio las B31, normas que rigen, utilizadas y ampliamente aceptadas para el análisis de sistemas de tuberías. Para definir la correcta aplicación tanto de funcionalidad como de servicio en la cual serán implementadas para cumplir con sus operaciones diarias bajo cronogramas de procedimientos y selecciones técnicas. (Torres, 2010)

1.6 Requerimientos de soldadura API 1104

La soldadura es un proceso de fabricación en donde se realiza la unión de dos materiales, (generalmente metales o termoplásticos), usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiendo ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido, para conseguir un baño de material fundido (el baño de soldadura) que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

Según la Norma API 1104 y la ISO 9001, la soldadura es un proceso que requiere de validación, ya que el producto resultante no puede verificarse plenamente mediante actividades de seguimiento o medición durante su ejecución.

La validación se realiza mediante el diseño de un procedimiento o WPS (Welding Procedure Specification) que involucra variables asociadas a la clase de proceso, al material base, los equipos y sus variables eléctricas, material de aporte, precalentamiento y temperatura entre pases, rangos dimensionales tanto del metal base, como del metal de aporte, posición y dirección de aplicación, velocidad de avance y otras variables específicas de cada proceso. Dicho procedimiento (WPS) se debe calificar en un segmento de tubo de características similares a la tubería a utilizar en el proyecto, soldando una junta bajo los parámetros establecidos en el WPS, con el fin de demostrar la capacidad del proceso para alcanzar los resultados planificados.

Los Códigos ASME las cuales agrupan las exigencias respecto a soldadura para sistemas de poliductos y oleoductos son:

- a.- ASME B31.4 Tuberías de Transmisión Petróleo y otros hidrocarburos líquidos.
- b.- ASME B31.8 Tuberías de transmisión y distribución de gas.
- c.- ASME B31.11 Transporte de Barros.

Los Códigos y Normas que gobiernan y se utilizan principalmente para evaluaciones, exigencias, puesta en marcha, registro e inspección y ensayos de soldaduras son:

- a.- API 1104
- b.-ASME IX
- c.- AWS D3.6

1.6.1 Procesos de soldadura

De acuerdo a ASME B31.4, ASME B31.8 y ASME B31-11 las soldaduras se pueden realizar con cualquier proceso, dentro de los que se encuentran:

- a.- SMAW: Soldadura por arco con electrodo revestido,

- b.- SAW: soldadura por arco sumergido.
- c.- GTAW: soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa (TIG)
- d.- GMAW: Soldadura por arco alambre y protección gaseosa (MIG).
- e.- FCAW: soldadura por arco alambre tubular.
- f.- OFW: soldadura oxiacetilénica
- g.- PAW: Soldadura por arco con plasma
- h.- Combinación de Procesos y Técnicas

Los métodos de soldadura pueden implementarse en combinación o por si solos, todo dependerá de las necesidades o evaluación realiza por el soldador calificado.

1.6.2 Tipos de Soldadura

Las soldaduras que engloban los Códigos para la construcción son:

- a.- Soldadura a tope
- b.- Soldadura socket weld
- c.- Soldadura de filete
- d.- Soldadura de sello

Debido a que los oleoductos y poliductos transportan líquidos peligrosos a altas presiones y temperaturas, su construcción se rige por normas extremadamente exigentes que responden a altos estándares de calidad para esto, la tubería que se utiliza en la construcción de estos ductos es básicamente de acero al carbón y se rige por el código API 5L “Specification for Line Pipe”.

La soldadura es el proceso más complejo en la construcción de oleoductos, se rige por la Norma API 1104 “Welding of Pipeline and Related Facilities” y es la que tiene mayor responsabilidad en cuanto a la seguridad e integridad del ducto se refiere, es un proceso que maneja

múltiples variables y que dependiendo de su control se reduce el riesgo o la probabilidad de falla en estas uniones soldadas.

1.7 Poliducto Pascuales –Cuenca.

Poliducto separado en dos tramos principales, involucrando el primero desde la estación de bombeo Pascuales hasta el terminal La Troncal, el segundo tramo abarca desde el terminal La Troncal hasta el terminal Cuenca.

Figura 6

Representación gráfica del trazado del poliducto Pascuales Cuenca



Nota. La figura muestra el recorrido de la tubería en el PPC. Fuente: (EP Petroecuador, 2015)

El primer tramo posee una capacidad de transporte referente a 46.500 barriles diarios contando con un tubo de acero de 10” de diámetro y abarcando una longitud de 102 km.

Respecto al segundo tramo, cuenta con un tubo de acero de 8” de diámetro y una longitud que asciende a 108 km a través del cual se transportan 30.800 barriles diarios. En total la longitud del poliducto corresponde a 215 km atravesando 13 cantones pertenecientes a la provincia de Cañar, Guayas y Azuay.

Figura 7

Volúmenes de diseño para ser transportados por el poliducto Pascuales Cuenca



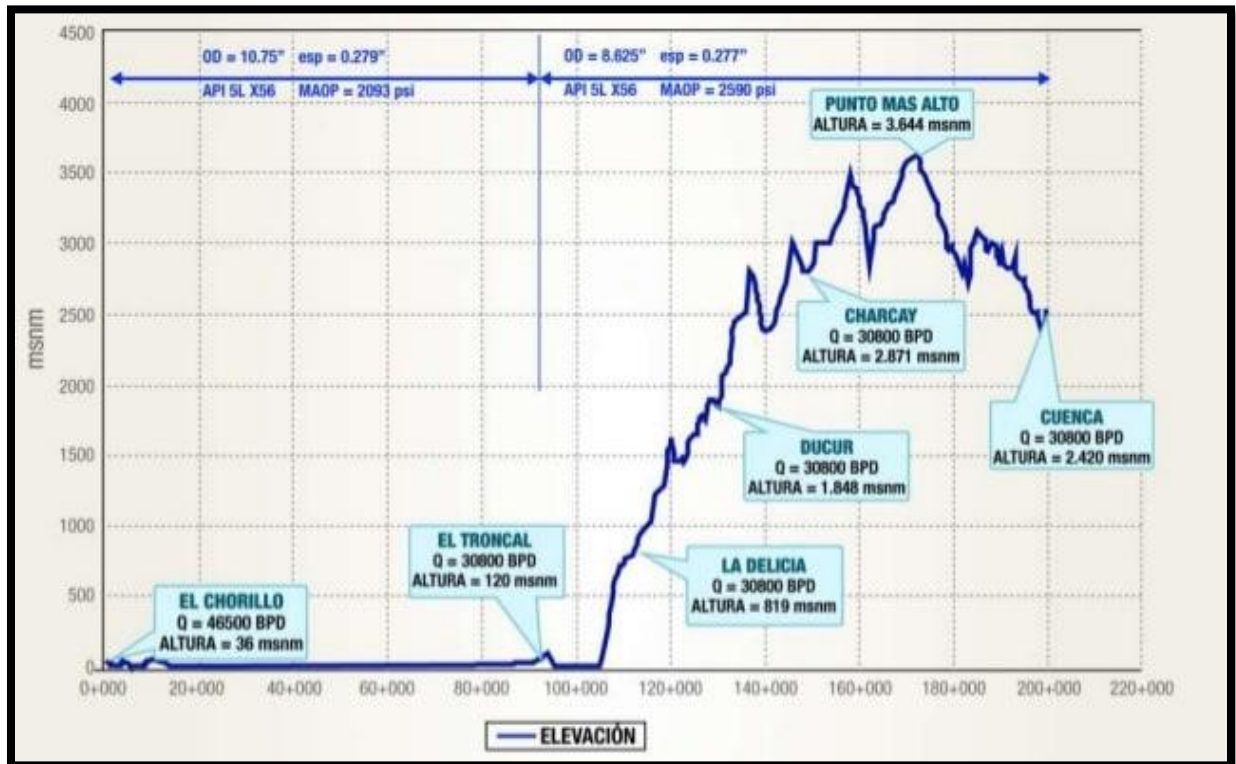
Nota. La figura muestra las longitudes de cada tramo del PPC. Fuente: (EP Petroecuador, 2015)

Previa a su implementación, expresando los datos en galones, diariamente se transportaba desde el terminal Pascuales hasta el terminal Cuenca un total de 463 mil galones de combustible mediante auto tanques, valores que presentan un incremento exponencial con el poliducto Pascuales - Cuenca que moviliza 1,95 millones de galones en el mismo periodo (EP Petroecuador, 2015).

Entre los beneficios, adicional al ahorro de costos relacionados al transporte por carretera, también surge la reducción de 2,7 mil toneladas de CO₂ emitidas anualmente al dejar de circular 200 de estos vehículos, haciendo la distribución más segura controlada por cuatro estaciones que son El Chorrillo, La Troncal, Pascuales y Cuenca.

Figura 8

Representación del perfil poliducto Pascuales Cuenca



Nota. La figura muestra las longitudes de cada tramo del PPC. Fuente: (EP Petroecuador, 2015)

El poliducto está diseñado para transportar los productos limpios y GLP para cubrir la demanda total prevista hasta el año 2030. La gasolina y diésel se moviliza desde el terminal de almacenamiento Pascuales mientras el GLP desde el terminal de almacenamiento El Chorrillo, siendo receptadas por el terminal La Troncal y Cuenca. Los productos en mención se movilizan desde Pascuales y el Chorrillo hasta La Troncal, siendo una parte recibida para el despacho a los autos tanques y su posterior abastecimiento de centrales de comercialización. Lo restante se bombea hacia el Terminal Cuenca por medio de bombeo, siendo la primera la estación La Troncal ubicada específicamente en el km 103 de la vía Panamericana Guayaquil – Cuenca, seguido de La Delicia ubicada en el km 119, Ducur en el km 138 y finalmente Charcay en el km 158. Estas

estaciones fueron construidas para bombear un máximo de 30,8 mil barriles diarios (Quistial B. I. C, 2019).

1.8 Sistema de filtración

Según Perry y Robert H en su Manual del ingeniero químico 3ª edición, La filtración es una técnica de separación por la cual se hace pasar una mezcla sólida, líquida o gaseosa a través de un medio poroso o medio filtrante que forma parte de un dispositivo denominado filtro, donde se retiene la mayor parte de los elementos sólidos de la mezcla

La fuerza impulsora para que el líquido atraviese el filtro es la que ejerce la presión cuando aplicamos el vacío al sistema. Es el método más rápido y a veces permite la filtración de aquellas suspensiones en las que la fuerza de gravedad no es suficiente para el proceso.

Separar un sólido de un líquido, cuando lo que se quiere recuperar es el sólido. Ofrece una menor superficie de filtración para recoger mejor el sólido. El hecho de aplicar la succión con vacío permite acelerar la velocidad de filtración. (UB-EDU, 2020)

1.8.1 Filtro

La variedad de dispositivos de filtración o filtros es tan extensa como las variedades de materiales porosos disponibles como medios filtrantes y las condiciones particulares de cada aplicación:

1.8.2 Selección de filtros

A la hora de seleccionar un equipo de filtración, generalmente se requiere de un estudio de las especificaciones del elemento a retener y la capacidad de filtración basados en los volúmenes que se pretenden filtrar. Los factores a considerar relativos del proceso que suelen citarse son:

- a.- Condiciones del proceso (que se va a filtrar líquidos, sólidos o gases).
- b.- Parámetros de funcionamiento (presión, caudal).

Por su parte, los criterios del equipo de filtración a estudiar suelen ser:

- a.- Tipo de ciclo: continuo o por lote.
- b.- Fuerza de impulsión.
- c.- Caudales admisibles.
- d.- Calidad de la separación.
- e.- Fiabilidad y mantenimiento.

1.9 Software de diseño AutoCAD

En 1982 fue lanzada la primera versión del software de modelado AutoCAD. Las primeras versiones eran herramientas sencillas para crear gráficos 2D básicos, además, eran muy lentas y solo incluían lo básico para desarrollar estos gráficos bidimensionales, incluso, a pesar de todas estas condiciones, tuvo éxito porque proporcionó una forma económica de ingresar al mundo del Diseño Asistido por Ordenado CAD (Computer Aided Design). Sin embargo, existían otros programas CAD los cuales se adquirirían con una significativa inversión financiera incluyendo que la computadora donde se deseaban ejecutar debía poseer ciertas características informáticas para su uso el cual inflaban la inversión económica. En la actualidad, con el fácil acceso a un ordenador, cualquiera puede usar AutoCAD como una forma de plasmar y transmitir ideas. AutoCAD se ha convertido en una herramienta que se encuentra al alcance de todos para ser usada. (Aguilera, 2018)

La flexibilidad y la facilidad que presenta sus menús de navegación lo han convertido en un estándar común, debido a las facilidades que presta para:

a.- El gráfico se realiza de forma rápida y de manera ágil, con acabados impecables y sin imperfecciones que veríamos si tuviera que hacerse a mano.

b.- Presta las facilidades para el intercambio de información no solo en papel sino también a través de archivos, lo que representa una mejora en la velocidad y eficiencia a la hora de interpretarlas las gráficas, especialmente en el dominio 3D.

c.- Gracias a las herramientas de gestión de proyectos, se puede compartir información de manera eficiente e instantánea. Esto es útil para trabajos con ensambles, verificación y contrastar cotas, así como el diseñar de manera general.

Las opciones antes citadas tienen su importancia a la hora de finalizar y presentar un proyecto, porque contiene las herramientas para ser realizadas de manera perfecta, tanto desde el punto de vista estético como informativo ya que debe ser clara. Para alcanzar el nivel de lucidez en la información se cuenta con herramientas para realizar acotaciones de manera sencilla, planos en dos y tres dimensiones, bloques, colores, texto, etc. Así como herramientas para ser presentadas de forma realista.

1.10 Instalación isométrica

La representación más racional y en consecuencia la más utilizada en el dibujo técnico es la de un objeto o pieza en sus tres vistas: horizontal, lateral y vertical; y por medio de sus tres ejes. Es por ello por lo que es necesario señalar la importancia del dibujo isométrico ya que representan sistemas que expresan profundidad, altura y anchura.

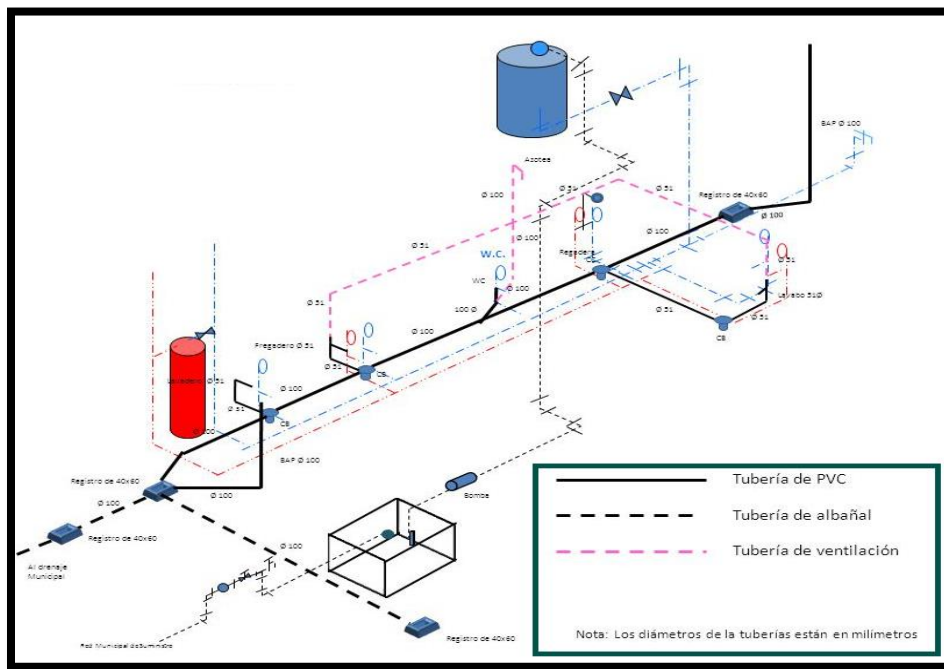
La representación gráfica de un objeto geométrico tridimensional se reduce a dos dimensiones mediante una proyección paralela basándonos en tres ejes, de tal manera que conserva sus proporciones en cada una de las tres direcciones del espacio: Altura, anchura y longitud.

La palabra isométrico significa «de igual medida» y proviene del prefijo «isos» que significa “igual” y de la palabra “métrico” que significa «medida». Por ende, isométrico se refiere a aquel dibujo tridimensional que se ha realizado con los ejes inclinados formando un ángulo de 30° con la horizontal. (Ingeniería M&S, 2020).

Su aplicación se encuentra mayormente difundida en el diseño industrial, pues se representa una pieza o instalación desde diferentes puntos de vista, perpendicular a los ejes coordenados naturales. En la arquitectura también se utiliza para representar espacios y edificios.

