



**Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un sistema de alta presión para la
reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al Poliducto Shushufindi–
Quito en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador**

García Viana, David Israel

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Mecánica

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico

Ing. Villavicencio Poveda, Ángelo Homero MSc.

9 de julio del 2021



Urkund Analysis Result

Analysed Document: INGENIERIA CONCEPTUAL, BASICA Y DE DETALLE DE UN SISTEMA DE ALTA PRESION PARA LA REINYECCION DE LAS INTERFASES RECUPERADAS DE GASOLINA BASE DEL POLIDUCTO SHUSHUFINDI QUITO EN EL TERMINAL OYAMBARO.pdf (D110278698)

Submitted: 7/8/2021 6:11:00 PM

Submitted By: ahvillavicencio@espe.edu.ec

Significance: 3 %

Sources included in the report:

35126-Yucra Flores, Moises.pdf (D105810594)

1442243467_633_Proyecto%252Bde%252BFacilidades.pdf (D15276391)

TESIS.docx (D54895292)

85e17e69-c327-4b16-ba30-96c