Figura 9

Representación isométrica de un sistema sanitario tradicional



Nota. La figura muestra un plano hidráulico típico de un isométrico domiciliario. Fuente: (Gleason, 2020)

Capítulo 2

Requerimientos y normas constructivas del sistema de filtrado

2.1 Consideraciones generales y criterio de diseño según Código ASME B31.4

El presente código para tubería a presión da respuestas escritas a solicitudes relacionadas con la interpretación de aspectos técnicos, la misma contiene un numero de secciones publicadas por individual, cada una es un Estándar Nacional Americano, de ahora en adelante cuando nos refiramos a "Código" estaremos identificando específicamente a la Sección B31.4.

El Código establece los requisitos para ingeniería que se consideran esenciales para de manera segura realizar el diseño e implementación en sistemas de tuberías sujetas a presión. Mientras que la consideración fundamental es la seguridad, este principio por sí solo no gobernará necesariamente las especificaciones finales para cualquier sistema de tubería. Por tal motivo, al diseñar se advierte que el reglamento no representa un manual de diseño, ni obvia el requerimiento del ingeniero de diseño o de un juicio competente de ingeniería para tener un buen diagrama de componentes y ensamblado en tuberías a presión para la seguridad operacional y de producción, en otras palabras, el Código manifiesta las reglas a consideran para ser interpretadas en función a las necesidades latentes.

El diseño del sistema de filtrado basado en el Código incluye las consideraciones para introducirnos en las especificaciones de los materiales que pudieran ser aceptables, así como los estándares de accesorios, los requisitos de diseño para componentes en el ensamblaje, apoyos para la tubería, asimismo los datos para la evaluación y limitación de esfuerzos como efecto de la presión, variaciones de esta presión y otras fuerzas.

A continuación, se enumerarán los pasos a seguir y a completarse para el diseño mecánico de tubería para el transporte de hidrocarburos. Para el caso de estudio se seleccionaron los ítems

que involucra el diseño de la unidad de filtrado y de esta manera se crearon los pasos necesarios enmarcados en los requerimientos.

- Condiciones y criterio basados en variables de presión, temperatura y otras condiciones medio ambientales las cuales involucra la expansión térmica y cargas de contracción.
- Diseño a presión de los componentes de tubería. Selección del diámetro de tubería y bridas, involucrando las variables de proceso como presión del fluido, caudal y velocidad.
- Cálculo del espesor mínimo basados en las presiones que maneja el sistema para ser capaz de soportar los esfuerzos tangenciales.

2.1.1 Criterios para la implementación del Sistema de Filtrado

a. Presión interna de diseño. Los componentes de la Unidad de Filtrado deberán ser diseñada en cualquier punto del sistema bajo la presión interna de diseño, la cual no debe ser menor a la máxima presión de operación en estado continuo o de descargar de la línea, esto con el objetivo de despreocupar en lo posible consecuencias por contrapresiones.

b. Temperatura. La temperatura de diseño es la que soportará el metal en condiciones normales de operación. El Código manifiesta que no es necesario variar los esfuerzos de diseño para temperaturas de metal entre -30°C y 120°C

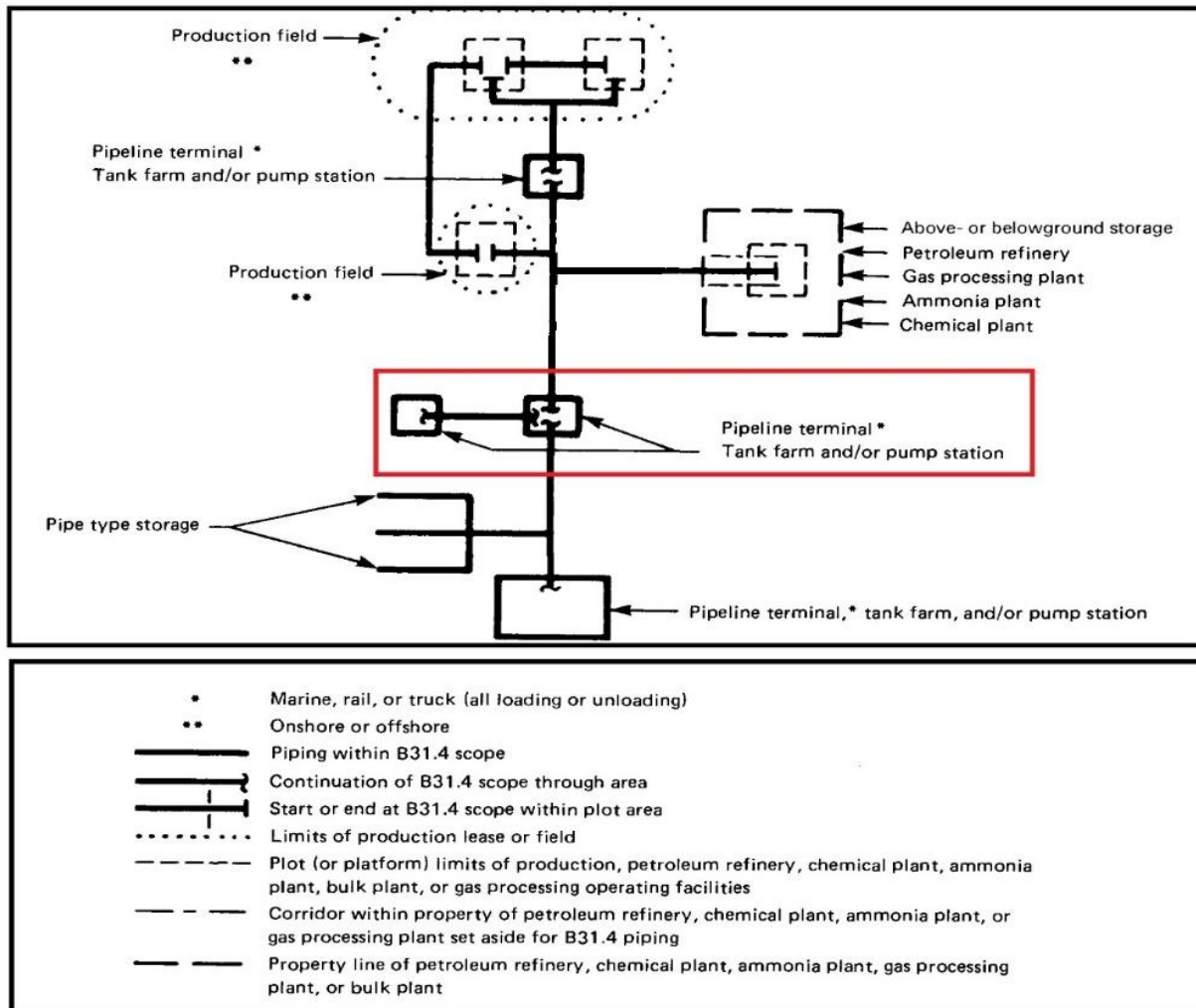
c. Vientos y temblores. La influencia medioambiental es un factor a considerar, en la cual estos componentes inciden en la configuración del diseño del sistema de filtrado, más aún en tuberías expuestas y en zonas donde se sabe que se presenta temblores de tierra.

d. Tolerancias. Corrosión; Si el sistema de filtrado estará protegido para la corrosión, la tolerancia para este factor se deprecia, por tal motivo la tolerancia para el índice de corrosión no se involucra en a formula. Roscas y ranuras; Las tolerancias para profundidades de roscas y ranuras se involucran en las fórmulas para de cálculo del espesor.

2.1.2 Sistematización de variables necesarias para el cálculo de espesor, cédula y diámetros nominales.

Figura 10

Diagram Showing Scope of ASME B31.4 Excluding Carbon Dioxide Pipeline Systems Fig. 400.1.1-1.



Nota. La figura muestra el diagrama a seguir para determinar el alcance del Código. Fuente: (ASME B31.4, 2016)

a. Alcance técnico del Código. El primer paso para diseñar cualquier sistema hidrocarburífero es determinar si la norma a emplearse cumple con el alcance requerido. La figura

4001.1 del Código ASME B31.4 refleja el diagrama que indica el alcance para determinar la idoneidad de lo emplearse.

La Unidad de Filtrado será diseñadas basado en el concepto y necesidades de la estación de bombeo La Delicia, esta unidad operativa corresponde a la categoría de “pump station” por consiguiente se encuentra considerada dentro del alcance del Código.

b. Planteamiento de fórmulas. El segundo paso para el diseño será plantear las fórmulas a ser utilizadas, así como definir conceptos y justificativos que involucran y delimitan la selección de la tubería.

Espesor nominal de pared t_n . Basados en el criterio del párrafo 403.2.1 del Código, se determina las variables involucradas para el cálculo del espesor nominal del tubo.

$$t_n \geq A + t$$

El cálculo del espesor nominal de la tubería t_n involucra al espesor de pared en función de la presión mínima por presión de diseño t , mas un espesor adicional A el cual corresponde a los espesores que se determinen por resistencia mecánica, tolerancias a los defectos, corrosión permisible y roscas.

Espesor adicional A . El factor A involucra la suma de las variables de tolerancia por: Espesor por resistencia mecánica mencionado en el párrafo 403.1, tolerancia de espesor de la pared y tolerancia de los defectos citado en el párrafo 403.2.2, corrosión permisible descrito en el párrafo 403.2.3, y por último el ranurado y roscas descrito en el párrafo 403.2.43. La suma de estas tolerancias tiene el propósito de aumentar la medida de protección con base al incremento de la pared de la tubería.

$A = \text{Resistencia} + \text{Profundidad de rosca} + \text{Corrosión permisible}$

Espesor en función a la presión de diseño t . El valor t se calcula teniendo en cuenta el hallar los siguientes factores.

$$t = \frac{P_i D}{2 S}$$

El cálculo de la variable t involucra el hallar los valores tolerables en función de las tensiones a las cuales la tubería estará sujeta, también denominado valor permisible y representado con la letra S , para el efecto se debe considerar los siguientes factores.

$$S = F * E * S_y$$

Factor de diseño F . Para definir el factor F , el Código representa el valor de tolerancia de espesor máximo que enmarca las imperfecciones previstas en las especificaciones para tener un factor de seguridad. El valor F proporcionado por el código es de 0.72.

2.1.3 Cálculo de espesor de pared de la tubería y accesorios a ser utilizados

a. Diámetro externo de la tubería, Outsider Diameter OD . En función del diámetro nominal de tubería que se tiene en el Tramo II del Poliducto Pascuales-Cuenca de 8 pulgadas (Grupo TEPSI, 2015) y, con la utilización de la tabla ASME B36.10 se procede a determinar el diámetro externo de la tubería. La tabla antes citada estandariza las especificaciones respecto a dimensiones y tamaños que deberá tener la tubería de acero al carbono y los accesorios a ser empleados en el montaje. La norma incluye el tipo de tubería a utilizar en función del tipo de fabricación como soldados o sin costura, o si serán aplicados para altas o bajas temperaturas.

Tabla 1

Dimensión de tubería forjada soldada y sin costura.

Dimension of welded and seamless wrought pipe		
Nominal Pipe Size (NPS)	Outsider Diameter (OD)	
	Inches	mm
8	8.625	219.1

Nota. La tabla muestra el diámetro externo de la tubería en función del diámetro nominal.

Fuente: (ASME B36.10, 2015)

b. Calidad de soldadura para tubería, factor E. La tabla 403.2.3-1 expuesta en el Código establece el valor del factor E, el cual corresponde al componente de calidad de soldadura para tuberías.

Tabla 2

Factores de unión soldada aplicables a especificaciones de tuberías comunes.

Weld Joint Factors Applicable to Common Pipe Specifications		
Specification	Grade	Weld Joint Factor, E
Seamless		
ASTM	All	1.00

Nota. La tabla muestra el valor de la variable E según el tipo de tubería a utilizar. Fuente:

(ASME B31.4, 2016)

Por norma, la tubería utilizada en el sector hidrocarburífero corresponde al tipo sin costura (ASME B31.4, 2016), el factor de calidad de la junta (Al ser una tubería que no se encuentra con suelda longitudinal) el componente E tiene un valor de 1.

c. Resistencia a la cedencia S_y . El factor de elasticidad permisible o resistencia de cedencia mínima es un valor requerido para determinar la propiedad de fluencia del material. La tabla 6 de la norma API 5L determina el valor de fluencia de la tubería a ser utilizada en sectores hidrocarburífero.

Tabla 3

Requisitos según los resultados de las pruebas de tracción para tuberías.

Requirements for the results of tensile tests for pipe			
Pipe grade	Pipe body of seamless and welded pipe		
	Yield strength	Tensile strength	Elongation
	(psi)	(Psi)	
L245 or B	35500	60200	c

Nota. La tabla muestra el valor de la variable S_y en función del grado de tubería. Fuente: (Tabla API 5L, 2020)

d. Esfuerzo admisible S . Con las variables antes descritas, se procede a reemplazar los datos en la fórmula de esfuerzo admisible.

Donde:
 F = Design factor based on nominal wall thickness (0.72)
 E = Weld joint factor as specified (1)
 S_y = Specified minimum yield strength of the pipe (35500 psi)

$$S = F * E * S_y$$

$$S = 0.72 * 1 * 35500 \text{ psi}$$

$$S = 25560 \text{ psi}$$

e. Espesor de diseño t . Se sustituyen los datos en la siguiente fórmula para obtener el espesor que satisface la presión del sistema.

Donde:

P_i = Internal design gage pressure (2000 psi)

D = Outside diameter of pipe (8.625 in)

S = Applicable allowable stress value
(25560 psi)

$$t = \frac{P_i D}{2 S}$$
$$t = \frac{2000 \text{ psi} * 8.625 \text{ in}}{2 * 25560}$$
$$t = 0.337 \text{ in}$$

f. Espesor adicional A. La norma ASME establece que la corrosión permisible para el acero al carbono será de 1/16 pulgadas. Para el cálculo es la única variable a considerar.

Donde A involucra la suma de las variables de tolerancia por:

Espesor por resistencia mecánica (403.1)

Tolerancia de espesor de la pared y tolerancia de los defectos (403.2.2)

Corrosión permisible (403.2.3)

Ranurado y roscas (403.2.43)

$A = \textit{Threading} + \textit{Grooving}$

$+ \textit{Corrosion and erosion}$

$$A = 0.0 + 0.0 + \frac{1}{16} \text{ in}$$

$$A = 0.0625 \text{ in}$$

g. Espesor nominal t_n . Se remplaza valores previamente hallados.

t_n = Nominal wall thickness satisfying requirements for pressure and allowances

t = Pressure design wall thickness as calculated in inches.

A = Sum of allowances for threading, grooving, corrosion and erosion

$$t_n \geq t + A$$

$$t_n \geq 0.337 \text{ in} + 0.0625 \text{ in}$$

$$t_n \geq 0.399 \text{ in}$$

h. Espesor de fabricación mínimo para pared de tubería. Este valor se determina tomando en cuenta errores que pudieron existir en el proceso de fabricación de la tubería, con la utilización de la siguiente ecuación.

$$t_n = \frac{t_m}{0.9} = \frac{0.399 \text{ in}}{0.9} = 0.443 \text{ in}$$

i. Factor Schedule SCH y GDB. GDB o grado B, se refiere al sistema que identifica y categoriza la resistencia de los materiales de las tuberías de acero. En la industria petrolera el tipo

de tubería de acero utilizada posee aproximadamente la misma composición química, la diferencia entre tubería radica en el tipo de tratamiento térmico, por tal razón este sistema de clasificación designa la resistencia de la tubería fabricada y utilizada.

Basados en la siguiente tabla, se establece las especificaciones estándar para tuberías y accesorios de acero al carbono bajo ciertos parámetros a ser implementada en el diseño, con esto se selecciona el factor Schedule SCH 80 GDB (Tubería sin costura, extra strong) y el diámetro de tubería de 8 inches, estas especificaciones se emplearán para la construcción de la unidad de filtrado.

Tabla 4

Dimensiones y pesos de tubos de acero forjados soldados y sin costura.

Dimensions and Weights of Welded and Seamless Wrought Steel Pipe							
NPS	Customary Units			Schedule (SCH)	SI Units		
	Outside Diameter	Wall Thickness	Plain End Weight		Outside Diameter	Wall Thickness	Plain End Mass
	(in)	(in)	(lb/ft)		(mm)	(mm)	(kg/m)
8	8.625	0.500	43.43	80	219.1	12.7	64.64

Nota. La tabla muestra las especificaciones para las tuberías, accesorios y válvulas que deberá poseer la unidad de filtrado para satisfacer las necesidades descritas en el procedimiento (La fuente citada se encuentra en concordancia con la norma ASTM A-106 GRB y API-5L Sin costura). Fuente: (ASME B36.10, 2015)

2.2 Requerimiento y proceso de soldadura según API 1104

El diseño de la unidad de filtrado involucra la especificación estándar API 1104 la cual califica los procedimientos y requerimientos de soldadura de acero al carbono y componentes de

baja aleación, el alcance de esta involucra la construcción y mantenimiento de líneas a ser utilizadas en la compresión, transporte, transmisión y distribución de petróleos y sus productos refinados. Para realizar uniones por arco eléctrico de alta calidad la norma estandariza los procedimientos de soldadura, materiales involucrados, equipos y calificación de soldadores.

Para el caso de estudio, el procedimiento se realizará bajo soldadura WPS y calificación PQR para juntas a tope con ranura en V, espesor de 0.5” y diámetro 8” en líneas de transporte de derivados de hidrocarburo con tubería de acero de bajo contenido de carbono factor Schedule 80.

El diseño se realizará con el proceso de soldadura SMAW, los electrodos propuestos serán determinados bajo la norma para unión de relleno y elementos en contacto en justas a tope. Para el trabajo en mención, no se detallarán costos de implementación ni evaluaciones económicas, y, al ser una propuesta, se descarta involucrarse en cantidades referente a consumibles en cada etapa del diseño.

2.2.1 Términos y definiciones

WPS (Welding Procedure Specification). WPS es la especificación del procedimiento de soldadura, diagrama o grafica que muestra de manera completa el procedimiento para realizar la unión a soldar, en estos documentos se indica el material base a soldar, material de aporte, relleno, posición, velocidad de unión, modelo de junta o progresión, temperaturas, técnica.

Una vez realizado el procedimiento WPS este debe someterse a ensayos para validar su efectividad, una vez aprobado, este debe ser entregado a los soldadores calificados que realizarán el trabajo.

PQR (Procedure Qualification Record). El registro de calificación del procedimiento. Antes de realizar un WPS se consideran las ideas de los soldadores calificados e involucrados en el montaje, estas ideas son plasmadas en la práctica y luego llevadas en forma de probetas al laboratorio para realizarse ensayos y verificar su efectividad, si los resultados son satisfactorios se obtiene un registro exitoso o un PQR por haber generado una unión de soldadura exitosa. Con un PQR exitoso será añadido a uno o varios WPSs según la necesidad.

CWI (Certified Welding Inspector). Acreditación internacional reconocida por la industria de la soldadura. Para la elaboración de los procedimientos WPS la AWS certifica a los responsables de este proceso, el objetivo elevar los estándares de calidad y cumplir con los requerimientos del mercado global.

Los WPS Y PQR son registro de soldaduras ya realizados con éxito, por tal motivo, es necesario que estas sean repetibles por presentar estabilidad en los análisis de laboratorio. Involucrados a este procedimiento se encuentra el CWI el cual tiene el conocimiento práctico de la inspección y la pericia para reconocer los procesos y anomalías en la suelda.

AWS (American Welding Society). La Sociedad Americana de Soldadura rige y contribuye al entorno de los procesos de soldadura, este código americano es usado para las técnicas de corte y unión donde se incluyan soldaduras.

Proceso de soldadura SMAW (Shielded Metal Arc Welding). Soldadura por arco es el nombre que se le da al proceso de unir piezas de metal. Un arco eléctrico produce elevadas temperaturas que tienen el propósito de fundir la superficie de las piezas a unirse o metales base conductores, esos metales se derriten y al enfriarse se fusionan.

2.2.2 Criterios para el proceso de soldadura

Alcance de la norma estándar API 1104. La norma a ser utilizada en el diseño de la Unidad de Filtrado cubre el tipo de soldadura por arco eléctrico a emplearse, el estándar especifica ser aplicable para tuberías de acero al carbono y de baja aleación utilizadas en todas las fases del entorno hidrocarburoso.

De la misma manera, la norma cubre los procedimientos para ensayos no destructivos como partículas magnéticas, radiografía, tintas penetrantes y pruebas de ultrasonido.

La norma describe que todo trabajo a realizarse bajo esta especificación se considere requisito. Con ese sentido, la norma aclara que, se pretende ser exhaustiva, pero se puede dar el caso que no aborde todos los requerimientos que puedan surgir, como consecuencia, no se debe considerarse prohibitiva para una actividad a realizarse y, por consiguiente, la aplicación se basará en el buen juicio de la ingeniería. (API Standard 1104, 2018)

2.2.3 Procedimiento de soldadura

Los apartados quinto y sexto de la norma API 1104 enuncia los requisitos indispensables para la elaboración del procedimiento de soldadura, la finalidad de calificar el procedimiento antes de la aplicación de la soldadura tiene la importancia de detallar el procedimiento de soldadura unificado WPS y elaborar el registro de calificación PQR. Al finalizar las actividades de soldaduras estas se liberan siempre y cuando se hayan analizado la calidad de soldadura mediante ensayos no destructivos y pruebas hidrostáticas.

a. Material base para el proceso de soldadura

Como punto inicial para la realización del proceso de soldadura es identificar el tipo de material al cual será sujeto el procedimiento (Párrafo 5.3.2.2 - API 1104). El cálculo desarrollado para

obtener la tabla 4 con la utilización de la tabla ASME B36.10 muestra que el factor Schedule de la tubería corresponde a 80, con este dato procedemos a determinar las características del material base. (ASME B36.10, 2015)

Tabla 5

Composición química de la tubería.

Chemical composition %			
C Max	Mn Max	P Max	S Max
0.3	1.2	0.05	0.06

Nota. La tabla muestra la composición máxima de cada elemento en la elaboración de la tubería.

Fuente: (Quito IA, 2021)

Tabla 6

Propiedades mecánicas de la tubería.

Mechanical properties				
Mechanical strength		Point of fluence		Elongation %
Kg/mm²	Psi	Kg/mm²	Psi	Min
42.2	60000	24.6	35000	30 – 35

Nota. La tabla muestra las propiedades mecánicas de la tubería. Fuente: (Quito IA, 2021)

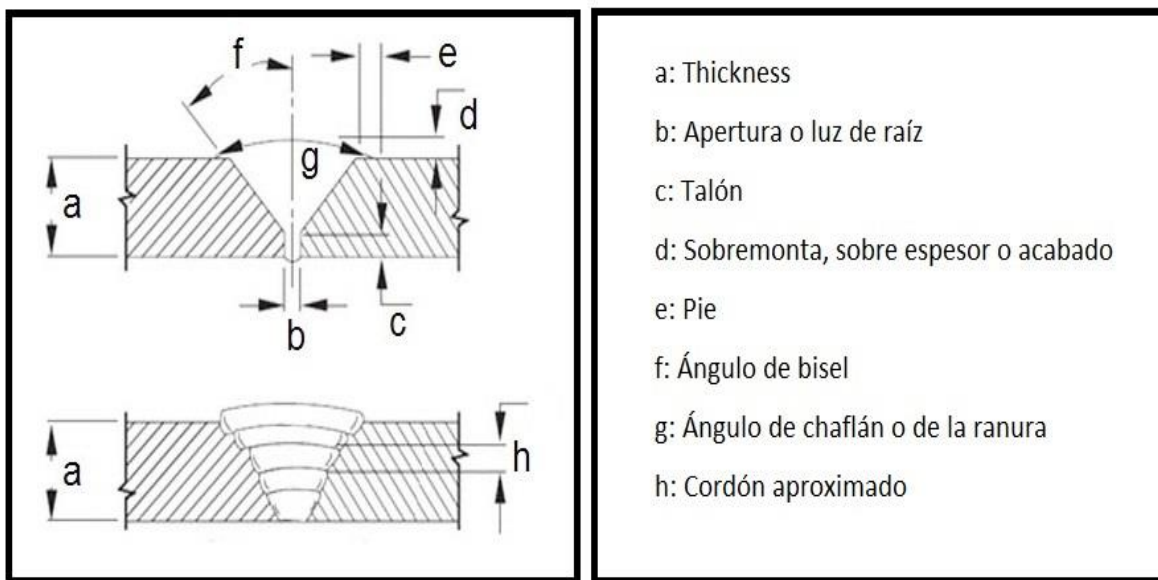
b. Diámetro y espesor de pared. El párrafo 5.3.2.3 - API 1104-2018 establece el identificar el diámetro exterior de la tubería como requisito para desarrollar el diseño con sus

respectivos tamaños de la junta. El estándar API 5L identificada en la tabla 4 muestra este valor el cual corresponde a 8.625 in con un espesor de 0.50 in.

c. Diseño de junta a emplear. Con el diámetro externo de la tubería y basados en el párrafo 5.3.2.3 - API 1104-2018 el cual especifica el desarrollo del boceto de la unión a soldar, y cumpliendo con las variables a mostrar en el boceto como el ángulo del bisel, el tamaño de abertura o luz de raíz (Cara de la raíz o espacio entre miembros en contacto), tamaño y forma de la soldadura, se procede a desarrollar la gráfica.

Figura 11

Standar V bevel butt joint and Sequence of beads.



Nota. La figura muestra la junta en V a realizar en el bisel de la tubería y la secuencia de los cordones. Fuente: (API Standard 1104, 2018)

Tabla 7*Diseño de junta, tolerancia y detalles.*

Tolerancia y detalle							
Thickness	Luz	Talón	Acabado	Pie	Ángulo bisel	Ángulo ranura	Cordón o relleno
in	Aprox. in	in	in	in			Aprox. in
0.5	1/16	1/16 ± 1/32	1/32 ± 1/16	1/16	30° ± 5	70°- 75°	1/8

Nota. La tabla muestra las medidas a establecer en el proceso de soldadura según el espesor de la tubería. Fuente: API 1104 (2018).

d. Metal de aportación y número de pases. Para la selección del electrodo se debe buscar el que coincida con las propiedades de composición y resistencia del material base, el diseño de la junta de la tubería, espesor, tipo de corriente a utilizar, características del acabado y velocidad requerida para las actividades.

El anexo 1 y 2 muestran el manual para la selección de electrodos, en el mismo se especifica la composición química (Metal de aportación debe ser compatible con metal base para asegurar la mezcla) y propiedades mecánicas que estos poseen, de la misma manera muestran las variables a las cuales se rigen para la selección del material de aporte.

El número de pases a realizarse serán 4, el de raíz, caliente, relleno y presentación.

Tabla 8

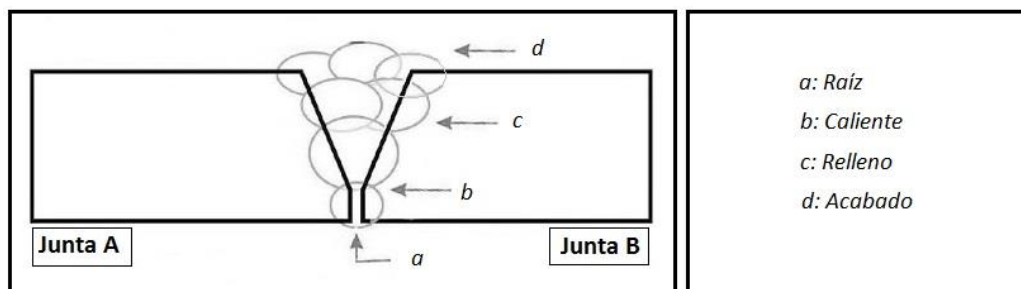
Electrodos seleccionados basados en la especificación AWS A5.5M.

Pases de soldadura y ficha técnica			
Distintivo	Pase 1	Pase 2	Pase 3 y 4
	Raíz	Caliente	Relleno y acabado
Clasificación	AWS A5.5 M	AWS A5.5 M	AWS A5.5 M
Electrodo	E8010 G	E9010 G	E9010 G
Diámetro (in)	$\frac{5}{32}$	$\frac{5}{32} - \frac{3}{16}$	$\frac{5}{32} - \frac{3}{16}$
Vel. Avance (in/min)	15 - 20	12 - 16	12 - 16
Progresión	Descendente	Descendente	Descendente
Tensión	DC Positivo	DC Positivo	DC Positivo

Nota. La tabla muestra ciertas características de los tipos de electrodos utilizado en cada pase de la junta. Fuente: **Fuente especificada no válida.**

Figura 12

Pases de soldadura a emplearse basados en el estándar API 1104-2018.






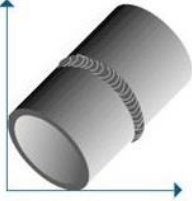
Nota. La figura muestra las especificaciones del procedimiento WPS a emplearse. Fuente: Autores.

e. Características eléctricas. Se designará la polaridad y corriente, para cada pase se deberá especificar el rango de voltaje, amperaje, tipo de electrodo o varilla.

f. Certificación de soldador en función de la posición de tubería. La especificación designa el tipo de soldadura basados en la necesidad, para el presente caso los requerimientos exigen del tipo soldadura múltiple posición 6-G con inclinación promedio de 45 grados y sin rotación de tubería.

Figura 13

Calificación de soldadura basados en la posición de junta.

Plano	Horizontal	Vertical	Sobrecabeza
<p>La tubería se rota mientras se suelda</p>  <p>1G</p>	 <p>2G</p>	<p>La tubería no se rota mientras se suelda</p>  <p>5G</p>	<p>$45^\circ \pm 5^\circ$</p>  <p>6G</p>

Nota. La figura muestra la posición del eje de la soldadura en los diferentes planos de soldar.

Fuente: **Fuente especificada no válida..**

g. Dirección de soldadura. La especificación designa la progresión de la soldadura. La dirección seleccionada será descendente en cada cordón a realizar, la dirección y el tipo de electrodo revestidos asegura alta penetración de en la raíz, poca escoria y mejor uniformidad del cordón por su rápida solidificación.

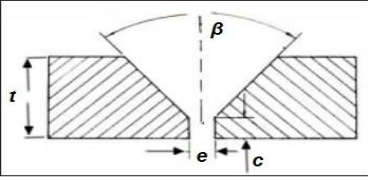
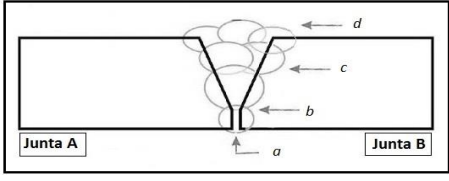
h. Tiempo entre pase. Los tiempos entre finalización de pase raíz y los nuevos pases serán determinados basados en la calidad de soldadura en coordinación con el CWI los cuales deberán registrar las observaciones en la ficha PQR (Anexo 4).

i. Limpieza y/o esmerilado. Eliminación de escoria con ayuda de herramientas mecánicas; utilización de disco abrasivo y grata circular.

2.2.3 Procedimiento de soldadura WPS y registro PQR a emplear

Figura 14

Procedimiento de soldadura WPS en función de los requerimientos API 1104.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)											
Nombre de la compañía: UPS MAESTRIAS			WPS No:		WPS - UPS - 001						
Según norma: API 1104 - Standard for Welding Pipelines and Related Facilities			Revisión:								
			Fecha revisión:								
			Relizado por:								
Módulo I			Junta utilizada			Módulo II			Posición de soldadura		
Tipo de junta:			A tope			Tipo de soldadura:			6-G		
Abertura raíz (e):			3.0 ± 0.5 mm			Progresión:			Descendente		
Talón (c):			3.0 ± 0.5 mm			Técnica:			Varios pases		
Ángulo de ranura (β):			70° ± 5°			Módulo III			Precalentamiento		
Placa de respaldo:			No			Temperatura			N/A		
Preparar bisel:			Si			Tiempo entre pases			N/A		
Módulo IV			Metal base			Módulo V			Técnica de soldadura		
Especificación:			SCH 80 GDB			Soldadura de:			Ranura		
Espesor:			0.50 in			Proceso de soldadura:			SMAW		
Diámetro:			NPS 8 in			Tipo de soldadura:			Manual		
Módulo VI			Metal de aporte			Soldadura a:			Un lado		
Proceso:			SMAW			Cordón de respado:			No		
Diámetro:			5/32 in			Pase multiple o simple:			Múltiple		
Denominación AWS:			E8010 G			Tipo de cordón de suelda			Oscilante		
Módulo VII			Gas de protección			Limpieza (Primer pase)			Grata		
Tipo:			N/A			Limpieza (Siguietes)			Grata		
Caudal:			N/A			Módulo VIII			Notas		
Módulo IX			Electrodo			Asegurar limpieza de ls partes					
Denominación AWS:			E8010 G			Verificar alineación de junta					
Detalle de la junta											
											
Módulo X - Cuadro de las variables de operación											
No de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (V)	Vel. Avance (in/min)	Progresión	Técnica soldadura			
	Clase	Diámetro (In)	Tipo y polaridad	Intensidad (A)				Oscilado	Recto		
a	E8010 G	5/32	DC +	120 - 155	18 - 20	15 - 20	Descendente		X		
b	E9010 G	3/16	DC +	150 - 180	18 - 20	12 - 16	Descendente	X			
c - d	E9010 G	3/16	DC +	150 - 180	18 - 20	12 - 16	Descendente	X			
Realizado por:			Verificado por:			Aprobado por:					
Firma:			Firma:			FirmB16:K36:					
Fecha:			Fecha:			Fecha:					

Nota: La figura muestra la ficha WPS a ser utilizado (Ver anexo 3). Fuente: Autores

Figura 15

Registro de calificación de procedimiento de soldadura (PQR).

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)					
Nombre compañía:	UPS MAESTRIAS		Inspector:		
Según norma:	API 1104 - Standard for Welding Pipelines and Related Facilities		WPS No:	WPS - UPS - 001	
Nombre del soldador:		CI:		Código No:	
Proceso de soldadura:					
Manual:	X	Semiautomático:		Automático:	
SAW:		GMAW:		SMAW:	
Material base:		Espesor:		Díametro:	
Tipo de soldadura:		Abertura raíz:		Talón:	
Posición de soldadura:		Tiempo de soldadura:		Metal de aporte:	
Metal de aporte:		Díametro:		Especificación:	
Electrodo:		Díametro:		Especificación:	
Gas de protección:		Tipo:		Caudal:	
Pre calentamiento:		Temperatura entre pases:			
Tipo de máquina a soldar:		Potencia máquina:			
Parámetros de soldadura:					
Pase No:	Raíz	Caliente	Relleno	Presentación	
Proceso:					
Tipo de electrodo:					
Especificaciones:					
Díametro:					
Material de aporte:					
Especificaciones:					
Díametro:					
Velocidad de soldadura (in/min):					
Voltaje:					
Amperaje:					
Dirección: D-↑ A-↓					
Tipo de corriente y polaridad:					
Código del soldador:					
Exámenes					
Ensayos no destructivos					
Inspección visual:		Calificado		Descalificado:	
Tintas penetrantes:		Partículas magnéticas:		Gammagrafía:	
Resultados					
Ensayos destructivos					
Ensayo de tracción:		Resultados:			
Ensayo de doblado:		Resultados:			
Realizado por:		Verificado por:		Aprobado por:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

Nota: La figura muestra la ficha PQR a realizar en cada trabajo de soldadura (Ver anexo 4).

Fuente: Autores

Capítulo 3

Selección de componentes constructivos y elaboración de isométricos

3.1 Selección de componentes y cantidades para diseño

Los cálculos hallados determinaron el tipo de tubería a ser utilizados, la ASTM A-106 GRB y API-5L proporcionan los estándares para cada diámetro de tubería a montar basados en requerimientos operacionales y condiciones externas, además, la norma específica que la selección de diámetro de tubería para elementos secundarios está a consideración del criterio técnico del ingeniero que realizará el diseño del sistema sin perder el horizonte y recomendaciones de la norma.

3.3.1 Selección de filtro

Tabla 9

Características del filtro tipo “canasta” con tapa bridada.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]						
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTIDAD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]			
			ESPAÑOL [SPANISH]		INGLES [ENGLISH]	
FILTRO Y ELEMENTO FILTRANTE [STRAINER TYPE "Y"]						
1	8"		FILTRO "CANASTA", ANSI, RESALTADA, ASTM-A216 WCB, PERFORADA "X"	TIPO 300# CARA GR MALLA MESH "X"	STRAINER "BASKET", RAISED FLANGED ENDS, A216 GR WCB PERFORATED MESH "X"	TYPE ANSI, FACE ASTM- BODY, SCREEN

Nota: La tabla muestra las especificaciones del filtro. Fuente: (ASTM A216 GR WCB, 2018).

El apartado ASTM-A216 contiene las tablas para la selección de accesorios constructivos.

Basados en los cálculos hallados previamente en el capítulo 2 se realiza a selección del tipo de filtro a ser utilizado, la extensión Gr WCB, determina el material del cuerpo del accesorio, W, las propiedades de soldabilidad, C, material de acero fundido y B, propiedades mecánicas previamente halladas.

3.1.2 Tubería

En la tabla 9 se especifica los tipos de tuberías a ser utilizado para cada subsistema, la selección se encuentra en concordancia con las normas que rigen el diseño estructural de componentes hidrocarbúrico.

Cada selección de tubería se encuentra en función de su nivel de utilización y servicio. La selección STD se da en relación que la tubería de 1" no está sometida a presiones permanentes, únicamente su esfuerzo estará bajo el procedimiento de drenaje.

La selección SCH-160 para las líneas conectada al diferencial de presión de 3/4" está en función a la variable presión a la que estará sometida de manera constante.

Tabla 10

Tubería de acero al carbono sin costura para servicio hidrocarburihero.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTIDAD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
			ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
TUBERIA [PIPE]				
1	3/4"		TUBERIA, CEDULA 160, ASTM-A106 GR B O API -5L SIN COSTURA	PIPE, SCH 160, ASTM- A106 GR B/API-5L GR B SEAMLESS
2	1"		TUBERIA, CEDULA STD, ASTM-A106 GR B O API -5L SIN COSTURA	PIPE, SCH STD, ASTM- A106 GR B/API 5L GR B SEAMLESS
3	8"		TUBERIA, CEDULA STD, ASTM-A106 GR B O API -5L SIN COSTURA	PIPE, SCH STD, ASTM- A106 GR B/API 5L GR B SEAMLESS

Nota: La tabla muestra las especificaciones de tubería seleccionadas para el diseño. Fuente:
(ASTM-A106 GR B , 2018).

3.1.3 Accesorios

La norma ASTM en el apartado A234 GB WPB establece las especificaciones estándar para los accesorios de las líneas de acero al carbono y aleaciones, para los tipos soldados y sin

costuras y para temperaturas elevadas moderadas, todas las especificaciones basadas en tuberías sometidas a presión.

Tabla 11

Descripción y selección de accesorios.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO	CANTIDAD	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
	[SIZE (IN)]		ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
ACCESORIOS [FITTINGS]				
1	8"		CODO DE 90 GRADOS, RADIO LARGO, CEDULA STD, ASTM-A234 GR WPB	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, SCH STD, ASTM-A234 GR WPB
2	8"		TE RECTA, CEDULA STD, EXTREMOS BISELADOS, ASTM-A234 GR WCB	STRAIGHT TEE, SCH STD, ASTM-A234 GR WPB

Nota: La tabla muestra las especificaciones de los accesorios a ser utilizados. Fuente: (ASTM-A234 GR WCB, 2018)

3.1.4 Conexiones

Para definir la seguridad de accesorios en las tuberías y cumplir con las regulaciones aplicables de seguridad, ASME delimitó el apartado B16.11, esta cubre la clasificación, dimensiones, tolerancia y requisitos para encaje de accesorios roscados y soldados. La norma delimita que para accesorios de extremo roscados se establece la Clase 2000, 3000 y 6000, para el caso del Sistema de Filtrado se define la clase 3000, 6000 y 9000 para accesorios de extremo de soldadura.

Tabla 12

Selección de salidas de derivación Socket Weld.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
	TAMAÑO	CANTIDAD	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
ITEM	[SIZE (IN)]	[QTY]	ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
CONEXIONES [OLETS]				
1	8"x1"		SOCKOLET, 8"X1" ND, 3000 LB, BWXS, 13/16" LG, ASME B16.11	SOCKOLET, 3000 LB, BWXS, 13/16" LG, ASME B16.11
2	8"x3/4"		SOCKOLET, 8"X3/4" ND, 3000 LB, BWXS, 9/16" LG, ASME B16.11	SOCKOLET, 3000 LB, BWXS, 9/16" LG, ASME B16.11, ASTM A105

Nota: La tabla muestra las especificaciones de sockolet seleccionados para el proyecto. Fuente: (ASME-B16.11)

3.1.5 Bridas

La ASTM proporciona para la selección de componentes de tubería de acero al carbono para servicio hidrocarburífero bajo presión la especificación A105, en esta se incluye las bridas y demás accesorios similares. Los materiales constructivos están sometidos a tratamientos térmicos y cumplen con las composiciones químicas que rige la norma, así como las características mecánicas de resistencia a la tracción, límite elástico y dureza.

Tabla 13

Especificaciones y selección de bridas.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTIDAD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
			ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
BRIDAS [FLANGES]				
1	$\frac{3}{4}$ "		BRIDA DE INSERTO SOLDABLE, 300LB ANSI, CEDULA 160, CARA RESALTADA, ASTM-A105	SOCKET WELD FLANGE, 300LB ANSI, SCH 160, RAISED FACE, ASTM-A105
2	1"		BRIDA DE CUELLO SOLDABLE, 300LB ANSI, CEDULA STD, CARA RESALTADA, ASTM-A105	WELDED NECK FLANGE, 300LB ANSI, SCH STD, RAISED FACE, ASTM-A105
3	8"		BRIDA DE CUELLO SOLDABLE, 300LB ANSI, CEDULA STD, CARA RESALTADA, ASTM-A105	WELDED NECK FLANGE, 300LB ANSI, SCH STD, RAISED FACE, ASTM-A105

Nota: La tabla muestra las especificaciones de bridas implementadas en el diseño. Fuente: (ASTM-A105, 2018).

3.1.6 Espárragos y tuercas

Para la construcción de líneas de servicio para sistemas petroleros se establece la norma ASTM A193 para sistemas atornillados, este apartado designa los espárragos de acero al carbono y otras aleaciones para la unión de válvulas, bridas, recipientes a presión y accesorios.

Para selección e identificación de las tuercas se establece la norma ASTM A194 para tuercas pesadas (2H) de acero al carbono y otras aleaciones. El alcance de la norma se limita hasta tuercas de hasta 1 pulgada de diámetro.

Tabla 14

Características de espárragos y tuercas.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTIDAD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
			ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
ESPARRAGOS [STUD BOLTS]				
1	5/8" x 3 1/4"		ESPARRAGOS, ASTM A-193 GR B7, CON 2 TUERCAS PESADAS ASTM A-194 GR B2H, CADMIADOS	STUD BOLTS, ASTM A-193 GR B7, WITH TWO HEAVY HEX NUTS ASTM A-194 GR B2H, CADMIUM PLATED
2	3/4" x 5"		ESPARRAGOS, ASTM A-193 GR B7, CON 2 TUERCAS PESADAS ASTM A-194 GR B2H, CADMIADOS	STUD BOLTS, ASTM A-193 GR B7, WITH TWO HEAVY HEX NUTS ASTM A-194 GR B2H, CADMIUM PLATED
3	3/4" x 5 3/4"		ESPARRAGOS, ASTM A-193 GR B7, CON 2 TUERCAS PESADAS ASTM A-194 GR B2H, CADMIADOS	STUD BOLTS, ASTM A-193 GR B7, WITH TWO HEAVY HEX NUTS ASTM A-194 GR B2H, CADMIUM PLATED

Nota: La tabla muestra las especificaciones de los componentes de unión. Fuente: (ASTM-A193, 2018) (ASTM-A194, 2018)

3.1.7 Empaques

La revisión efectuada en el 2017 referente a la reorganización completa de los diferentes tipos de juntas definió el estándar B16.20 el cual ofrece soluciones al integrar los diferentes tipos de materiales, dimensiones y tolerancias. Aborda las empaquetaduras que son dimensionalmente adecuadas con bridas descritas en las normas de referencia ASME B16.5, ASME B16.47, así como códigos de tuberías B31.

Tabla 15

Gaskets seleccionados en función de los requerimientos de diámetros de juntas.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTID AD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
			ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
EMPAQUES [GASKETS]				
1	1"		EMPAQUE, 300LB ANSI, CARA RESALTADA, ANILLO DE 3/16" DE ESPESOR, MATERIAL DEL ESPIRAL DE 304SS, GRAFITO FLEXIBLE CG, CON ANILLO EXTERIOR DE ACERO AL CARBONO, RESISTENTES AL GLP	ASKET, 300LB ANSI, RAISED FACE, RING 3/16" THK, 304 SS SPIRAL WOUND, FILLER MATERIAL (FLEXIBLE MATERIAL FG) WITH CS OUTER RING
2	8"		EMPAQUE, 300LB ANSI, CARA RESALTADA, ANILLO DE 3/16" DE ESPESOR, MATERIAL DEL ESPIRAL DE 304SS, GRAFITO FLEXIBLE CG, CON ANILLO EXTERIOR DE ACERO AL CARBONO, RESISTENTES AL GLP	GASKET, 300LB ANSI, RAISED FACE, RING 3/16" THK, 304 SS SPIRAL WOUND, FILLER MATERIAL (FLEXIBLE MATERIAL FG) WITH CS OUTER RING

Nota: La tabla muestra las especificaciones de los empaques requeridos. Fuente: (ASME/ANSI B16.20, 2017).

El alcance de la norma cubre la junta anular de metal, las juntas con camisa de metal y las juntas ranuradas con capas de recubrimiento.

La tabla descrita a continuación muestra los empaques seleccionados para el diseño de proyecto, el criterio de sección se basó a una junta de tope a tope con datos referenciales obtenidos del estándar B31.

3.1.8 Válvulas

El proceso de selección para las válvulas a ser utilizadas inicia con los requerimientos que plantea el estándar ASTM A216. La selección recae en el Gr WCA el cual describe una válvula de bola clase 300 de acero al carbono con puerta de borde afilado que atraviesa el fluido y reduce el efecto de golpe de ariete.

Tabla 16

Válvula seleccionada para el diseño de la unidad de filtrado.

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTIDAD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
			ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
VALVULAS [VALVES]				
1	3/4"		VALVULA DE BOLA, 1480 PSI @ 100°F, CARCAZA DE ASTM- A182 GR F316, INSERTO SOLDABLES, PASO	BALL VALVE, 1480 PSI @ 100°F, ASTM- A182 GR F316 BODY, SOCKET WELD ENDS, REDUCED PORT,

		REDUCIDO, A PRUEBA DE FUEGO, TAG VE1	FIRESAFE, TAG VE1
2	1"	VALVULA DE BOLA, 1480 PSI @ 100°F, CARCAZA DE ASTM-A182 GR F316, INSERTO SOLDABLES, PASO REDUCIDO, A PRUEBA DE FUEGO, TAG VE1	BALL VALVE, 1480 PSI @ 100°F, ASTM-A182 GR F316 BODY, SOCKET WELD ENDS, REDUCED PORT, FIRESAFE, TAG VE1
3	8"	VALVULA DE BOLA, 300# ANSI, CARCAZA ASTM-A216 GR WCB, CARA RESALTADA, PASO REDUCIDO, A PRUEBA DE FUEGO, TAG VB2	BALL VALVE, 300# ANSI, ASTM-A216 GR WCB BODY, RAICED FACE FLANGED ENDS, REDUCED PORT, FIRE SAFE, TAG VB2

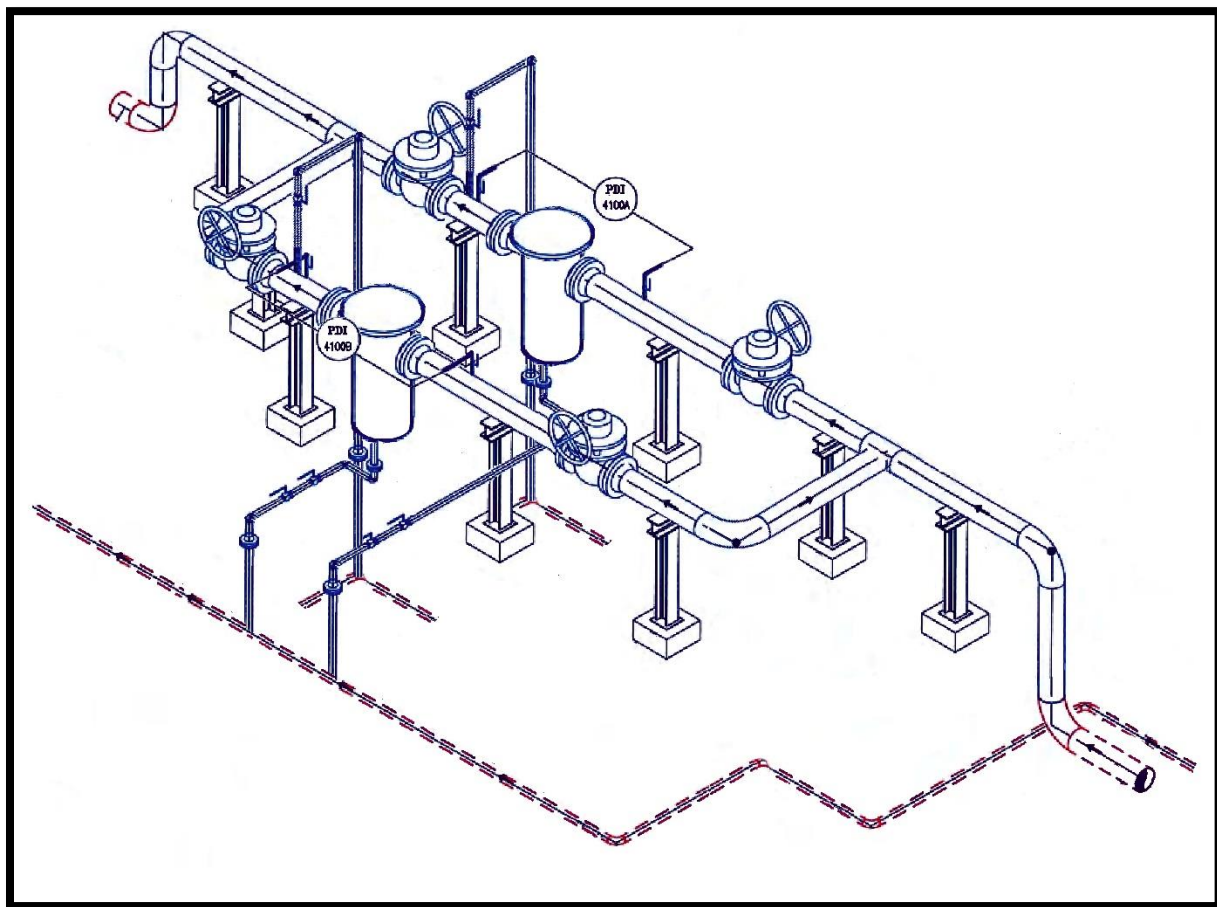
Nota: La tabla muestra las válvulas grado WCB y F316 seleccionadas para el diseño del proyecto. Fuente: (ASTM A216 GR WCB, 2018).

3.2 Diseño y elaboración de isométricos

Ya realizado el cálculo y selección de los elementos constructivos para el diseño de la unidad de filtrado se realiza el boceto en el cual se disponen todos los componentes que harán parte de la propuesta. El área disponible para la implementación es de 180 m^2 en el cual se instalarán las tuberías, válvulas y accesorios como diseño final.

Figura 16

Diagrama general brazo A&B unidad de filtrado, incluida tubería de venteo y drenaje.



Nota: La imagen muestra la disposición final del sistema de filtrado. Fuente: Autores.

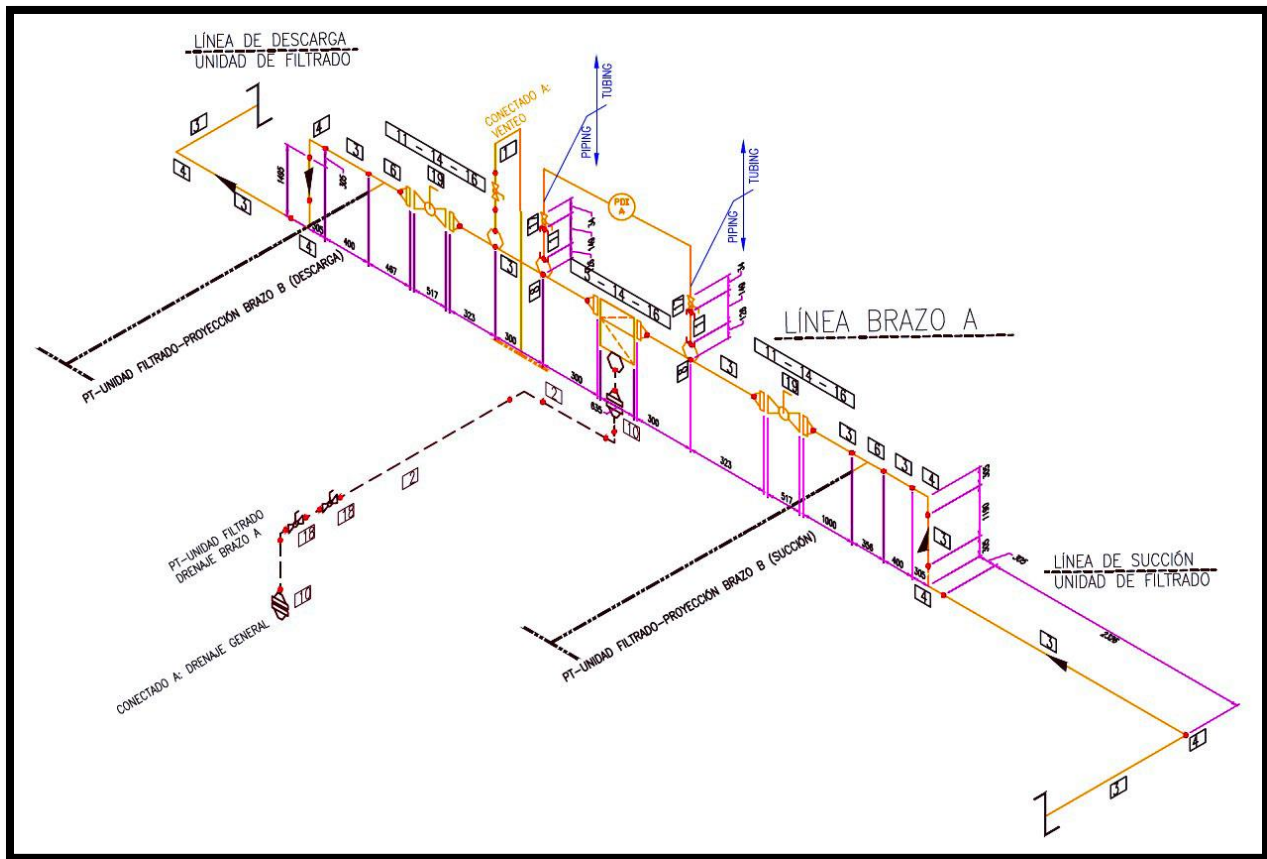
La figura 7 describe la disposición final que tendrá el sistema de filtrado, a su vez, involucra la línea de filtrado A como principal brazo de flujo y línea B colocada como sistema redundante o

bypass que será utilizada cuando exista saturación del filtro A y se requiera realizar mantenimiento o limpieza.

Las líneas de drenaje para cada brazo de filtrado poseen sus respectivas tuberías de drenaje para aliviar presión cuando este sea intervenido, así mismo, cada brazo posee líneas de venteo dispuestas en la parte superior de las tuberías para eliminar bolsas de aire y evitar que estas lleguen al cabezal de bomba.

Figura 17

Isométrico para la disposición final del brazo de filtrado A.



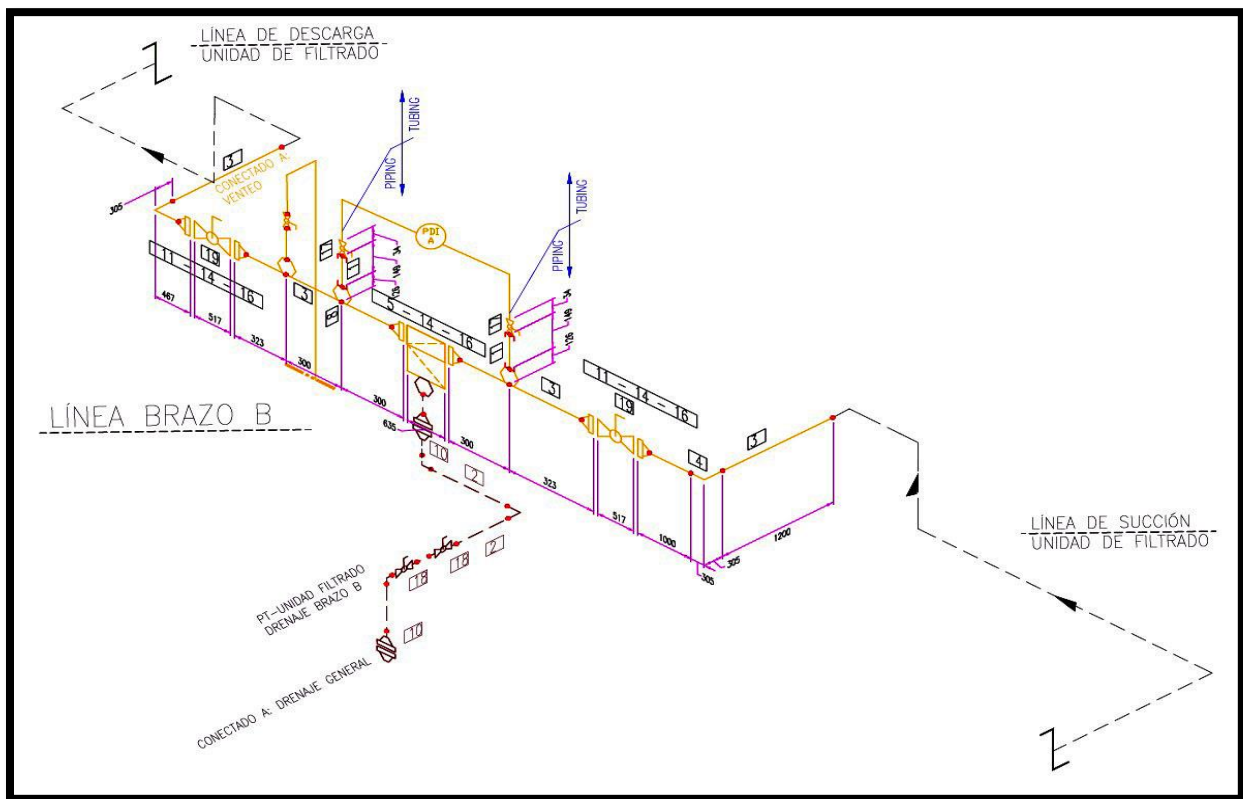
Nota: La figura describe las medidas, características de los equipos y sentido de flujo del brazo de filtrado A. Fuente: Autores

La longitud total del sistema será de 12,37 metros, en los cuales estarán dispuestos todos los accesorios descritos en el anexo 7, en el mismo anexo se encuentra el plano final de la unidad de filtrado con sus respectivas cotas, puntos de soldadura para la línea principal, la línea drenaje, línea venteo y características de cada componente para el respectivo montaje.

El brazo de filtrado B representa es el sistema redundante que deberá ser habilidad cando se requiera dar mantenimiento al brazo A o actividades de limpieza del elemento filtrante. El brazo B posee las mismas características constructivas que el brazo A y su configuración de tubería no representa ningún impedimento para que trabaje de manera continua.

Figura 18

Isométrico para la disposición final del brazo de filtrado B.

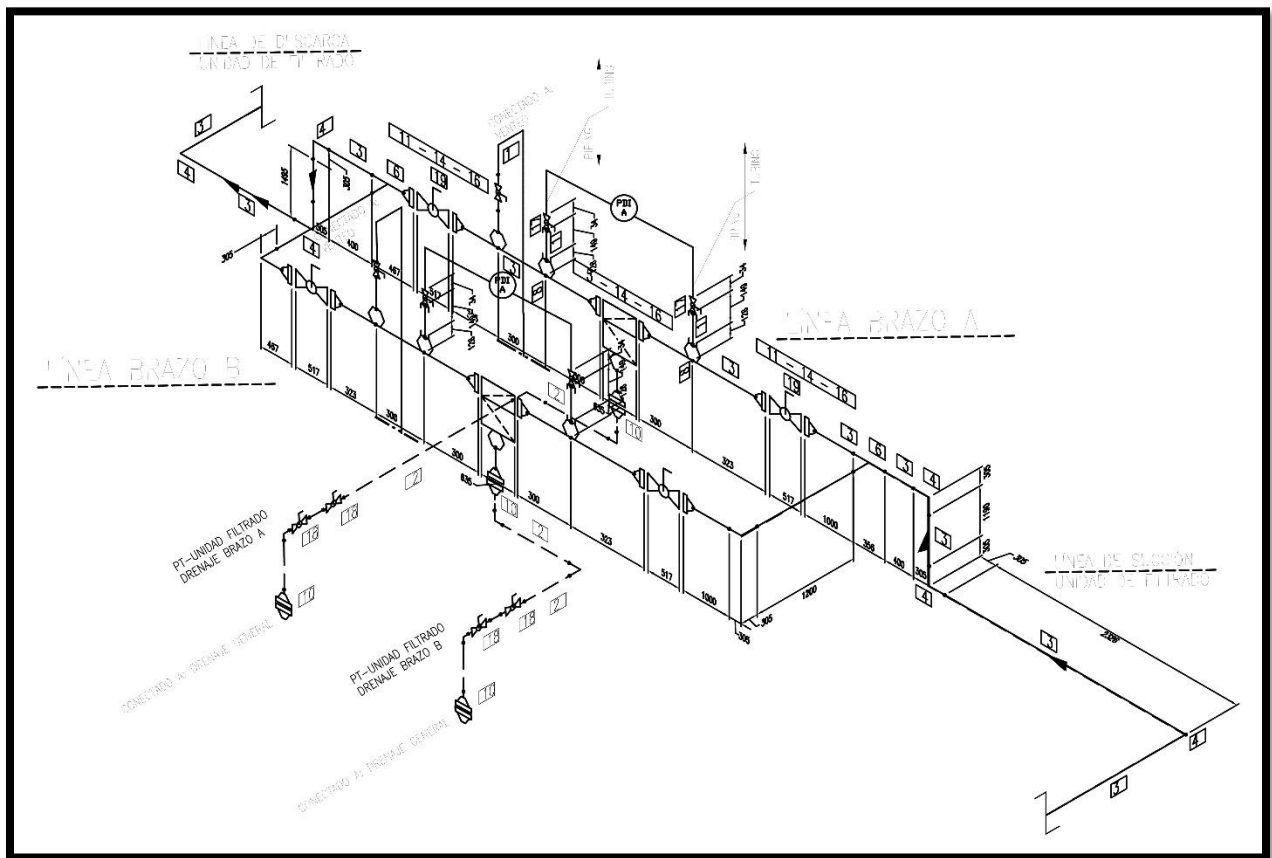


Nota: La figura describe las medidas, características de los equipos y sentido de flujo del brazo de filtrado B. Fuente: Autores

Los isométricos descritos en el anexo 6, 7 y 8 contienen toda la información constructiva necesarias para el montaje, con el número total de juntas, tipo de tubería para cada sección, instrumentos y accesorios usados, de la misma manera, el anexo 3 presentan la calificación del procedimiento WPS para los requerimientos de soldadura, el anexo 4 describe el formulario para que se redacte la calificación del procedimiento PQR.

Figura 19

Isométrico para la disposición final de la unidad de filtrado con los brazos A & B



Nota: La figura muestra el isométrico unificado del diseño de la unidad de filtrado. Fuente: Autores

Capítulo 4

Análisis del resultado granulométrico, elemento filtrante y capacidad de retención.

4.1 Análisis granulométrico

Determinar el grado mesh del elemento filtrante como una de las bases de la presente investigación implica que se debe poseer datos respecto al tamaño de partículas que circulan en los hidrocarburos en la estación La Delicia, para el efecto, se cuenta con los resultados del informe del departamento de control de calidad en el cual se especifica el tamaño del grano de menor proporción presente en la muestra.

Figura 20

Tamaño del grano mínimo que circula por las líneas de bombeo

PARAMETRO	RESULTADOS						
	MÉTODO		ESPECIFICACION ⁽¹⁾		RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	U ⁽²⁾
	(ASTM_INEN)	INTERNO	MÍN.	MÁX.			
NÚMERO DE OCTANO (RON)*	ASTM D2699_NTE INEN 2102	PT.16	REPORTE	REPORTE	71,5	-	-
DEST. PIE*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	50	°C	-
DEST. 10%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	79	°C	-
DEST. 20%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	88	°C	-
DEST. 50%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	118	°C	-
DEST. 90%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	169	°C	-
DEST. PFE*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	215	°C	-
DEST. RESIDUO GRANULOMETRÍA*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	60	Micrón	-
TEMPERATURA PARA LA RELACIÓN VAPOR/LÍQUIDO IGUAL A 20'	ASTM D5188/D4814		REPORTE	REPORTE	72,4	°C	-
PRESIÓN DE VAPOR*	ASTM D5191	PT.15	REPORTE	REPORTE	48,3	kPa	-
CORROSIÓN A LA LÁMINA DE COBRE, 3h, 50°C*	ASTM D130	PT.12	REPORTE	REPORTE	1a	-	-
CONTENIDO DE AZUFRE*	ASTM D4294		REPORTE	REPORTE	0,0221	%P	-
CONTENIDO DE AROMÁTICOS*	ASTM D1319		REPORTE	REPORTE	27,6	%V	-
CONTENIDO DE BENCENO*	ASTM D6277		REPORTE	REPORTE	0,81	%V	-
CONTENIDO DE OLEFINAS*	ASTM D1319		REPORTE	REPORTE	10,2	%V	-
CONTENIDO DE PLOMO*	ASTM D3237		REPORTE	REPORTE	ND	mg/L	-
DENSIDAD RELATIVA (15,6/15,6°C)*	ASTM D1298		REPORTE	REPORTE	0,7686	-	-
GRAVEDAD API A 60 °F (15,6 °C)	ASTM D1298	PT.04	REPORTE	REPORTE	52,6	°API	±1.1%
*API OBSERVADO: 54.6							
TEMPERATURA OBSERVADA: 77°F							
OBSERVACIONES: PROCEDECENCIA B/T. MT. ZAMORA ND - No Detectable							

Nota: El presente grafico refleja el tamaño de partícula halado en una muestra de 1 litro de diésel premium. Fuente: (Informe control de calidad EPP. Anexo 5).

Los datos revelan que en promedio las partículas de menor tamaño halladas en la muestra de diésel premium presentan una medida de 60 micrón correspondiente a 0,06 milímetros (Informe Control de Calidad EPP anexo 5), basados en esta dimensión se determina el patrón para seleccionar la unidad filtrante en función de las condiciones reales en las que se encuentran los hidrocarburos bombeados. El tamaño de las partículas halladas determina que se requiere una medida mesh de 270 para retener hasta partículas de 53 micrón.

Tabla 17

Tabla de malla con medidas en micrón y milímetro

Selección de elemento filtrante				
Mesh	Micrón (µm)	Milímetros (mm)	Pulgada (in)	
200	74	0,074	0,0029	
230	63	0,063	0,0024	
270	53	0,053	0,0021	
325	44	0,044	0,0017	
400	37	0,037	0,0015	
550	25	0,025	0,00099	
625	20	0,02	0,00079	

Nota: La tabla muestra la selección del gado mesh a ser utilizado en función del tamaño del grano hallado. Fuente: (ISOFILTER, 2018)

4.2 Elemento filtrante y capacidad de retención

El sistema de filtrado a más de los componentes constructivos para la implementación del área se encuentran las especificaciones de la carcasa de canasta y los filtros de bolsa seleccionados basados en las necesidades operativas antes descritas.

Figura 21

Filtro tipo canasta seleccionado por basado en las necesidades operativas de la unidad de filtrado



Nota: La figura muestra el filtro tipo canasta Inox. Tipo 304 y 316. Fuente: (Tech-Filters, 2021)

Las cantidades de sedimentos solidos a retener se determina de acuerdo a los volúmenes de bombeo de las partidas programadas. Una vez colocado el elemento filtrante es necesario determinar si el filtro se encuentra saturado, por tal razón se ha dispuesto dos diferenciales de presión colocados antes y después de la unidad de filtrado, las cuales indicaran si existiese restricción del fluido. Con la implementación del sistema de filtrado nos aseguramos un transporte

óptimo en limpieza de los derivados de hidrocarburos, evitando todo tipo de desgaste por abrasión a lo largo de la tubería, protección de accesorios vitales como medidores de flujo y equipos indispensables para el transporte como las bombas centrífugas.

Figura 22

Diseño del elemento filtrante mesh 270 – 53 micrón



Nota: La figura muestra el elemento filtrante tipo bolsa 0.053 mm. Fuente: (HUAXI, 2021)

La investigación abordada presenta el alcance para ser implementada en oleoductos y poliductos en las cuales se pretenda mejorar la calidad de los hidrocarburos a bombear, siempre y cuando se ajusten los cálculos a las condiciones intrínsecas de la unidad operativa como presión de operación, flujos de trabajo, condiciones ambientales, tipos de protección para controlar la corrosión y los análisis granulométricos del producto, entre otras consideraciones enunciadas en la presente investigación.

Capítulo 5

Manual de inspección, operación y mantenimiento del sistema de filtrado.

5.1 Manual de operaciones del sistema de filtrado

Tiene como propósito normar bajo procedimiento las distintas actividades operativas que se realizarán por parte del personal técnico para inspección, manipulación y mantenimiento de la unidad de filtrado en la estación de bombeo de productos limpios La Delicia.

5.1.1 Alcance

El presente procedimiento engloba todas las actividades operativas inherentes a la inspección, operación y manipulación del sistema de filtrado.

Algunas de estas actividades serán realizadas de forma cotidiana por el personal técnico de área de operaciones mientras que las periódicas estarán bajo responsabilidad del personal de mantenimiento de la estación de bombeo La Delicia.

5.1.2 Definiciones

a. Alineación de válvulas. Procedimiento de apertura de un conjunto de válvulas de una línea de flujo específica, que se realiza con la finalidad de permitir el paso de un determinado fluido durante operaciones de recepción, evacuación, drenaje, venteo y almacenamiento de producto.

b. Línea de drenaje. Sistema de tuberías y válvulas por donde se evacua producto en circulación o estacionario hacia un tanque slop o contaminado.

c. Línea de venteo. Tubería dispuesta de tal manera que permite por apertura de válvula la eliminación de bolsas de aire con el propósito evitar que esta se transporte hacia las bombas multietapas y produzca cavitaciones en los grupos de bombeo.

d. Empaquetado de tubería. Proceso mediante el cual se permite el ingreso de fluido hacia una determinada sección de tubería con la finalidad de llenar la misma hasta alcanzar una presión requerida para un determinado trabajo.

e. Manifold válvulas unidad de filtrado. Conjunto de válvulas manuales ubicadas antes y después de cada elemento filtrante de los brazos A y B.

f. O-ring. Anillo o empaque de forma toroidal utilizado para el cierre de brida-brida o brida-asiento.

g. Producto limpio. Combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos que se obtienen como resultado de un proceso de refinación

h. PPC. Poliducto Pascuales – Cuenca

i. Sedimentos. Impurezas de tamaño granular presentes en los productos limpios derivados de los hidrocarburos, que al no ser removidas mediante un sistema adecuado de filtración son arrastradas por el fluido cuando este es bombeado, causando acumulaciones en tuberías, accesorios, fondo de tanques, desabastecimientos operativos y daños graves en equipos como elementos de medición, tambores de balanceo, anillos de bancada, anillos de descaste, sellos mecánicos de bombas, ampliación de espectro de vibraciones e incremento de temperatura tanto el parte bomba como motor.

5.2 Tareas

5.2.1 Actividades para alineación y puesta en marcha del sistema de filtrado

Tabla 18*Procediendo de operación sistema de filtrado.*

No.	Descripción de las tareas	Responsable
Puesta en marcha – Sistema de filtrado		
1	Válvulas de Drenaje 1". Se debe constatar que se encuentren cerradas todas las válvulas del drenaje para evitar que se dirija producto de forma innecesaria hacia el tanque slop o contaminado, incluyendo la válvula de venteo.	Operaciones
2	Verificar válvulas de bola 8". Se debe verificar que se encuentra operativas las válvulas de cada brazo de filtrado, comprobando que la misma se pueda abrir y cerrar sin ninguna dificultad.	Operaciones
3	Alineación del brazo a operar. Apertura de la válvula antes del filtro tipo "y" para empaquetar el brazo que estará en operaciones. Esta actividad se realiza de maneja pausada y se mantiene a un 10 % para evitar que el fluido por la velocidad y presión que posee golpee en las paredes internas de los componentes del sistema, además, da tiempo para verificar hermeticidad del brazo.	Operaciones
4	Línea de venteo ¾". Con la válvula de entrada abierta y el brazo empaquetado se debe eliminar la bolsa de aire generada en el sistema, para eso de debe abrir la válvula conectada a la línea de venteo, esta acción evitará que la burbuja se traslada hace los grupos de bombeo.	Operaciones
5	Alineación total del sistema. Finalizado el venteo (Tiempo de venteo se estima con el cambio de sonido al circular el fluido por la línea de venteo) se cierra la válvula de ¾" y se procede a abrir la válvula de descargar de 8" y el sistema quedará listo para realizar las funciones de filtrado.	Operaciones

Nota: La tabla muestra el procedimiento para realizar el llenado o empaquetado del sistema de filtrado. Fuente: Autores.

5.2.2 Actividades para inspección del sistema

Las actividades tienen una frecuencia diaria en la cual se inspecciona si el filtro se encuentra saturado. Para visualizar la saturación del filtro se encuentra instalado un diferencial de presión antes y después del filtro tipo “y”.

Tabla 19

Procediendo de inspección sistema de filtrado

No.	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS	RESPONSABLE
Inspección – Sistema de filtrado		
1	<p>Inspección de filtro. Revisar que el valor del diferencial de presión del filtro tipo canasta no sea mayor a 6 psi. Si el valor se encuentra en esos valores se deberá alinear el brazo B que funciona como sistema redundante, para el efecto, se debe seguir el procedimiento descrito en la tabla 17.</p> <p>Una vez cerrado el brazo A se deberá drenar el brazo y comunicar al departamento de mantenimiento para que realice la revisión del estado del filtro.</p>	Operaciones

Nota: La tabla muestra el procedimiento para realizar la inspección del sistema de filtrado. Fuente: Autores.

Los isométricos constructivos del anexo 6 reflejan la ubicación del diferencial de presión implementado para el presente diseño, el mismo deberá poseer una escala de 0 a 6 psi con lo cual se determina si el filtro se encuentra en proceso de saturación.

5.2.3 Actividades para mantenimiento y limpieza de filtros

Las actividades de limpieza de filtro tienen una frecuencia basada en la necesidad operativa, es decir, se deberá realizar la limpieza las veces que sea necesaria cuando se presenta la saturación de los filtros. Esta actividad está a cargo del área de mantenimiento.

Tabla 20

Procediendo de mantenimiento para el sistema de filtrado

No.	DESCRIPCIÓN DE LAS TAREAS	RESPONSABLE
Mantenimiento – Sistema de filtrado		
1	Preparación del área de mantenimiento. El área de operaciones solicita al departamento de mantenimiento la limpieza de filtros (Apertura de brida, extracción del elemento filtrante saturado y colocación de uno limpio), y al realizar las actividades de verificación que las válvulas de ingreso y salida de 8” del brazo a realizar la actividad se encuentra cerrada, además, las válvulas de drenaje deberán permanecer abiertas para evitar derrame de producto mientras dure el cambio del filtro.	Mantenimiento
2	Restablecer brazo principal. Una vez finalizada la actividad se debe restablecer la alineación del brazo A que fue diseñado para ser el principal de operación debido que es el que presenta menor restricción al paso del fluido por encontrarse en el mismo sentido de flujo.	Mantenimiento

Nota: La tabla muestra el procedimiento para realizar las actividades de mantenimiento en el sistema de filtrado. Fuente: Autores.

5.3 Políticas de procedimiento

5.3.1 Condiciones actuales del sistema

El presente procedimiento se elaboró tomando en consideración las condiciones actuales de funcionamiento y facilidades existentes en la estación de bombeo La Delicia, y estará sujeto a modificaciones de acuerdo como se produzcan variaciones en la operatividad de los mismos.

5.3.2 Ejecución del procedimiento

Previo, durante y después de la ejecución del presente procedimiento, se deberá observar toda la normativa vigente, aplicándola según su orden jerárquico. En caso de duda se observará la norma de rango superior.

5.3.3 Políticas de seguridad, salud y ambiente

Previo durante y después de la ejecución del presente procedimiento, se deberá considerar el cumplimiento de políticas, normas, reglamentos y principios definidos por la EP PETROECUADOR, en los temas de seguridad, salud y ambiente.

5.3.4 Capacidad del operador

Se recomienda que durante la ejecución de las operaciones detalladas en el presente procedimiento se encuentre personal debidamente capacitado para la ejecución de estas actividades y se siga cada paso del procedimiento expuesto en el presente trabajo de investigación.

Conclusiones

Se establecieron los fundamentos conceptuales relacionados con la investigación realizada, en los cuales se especifica los puntos más estrechamente relevantes para la investigación, de esta manera, se realizaron los cálculos correspondientes para la selección de tubería y componentes basados en los requerimientos estructurales ASME-31.4.

Basados en los requerimientos de soldadura estándar de la API-1104 para construcción de poliductos, se seleccionaron los tipos de electrodos para las juntas, así como la elaboración del procedimiento de soldadura WPS con su registro de calificación PQR de acuerdo a las condiciones establecidas en el estándar.

La selección del elemento filtrante se determinó basado en informes del departamento de control de calidad el cual especifica el tamaño mínimo de grano hallado durante el transporte de producto limpios, así mismo, las válvulas, o-ring y demás accesorios fueron elegidos en función del estándar que rige la selección de cada componente justificando y citando cada elección tomada.

De acuerdo a la disponibilidad que presenta el área, se diseñaron los isométricos con la utilización del AutoCAD, en estos planos constructivos se especifican cada una de las magnitudes y características de la implementación para ser entregados al área ejecutora junto con el procedimiento operacional para la correcta manipulación, inspección y mantenimiento del sistema.

Recomendaciones

Debido a la importancia de contar con sistemas de filtrados basados en las condiciones operativas de cada unidad operativa para el transporte de hidrocarburos por tuberías, se recomienda que la presente investigación sea implementada en las estaciones de bombeo Ducur y Charcay debido a la similitud operativa que estas presentan y adaptadas a otras unidades donde se requiera mejorar la eficiencia de mantenibilidad de sus equipos de bombeo y accesorios.

Se requiere para la magnitud del proyecto cumplimiento del 100% de políticas ambientales y de seguridad apegadas a los estándares, especificaciones técnicas y normas vigentes aplicables.

El tamaño del diseño puede variar en función de la disponibilidad de área que presente el contratante, de esta manera se realizan nuevos cálculos para que el diseño encaje a los requerimientos sin desprenderse de las normas que rigen estos montajes.

Por filosofía de operación es necesario que en la instalación se cuente con un técnico de estación de bombeo por turno, para coordinar acciones, responder oportunamente y garantizar la operación y normal funcionamiento del proceso entre una de sus actividades cotidianas.

Bibliografía

- Aguilera. (2018). *Repositorio UTA*. Retrieved from https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2496/1/t_ma_dyc_827.pdf
- ANH. (2018, enero). *Agencia Nacional de hidrocarburos*. Retrieved from Programa de Regionalización de Hidrocarburos: <https://www.anh.gov.co/porta regionalizacion/Paginas/LA-CADENA-DEL-SECTOR-HIDROCARBUROS.aspx>
- API Standard 1104. (2018). *American Petroleum Institute API. Welding of Pipelines and Related Facilities*. USA.
- ASME B31.4. (2016). *American Society of Mechanical Engineers ASME. Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries. ASME Pipes Schedules. Carbon steel pipes in acc.* Retrieved from <https://www.peninsulardevastagos.es/wp-content/uploads/Peninsular-asme.pdf>
- ASME B36.10. (2015). *American Society Of Mechanical Engineers ASME. Pipes Schedules. Carbon steel pipes in acc.* Retrieved from <https://www.peninsulardevastagos.es/wp-content/uploads/Peninsular-asme.pdf>
- ASME/ANSI B16.20. (2017). *American Society of Mechanical Engineers ASME/American National Standards Institute ANSI. Metallic Gaskets for Pipe Flanges*. USA.
- ASME-B16.11. (n.d.). *American Society of Mechanical Engineers ASME. Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded - Serie 3000*.
- ASTM A216 GR WCB. (2018). *American Society for Testing and Materials ASTM. Standard Specification for Steel Castings, Carbon, Suitable for Fusion Welding, for High-Temperature Service*. USA.

- ASTM-A105. (2018). *American Society for Testing and Materials ASTM. Flange Standard Specification*. USA.
- ASTM-A106 GR B . (2018). *American Society for Testing and Materials ASTM. Standar Specification for Seamless Carbon Steel Sipe for High-Temperature Service*. USA.
- ASTM-A193. (2018). *American Society for Testing and Materials ASTM. Standard Specification for Alloy-Steel and Stainless Steel Bolting for High Temperature or High Pressure Service and Other Special Purpose Applications*. USA.
- ASTM-A194. (2018). *American Society for Testing and Materials ASTM. Standard Specification for Carbon Steel, Alloy Steel, and Stainless Steel Nuts for Bolts for High Pressure or High Temperature Service, or Both*. USA.
- ASTM-A234 GR WCB. (2018). *American Society for Testing and Materials ASTM. Standard Specification for Piping Fittings of Wrought Carbon Steel and Alloy Steel for Moderate and High Temperature Service*. USA.
- Banco Central del Ecuador. (2021, mayo). *Información estadística mensual No. 2031-mayo 2021*. Retrieved from <https://contenido.bce.fin.ec/home1/estadisticas/bolmensual/IEMensual.jsp>
- Dillon. (2016). *Bead type coupling for plain end pipe joint*. USA.
- El Telégrafo. (2019, enero). *El poliducto Pascuales-Cuenca se encuentra en emergencia*. Retrieved from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/poliducto-pascuales-cuenca-emergencia>
- EMIS. (2021, junio). *EP Petroecuador, extracción de petróleo y gas natural*. Retrieved from https://www.emis.com/php/company-profile/EC/EP_Petroecuador_es_2081861.html

- EP Petroecuador. (2013, junio). *El petróleo en el Ecuador la nueva era petrolera*. Retrieved from <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/El-Petr%C3%B3leo-en-el-Ecuador-La-Nueva-Era.pdf>
- EP Petroecuador. (2015, septiembre). *Proyecto Poliducto Pascuales-Cuenca*. Retrieved from <https://www.eppetroecuador.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/09/BOLETIN-55-2015-PROYECTO-POLIDUCTO-PASCUALES-CUENCA.pdf>
- EP Petroecuador. (2016, enero). *Plan estratégico empresarial, periodo: 2016-2017*. Retrieved from http://app.sni.gob.ec/informacion/indicadores_ep/PLANES ESTRATEGICOS/PE%20-%20Petroecuador-compressed.pdf
- EP Petroecuador. (2019, enero). *Poliducto Pascuales-Cuenca declarado en emergencia debido a su estado crítico*. Retrieved from <https://www.eppetroecuador.ec/?p=6666>
- García M. (2003). Mejora continua de la calidad en los procesos. *Industrial data*, 6(1), 89-94.
- Gleason. (2020). *slideplayer*. Retrieved from <https://slideplayer.es/slide/2576271/>
- Grupo TEPSI. (2015). Retrieved from <https://www.grupotepsi.com/portfolio/poliducto-pascuales-cuenca/>
- HUAXI. (2021). *Made in China*. Retrieved from https://es.made-in-china.com/co_jaclmery/image_Basket-Filter-Made-of-Perforated-Mesh_rngyyeiog_oYqfcBMROpbG.html
- Ingeniería M&S. (2020). *ms-ingenieria*. Retrieved from <https://www.ms-ingenieria.com.mx/capacitacion-y-normativas/que-es-un-isometrico/>
- ISOFILTER. (2018). <https://www.isofilter.es/calculo-de-conversion-mesh-micron-pulgada/>. Retrieved from ISOFILTER Filtración.

- Kennedy . (2020). Oil and gas pipeline fundamentals. Pennwel.
- Kumar, Sanjay; Chilingarian. (2020). Chapter 8 Oil and Gas Transport. In *En Developments in Petroleum Science* (pp. 211–277). USA.
- Londoño. (2017). *Prototipo pig intelligent*. . Manizales: Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales.
- Martin. (2020). *Methods of prevention, detection and control of spillages in european oil pipelines*. CONCAWE.
- Meléndez. (2016, 10 10). *revistaespacios*. Retrieved from <https://www.revistaespacios.com/a17v38n17/17381701.html>
- Perasso V. (2016). Qué es la cuarta revolución industrial (y por qué debería preocuparnos). *BBC Mundo*, 12.
- Perugachi M. L. (2015). Optimización de procesos: la concesión de radiofrecuencias en el Ecuador (Vol. 48). *Editorial Abya Yala*.
- Quistial B. I. C. (2019). *Evaluación técnica y económica de la distribución de hidrocarburos y propuesta de un plan de mejoras para el Poliducto pascuales-Cuenca*.
- Quito IA. (2021). *Quito-Importaceros*. Retrieved from <https://www.importaceros.com/ecuador-quito/tubo-negro-cedula-80/>
- Rosenberg, Jeffrey; Lockyear. (2020). Pipeline caliper pig. United States.
- Schwab K. (2016). La cuarta revolución industrial. *Debate*.
- SENPLADES. (2017, septiembre). *Plan Nacional de Desarrollo Toda Una Vida*. Retrieved from Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo : https://www.planificacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26OCTFINAL_0K.compressed1.pdf


- Stillwater. (2018, 12 10). *Changes to the Petroleum Supply Chain*. Retrieved from Stillwaterassociates: <https://stillwaterassociates.com/deregulation-in-mexico-changes-to-the-petroleum-supply-chain/>
- Tabla API 5L. (2020). *API 5L SEAMLESS & WELDED PIPE*. Retrieved from <https://www.amerpipe.com/steel-pipe-products/api-5l-pipe-specifications/>
- Tech-Filters. (2021). *tech-filters*. Retrieved from <https://www.tech-filters.com/filtros-tipo-canasta-en-colombia/>
- Torres, J. (2010). *Análisis de las tuberías de transporte para el almacenamiento de productos limpios según código ASME B31.3*. Retrieved from <https://www.peninsulardevastagos.es/wp-content/uploads/Peninsular-asme.pdf>
- Tufiño . (2014). *Diseño y análisis en condiciones de operación del sistema de transporte de productos limpios para un poliducto*. Retrieved from <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/bitstream/handle/11185/148/Tesis.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- UB-EDU. (2020). *ub.edu*. Retrieved from <http://www.ub.edu/oblq/oblq%20castellano/filtracio.html>

Anexos

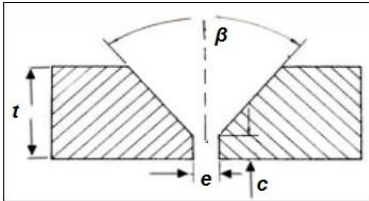
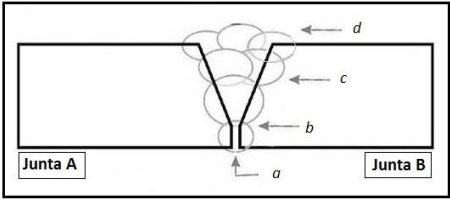
Anexo 1. Composición química y características mecánicas del electrodo E8010 G

Classifications							
EN ISO 2560-A	EN ISO 2560-B	AWS A5.5	AWS A5.5M				
E 46 4 1Ni C 2 5	E 55 10-P1 A U	E8010-P1	E5510-P1				
Characteristics and typical fields of application							
<p>Cellulose electrode for vertical-down welding of high strength large diameter pipelines. Highly economical compared with conventional vertical-up welding.</p> <p>Especially recommended for hot passes, filler and cover layers.</p> <p>BÖHLER FOX CEL 85 is one of the most popular cellulosic electrode which meets all the exacting demands of the field welding of cross country pipelines extremely well. Welding is easy also at difficult weather conditions. It ensures highest joint weld quality down to temperatures of $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$.</p> <p>BÖHLER FOX CEL 85 can be used in sour gas applications (HIC-Test acc. NACE TM-02-84). Test values for SSC-test are available too.</p>							
Base materials							
L415NB - L485NB, L415MB - L485MB API Spec. 5 L: X 56, X 60 , X 65 , X 70							
Typical analysis of all-weld metal							
	C	Si	Mn	Ni			
wt.-%	0.14	0.15	0.75	0.7			
Mechanical properties of all-weld metal – typical values (min. values)							
Condition	Yield strength R_e	Tensile strength R_m	Elongation A ($L_0=5d_0$)	Impact work ISO-V KV J			
				+20 °C	$\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	-20 °C	-40 °C
u	490 (≥ 460)	580 (550 – 680)	23 (≥ 20)	110	105	100	70 (≥ 47)
u untreated, as welded							
Operating data							
	Polarity:	Redrying:	Electrode identification: FOX CEL 85 8010-P1 E 46 4 1Ni C	\varnothing (mm)	L mm	Amps A	
	DC (+)	not allowed		3.2	350	80 – 130	
				4.0	350	120 – 180	
			5.0	350	160 – 210		
Approvals							
TÜV (01361.), ABS, CE							

Anexo 2. Composición química y características mecánicas del electrodo E9010 G9

Classifications								
EN ISO 2560-A	EN ISO 2560-B	AWS A5.5			AWS A5.5M			
E 50 3 1Ni C 2 5	E 57 10-G A	E9010-P1			E6210-P1			
		E9010-G			E6210-G			
Characteristics and typical fields of application								
<p>Cellulose-coated electrode for vertical-down welding of high strength large diameter pipelines. Highly economical compared with conventional vertical-up welding. Especially recommended for hot passes, filler and cover layers. The special design of the coating and the core wire guarantees the highest metallurgical quality & soundness of the weld metal deposit with excellent mechanical properties. The electrode allows good weld pool visibility, and easy manipulation, as well as high safety margins against porosity and slag inclusions.</p> <p>BÖHLER FOX CEL 90 can be used in sour gas applications (HIC-Test acc. to NACE TM-02-84). Test values for SSC-test are available too.</p>								
Base materials								
L450MB, L485MB								
API Spec. 5 L: X 65, X 70, (X 80)								
Typical analysis of all-weld metal								
	C	Si	Mn	Ni				
wt.-%	0.17	0.15	0.9	0.8				
Mechanical properties of all-weld metal – typical values (min. values)								
Condition	Yield strength R_{eH}	Tensile strength R_m	Elongation A ($L_0=5d_0$)	Impact work ISO-V KV J				
	MPa	MPa	%	+20°C	0°C	-20°C	-30°C	-40°C
u	560 (≥ 530)	650 (620 – 720)	21 (≥ 18)	100	90	75	65 (≥ 47)	40
u untreated, as welded								
Operating data								
	Polarity:	Redrying:	Electrode identification:	∅ mm	L mm	Amps A		
	DC (+)	not allowed	FOX CEL 90 9010-P1 E 50 3 1Ni C	4.0 5.0	350 350	120 – 180 160 – 210		
Approvals								
TÜV (01324.), CE								

Anexo 3. Especificación del procedimiento de soldadura WPS

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)											
Nombre de la compañía: UPS MAESTRIAS				WPS No:		WPS - UPS - 001					
Según norma: API 1104 - Standard for Welding Pipelines and Related Facilities				Revisión:							
				Fecha revisión:							
				Relizado por:							
Módulo I			Junta utilizada			Módulo II			Posición de soldadura		
Tipo de junta:			A tope			Tipo de soldadura:			6-G		
Abertura raíz (e):			3.0 ± 0.5 mm			Progresión:			Descendente		
Talón (c):			3.0 ± 0.5 mm			Técnica:			Varios pases		
Ángulo de ranura (β):			70° ± 5°			Módulo III			Precalentamiento		
Placa de respaldo:			No			Temperatura			N/A		
Preparar bisel:			Si			Tiempo entre pases			N/A		
Módulo IV			Metal base			Módulo V			Técnica de soldadura		
Especificación:			SCH 80 GDB			Soldadura de:			Ranura		
Espesor:			0.50 in			Proceso de soldadura:			SMAW		
Diámetro:			NPS 8 in			Tipo de soldadura:			Manual		
Módulo VI			Metal de aporte			Soldadura a:			Un lado		
Proceso:			SMAW			Cordón de respado:			No		
Diámetro:			5/32 in			Pase multiple o simple:			Múltiple		
Denominación AWS:			E8010 G			Tipo de cordón de suelda			Oscilante		
Módulo VII			Gas de protección			Limpieza (Primer pase)			Grata		
Tipo:			N/A			Limpieza (Siguietes)			Grata		
Caudal:			N/A			Módulo VIII			Notas		
Módulo IX			Electrodo			Asegurar limpieza de ls partes					
Denominación AWS:			E8010 G			Verificar alineación de junta					
Detalle de la junta											
											
Módulo X - Cuadro de las variables de operación											
No de pase	Metal de aporte		Corriente		Tensión de trabajo (V)	Vel. Avance (in/min)	Progresión	Técnica soldadura			
	Clase	Diámetro (In)	Tipo y polaridad	Intensidad (A)				Oscilado	Recto		
a	E8010 G	5/32	DC +	120 - 155	18 - 20	15 - 20	Descendente		X		
b	E9010 G	3/16	DC +	150 - 180	18 - 20	12 - 16	Descendente	X			
c - d	E9010 G	3/16	DC +	150 - 180	18 - 20	12 - 16	Descendente	X			
Realizado por:			Verificado por:			Aprobado por:					
Firma:			Firma:			FirmB16:K36:					
Fecha:			Fecha:			Fecha:					

Anexo 4. Registro de calificación de procedimiento PQR

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)					
Nombre compañía:	UPS MAESTRIAS		Inspector:		
Según norma:	API 1104 - Standard for Welding Pipelines and Related Facilities		WPS No:	WPS - UPS - 001	
Nombre del soldador:	CI:		Codigo No:		
Proceso de soldadura:					
Manual:	X	Semiautomático:		Automático:	
SAW:		GMAW:		SMAW:	
Material base:		Espesor:		Diámetro:	
Tipo de soldadura:		Abertura raíz:		Talón:	
Posición de soldadura:		Tiempo de soldadura:		Metal de aporte:	
Metal de aporte:		Diámetro:		Especificación:	
Electrodo:		Diámetro:		Especificación:	
Gas de protección:		Tipo:		Caudal:	
Pre calentamiento:		Temperatura entre pases:			
Tipo de máquina a soldar:		Potencia máquina:			
Parametros de soldadura:					
Pase No:	Raíz	Caliente	Relleno	Presentación	
Proceso:					
Tipo de electrodo:					
Especificaciones:					
Diámetro:					
Material de aporte:					
Especificaciones:					
Diámetro:					
Velocidad de soldadura (in/min):					
Voltaje:					
Amperaje:					
Dirección: D-↑ A-↓					
Tipo de corriente y polaridad:					
Código del soldador:					
Exámenes					
Ensayos no destructivos					
Inspección visual:		Calificado		Descalificado:	
Tintas penetrantes:		Partículas magnéticas:		Gammagrafía:	
Resultados					
Ensayos destructivos					
Ensayo de tracción:		Resultados:			
Ensayo de doblado:		Resultados:			
Realizado por:		Verificado por:		Aprobado por:	
Firma:		Firma:		Firma:	
Fecha:		Fecha:		Fecha:	

Anexo 5. Informe de resultados departamento de calidad

EP - PETROECUADOR INFORME DE RESULTADOS



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con
ACREDITACIÓN No. SAE LEN 14-013

GERENCIA: **GERENCIA DE TRANSPORTE** REFERENCIA: **PROGRAMA DE TRANSPORTE DE PRODUCTOS LIMPIOS**
ORGANIZACIÓN: **ESTACIÓN LA DELICIA** PRODUCTO ANALIZADO: **470 DIESEL PREMIUM**
INFORME NO. **ELD-470-2021** CODIGO MUESTRA: **3012-GB-21**

DATOS CLIENTE	
NOMBRE	JEFE TERMINAL TRES BOCAS
DIRECCIÓN	KM 18 VÍA LA TROCAL - EL TAMBO
TELÉFONO	3803000 Ext: 47405
SOLICITADO POR	INTENDENCIA DE OPERACIONES 3B-P-CU

DATOS DE LA MUESTRA			
ORIGEN DE LA MUESTRA	TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS LA TRONCAL		
FECHA DE TOMA DE MUESTRA	2021/10/07	HORA TOMA DE MUESTRA	15:40:00
CANTIDAD DE MUESTRA	1 L		
FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	2021/10/07	HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA	17:15:00
LUGAR TOMA DE MUESTRA	TRAMPA RECEPTORA	PUNTO DE MUESTREO	TOMA MUESTRA

DATOS DE ANALISIS			
TEMPERATURA AMBIENTE	23.3 °C		
HUMEDAD RELATIVA AMBIENTE	50 %HR	PRESION BAROMETRICA	100.8 kPa
FECHA DE INICIO DE LOS ENSAYOS	2021/10/07 19:00:00	FECHA FINALIZACION DE LOS ENSAYOS	2021/10/07 22:00:00
FECHA DE EMISION DEL INFORME	2021/10/07		

PARÁMETRO	RESULTADOS				RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	U ⁽²⁾
	METODO		ESPECIFICACIÓN ⁽¹⁾				
	ASTM_INEN	INTERNO	MÍN.	MAX.			
NÚMERO DE OCTANO (RON)*	ASTM D2699_NTE INEN 2102	PT.16	REPORTE	REPORTE	71,5	-	-
DEST. PIE*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	50	°C	-
DEST. 10%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	79	°C	-
DEST. 20%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	88	°C	-
DEST. 50%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	118	°C	-
DEST. 90%*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	169	°C	-
DEST. PFE*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	215	°C	-
DEST. RESIDUO GRANULOMETRÍA*	ASTM D86	PT.10	REPORTE	REPORTE	60	Micrón	-
TEMPERATURA PARA LA RELACION VAPOR/LIQUIDO IGUAL A 20°	ASTM D5188/D4814		REPORTE	REPORTE	72,4	°C	-
PRESION DE VAPOR*	ASTM D5191	PT.15	REPORTE	REPORTE	48,3	kPa	-
CORROSION A LA LÁMINA DE COBRE, 3h, 50°C*	ASTM D130	PT.12	REPORTE	REPORTE	1a	-	-
CONTENIDO DE AZUFRE*	ASTM D4294		REPORTE	REPORTE	0,0221	%P	-
CONTENIDO DE AROMÁTICOS*	ASTM D1319		REPORTE	REPORTE	27,6	%V	-
CONTENIDO DE BENCENO*	ASTM D6277		REPORTE	REPORTE	0,81	%V	-
CONTENIDO DE OLEFINAS*	ASTM D1319		REPORTE	REPORTE	10,2	%V	-
CONTENIDO DE PLOMO*	ASTM D3237		REPORTE	REPORTE	ND	mg/L	-
DENSIDAD RELATIVA (15.6/15.6°C)*	ASTM D1298		REPORTE	REPORTE	0,7686	-	-
GRAVEDAD API A 60 °F (15.6 °C)	ASTM D1298	PT.04	REPORTE	REPORTE	52,6	°API	±1.1%
*API OBSERVADO: 54.6							
TEMPERATURA OBSERVADA: 77°F							
OBSERVACIONES: PROCEDENCIA B/T, MT. ZAMORA ND - No Detectable							

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD



El modo de acreditación por:
AUGUSTO GEOVANY
LOZANO FONSECA

ING. AUGUSTO LOZANO
TECNICO LIDER DE LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

NOTAS: Los datos del cliente, origen, fecha, hora de la muestra es información proporcionada por el cliente.

El laboratorio no se responsabiliza por la homogeneidad y representatividad de la muestra.

Los resultados de este informe corresponden únicamente a las propiedades de la muestra analizada en el laboratorio.

Este informe no deberá reproducirse más que en su totalidad, previa autorización escrita del director técnico del Laboratorio y/o jefe de Control de Calidad

Los ensayos marcados con (*) NO están dentro del alcance de la acreditación del SAE.

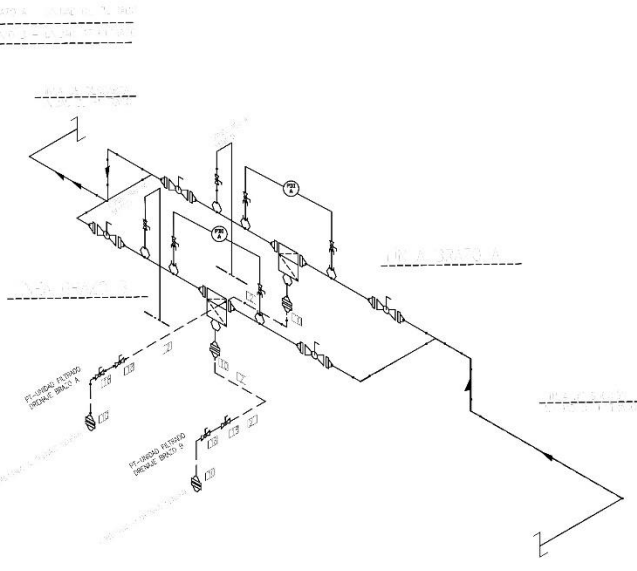
(1) Referido a la Norma INEN:

(2) La incertidumbre reportada (U), se expresa con un nivel de confianza del 95%.

Dirección Organización: Km 14 1/2 VÍA A DAULE S

Anexo 6. Isométrico brazo A&B del sistema de filtrado

PROYECTO TITULACIÓN - UNIDAD FILTRADA



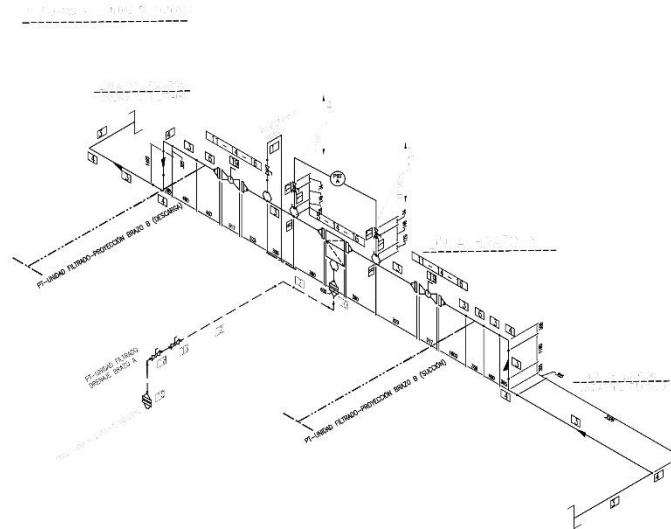
ITEM	CANT. (M)	DESCRIPCION (DESCRIPCION)	CANTIDAD (CANTIDAD)	
			PIEZA (PIEZA)	KILO (KILG)
TUBERIA (TUBERIA)				
1	3.00	BUENA CALIDAD DE ACERO... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (3.00 x 3/8 x 3.00)	1	0.037
2	1.00	BUENA CALIDAD DE ACERO... 1/2" x 3/8" x 1.00 MTS. (1.00 x 3/8 x 1.00)	1	0.012
3	3.00	BUENA CALIDAD DE ACERO... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (3.00 x 3/8 x 3.00)	1	0.037
ACCESORIOS (ACCESORIOS)				
4	8	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (8 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	8	0.031
5	1	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 1.00 MTS. (1 x 1/2 x 3/8 x 1.00)	1	0.004
6	3	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (3 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	3	0.012
CONTENEDORES (CONTENEDORES)				
7	2	CONTENEDOR DE COQUE... 300 x 300 x 1500 MM. (2 x 300 x 300 x 1500)	2	0.125
8	2	CONTENEDOR DE COQUE... 300 x 300 x 1500 MM. (2 x 300 x 300 x 1500)	2	0.125
ACCESORIOS (ACCESORIOS)				
9	2	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (2 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	2	0.008
10	1	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 1.00 MTS. (1 x 1/2 x 3/8 x 1.00)	1	0.004
11	7	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (7 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	7	0.028
VALVULAS Y INSTRUMENTOS (VALVULAS Y INSTRUMENTOS)				
12	15	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (15 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	15	0.061
13	20	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (20 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	20	0.082
14	14	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (14 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	14	0.057
15	1	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 1.00 MTS. (1 x 1/2 x 3/8 x 1.00)	1	0.004
16	12	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (12 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	12	0.050
ACCESORIOS (ACCESORIOS)				
17	4	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (4 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	4	0.016
18	1	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 1.00 MTS. (1 x 1/2 x 3/8 x 1.00)	1	0.004
19	4	VALVULA DE CONTROL... 1/2" x 3/8" x 3.00 MTS. (4 x 1/2 x 3/8 x 3.00)	4	0.016

1. TOMA LAS DIMENSIONES Y ELEVACIONES ESTAS BIASAS EN MM. 2. TOMA LAS DIMENSIONES DEBE SER VERIFICADA EN CAMPO ANTES DE LA PREPARACION POR EL CONTRATISTA. 3. EN CASO DE QUE SE CAMBIE EN EL CAMPO POR EL CONTRATISTA 4. SI EN ALGUNA DE LAS BIASAS NO SE HA VERIFICADO	NOMBRES GENERALES			PLANO DE REFERENCIA		FECHA			FIRMAS			
	NOMBRE		TITULO		Nº	FECHA	FECHA			FECHA		
	PL - F - 001	PL - F - 001	PL - F - 001	PL - F - 001	1	01/10/21	01/10/21			01/10/21		

NOMBRE PROYECTO: SISTEMA DE FILTRADO (TRISIS POSGRADO)			
TRABAJO PROYECTO: SISTEMA DE FILTRADO (TRISIS POSGRADO)			
PROYECTO POR: WILSON RAYCANDI & JOSE MOURARIANO			
FECHA	TRABAJO Nº	PLANO Nº	REV.
01/10/21	01	001	001

Anexo 7. Isométrico brazo A unidad de filtrado

PROYECTO TITULACIÓN - UNIDAD FILTRADO



NO.	TIPO	CANTIDAD	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	DETALLE
UNIDADES [MATERIALES]					
1	1/2"	0.40		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
2	1/2"	1.10		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
3	1/2"	25.00		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
UNIDADES [ACCESORIOS]					
4	1/2"	5		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
5	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
6	1/2"	2		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
UNIDADES [VALVULAS]					
7	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
8	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
UNIDADES [MATERIALES]					
9	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
10	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
11	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
MATERIALES Y EQUIPOS DE OBRAS					
12	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
13	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
14	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
15	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
16	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
MATERIAS PRIMAS					
17	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	
18	1/2"	1		ARMADO FILTRADO-PROTECTOR BRASO B (DESCARGA)	

NOTAS GENERALES	PLANOS DE REFERENCIA	FECHA	REVISIÓN	REVISADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA
1. TODAS LAS DIMENSIONES Y REVISIONES DEBE SER DE LA PREPARACION POR EL DISEÑADOR.	PLAN DE ALA - SECCION GENERAL DE OBRAS (BRASO B)	01/10/21	1	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21
2. TODAS LAS DIMENSIONES DEBE SER CORRIENTES DE CANTO MENOS DE LA PREPARACION POR EL DISEÑADOR.	PLAN DE ALA - SECCION GENERAL DE OBRAS (BRASO B)	01/10/21	2	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21
3. LOS MATERIALES DE CANTO DEBE SER OBTENIDOS POR EL CONSTRUCTOR.	PLAN DE ALA - SECCION GENERAL DE OBRAS (BRASO B)	01/10/21	3	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21
4. SIPOD, ARMADO EN HOLA NO DEBE SER PINTADO.	PLAN DE ALA - SECCION GENERAL DE OBRAS (BRASO B)	01/10/21	4	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21	WILSON RAMONCHICO & JOSE MOLINEROS	01/10/21

Anexo 8. Isométrico brazo B unidad de filtrado

PROYECTO TITULACIÓN - UNIDAD FILTRADO

UNIDAD FILTRADO (UNIDAD FILTRADA)		
DESCRIPCIÓN RESUMIDA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	
1	2" 1/2" 304	TRUBO CILÍNDRICO 100' 00" DE LARGO 2" 1/2" 304
2	1" 304	TRUBO CILÍNDRICO 100' 00" DE LARGO 1" 304
3	3/4" 304	TRUBO CILÍNDRICO 100' 00" DE LARGO 3/4" 304
ACCESORIOS (VER TABLA)		
4	8"	VALVULA DE CIERRE 8" 304
5	8"	VALVULA DE CIERRE 8" 304
6	8"	VALVULA DE CIERRE 8" 304
CONEXIONES (VER TABLA)		
7	2"	CONEXION 2" 304
8	1 1/2"	CONEXION 1 1/2" 304
TUBERIAS (VER TABLA)		
9	2" 304	TUBERIA 2" 304
10	1" 304	TUBERIA 1" 304
11	3/4" 304	TUBERIA 3/4" 304
DETALLE DE CONEXIONES (VER TABLA)		
12	2"	CONEXION 2" 304
13	1 1/2"	CONEXION 1 1/2" 304
14	3/4"	CONEXION 3/4" 304
15	2"	CONEXION 2" 304
16	1 1/2"	CONEXION 1 1/2" 304
VALVULAS (VER TABLA)		
17	2"	VALVULA 2" 304
18	1"	VALVULA 1" 304
19	3/4"	VALVULA 3/4" 304

NOTAS GENERALES

1. TITULO DE DISEÑO Y CANTIDADES SON UNAS UNIDADES.
2. TITULO DE DISEÑO SON UNIDADES DE UNIDADES DE LA PREPARACION POR...
3. LAS DIMENSIONES DE CADA UNO DE LOS ELEMENTOS DE LA CONSTRUCCION...
4. UNIDADES DE MEDIDA SON EN METROS.

PLANOS DE REFERENCIA		DESCRIPCIÓN		FECHA		AUTOR		REVISOR	
PL-01	PL-02	1	CONSTRUCCION	01/10/21	WILSON RIVERO	JOSE MOLINARI	01/10/21	WILSON RIVERO	JOSE MOLINARI
PL-03	PL-04	2	CONSTRUCCION	01/10/21	WILSON RIVERO	JOSE MOLINARI	01/10/21	WILSON RIVERO	JOSE MOLINARI
PL-05	PL-06	3	CONSTRUCCION	01/10/21	WILSON RIVERO	JOSE MOLINARI	01/10/21	WILSON RIVERO	JOSE MOLINARI

SISTEMA DE FILTRADO (TESIS POSGRADO)

FECHA: 01/10/21
 AUTORA: WILSON RIVERO
 COAUTORA: JOSE MOLINARI
 INSTITUCION: UNIV. DE LOS RIOS

Anexo 9. Lista de materiales seleccionados para el diseño del sistema de filtrado

LISTA DE MATERIALES [BILL OF MATERIALS]				
ITEM	TAMAÑO [SIZE (IN)]	CANTIDAD [QTY]	DESCRIPTION [DESCRIPCION]	
			ESPAÑOL [SPANISH]	INGLES [ENGLISH]
TUBERIA [PIPE]				
1	3/4"	12 m	TUBERIA, CEDULA 160, ASTM-A106 GR B O API -5L SIN COSTURA	PIPE, SCH 160, ASTM-A106 GR B/API-5L GR B SEAMLESS
2	1"	14 m	TUBERIA, CEDULA STD, ASTM-A106 GR B O API -5L SIN COSTURA	PIPE, SCH STD, ASTM-A106 GR B/API-5L GR B SEAMLESS
3	8"	26 m	TUBERIA, CEDULA STD, ASTM-A106 GR B O API -5L SIN COSTURA	PIPE, SCH STD, ASTM-A106 GR B/API-5L GR B SEAMLESS
ACCESORIOS [FITTINGS]				
4	8"	8	CODO DE 90 GRADOS, RADIO LARGO, CEDULA STD, ASTM-A234 GR WPB	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, SCH STD, ASTM-A234 GR WPB
5	8"	1	FILTRO TIPO "Y", 300# ANSI, CARA RESALTADA, ASTM-A216 GR WCB, MALLA PERFORADA DE 53 micrón, DRENAJE DE X" NPT	STRAINER TYPE "Y", 300# ANSI, RAISED FACE FLANGED ENDS, ASTM-A216 GR WCB BODY, PERFORATED SCREEN mesh 270, TAPPED X" NPT
6	8"	2	TE RECTA, CEDULA STD, EXTREMOS BISELADOS, ASTM-A234 GR WCB	STRAIGHT TEE, SCH STD, ASTM-A234 GR WPB
CONEXIONES [OLETS]				
7	8"x1"	2	SOCKOLET, 8"x1" ND, 3000 LB, BWXSW, 13/16" LG, ASME B16.11	SOCKOLET, 3000 LB, BWXSW, 13/16" LG, ASME B16.11
8	8"x3/4"	6	SOCKOLET, 8"x3/4" ND, 3000 LB, BWXSW, 9/16" LG, ASME B16.11	SOCKOLET, 3000 LB, BWXSW, 9/16" LG, ASME B16.11, ASTM A105
BRIDAS [FLANGES]				
9	3/4"	4	BRIDA DE INSERTO SOLDABLE, 300LB ANSI, CEDULA 160, CARA RESALTADA, ASTM-A105	SOCKET WELD FLANGE, 300LB ANSI, SCH 160, RAISED FACE, ASTM-A105
10	1"	4	BRIDA DE CUELLO SOLDABLE, 300LB ANSI, CEDULA STD, CARA RESALTADA, ASTM-A105	WELDED NECK FLANGE, 300LB ANSI, SCH STD, RAISED FACE, ASTM-A105
11	8"	12	BRIDA DE CUELLO SOLDABLE, 300LB ANSI, CEDULA STD, CARA RESALTADA, ASTM-A105	WELDED NECK FLANGE, 300LB ANSI, SCH STD, RAISED FACE, ASTM-A105
EMPAQUES Y ESPARRAGOS [GASKETS AND STUD BOLTS]				
12	5/8"x3 1/4"	16	ESPARRAGOS, ASTM A-193 GR B7, CON 2 TUERCAS PESADAS ASTM A-194 GR B2H, CADNIADOS	STUD BOLTS, ASTM A-193 GR B7, WITH TWO HEAVY HEX NUTS ASTM A-194 GR B2H, CADMIUM PLATED
13	3/4"x5"	20	ESPARRAGOS, ASTM A-193 GR B7, CON 2 TUERCAS PESADAS ASTM A-194 GR B2H, CADNIADOS	STUD BOLTS, ASTM A-193 GR B7, WITH TWO HEAVY HEX NUTS ASTM A-194 GR B2H, CADMIUM PLATED

14	3/4"x5 3/4"	144	ESPARRAGOS, ASTM A-193 GR B7, CON 2 TUERCAS PESADAS ASTM A-194 GR B2H, CADNIADOS	STUD BOLTS, ASTM A-193 GR B7, WITH TWO HEAVY HEX NUTS ASTM A-194 GR B2H, CADMIUM PLATED
15	1"	4	EMPAQUE, 300LB ANSI, CARA RESALTADA, ANILLO DE 3/16" DE ESPESOR, MATERIAL DEL ESPIRAL DE 304SS, GRAFITO FLEXIBLE CG, CON ANILLO EXTERIOR DE ACERO AL CARBONO, RESISTENTES AL GLP	ASKET, 300LB ANSI, RAISED FACE, RING 3/16" THK, 304 SS SPIRAL WOUND, FILLER MATERIAL (FLEXIBLE MATERIAL FG) WITH CS OUTER RING
16	8"	12	EMPAQUE, 300LB ANSI, CARA RESALTADA, ANILLO DE 3/16" DE ESPESOR, MATERIAL DEL ESPIRAL DE 304SS, GRAFITO FLEXIBLE CG, CON ANILLO EXTERIOR DE ACERO AL CARBONO, RESISTENTES AL GLP	GASKET, 300LB ANSI, RAISED FACE, RING 3/16" THK, 304 SS SPIRAL WOUND, FILLER MATERIAL (FLEXIBLE MATERIAL FG) WITH CS OUTER RING
VALVULAS [VALVES]				
17	3/4"	6	VALVULA DE BOLA, 1480 PSI @ 100°F, CARCAZA DE ASTM-A182 GR F316, INSERTO SOLDABLES, PASO REDUCIDO, A PRUEBA DE FUEGO, TAG VE1	BALL VALVE, 1480 PSI @ 100°F, ASTM-A182 GR F316 BODY, SOCKET WELD ENDS, REDUCED PORT, FIRESAFE, TAG VE1
18	1"	4	VALVULA DE BOLA, 1480 PSI @ 100°F, CARCAZA DE ASTM-A182 GR F316, INSERTO SOLDABLES, PASO REDUCIDO, A PRUEBA DE FUEGO, TAG VE1	BALL VALVE, 1480 PSI @ 100°F, ASTM-A182 GR F316 BODY, SOCKET WELD ENDS, REDUCED PORT, FIRESAFE, TAG VE1
19	8"	4	VALVULA DE BOLA, 300# ANSI, CARCAZA ASTM-A216 GR WCB, CARA RESALTADA, PASO REDUCIDO, A PRUEBA DE FUEGO, TAG VB2	BALL VALVE, 300# ANSI, ASTM-A216 GR WCB BODY, RAICED FACE FLANGED ENDS, REDUCED PORT, FIRE SAFE, TAG VB2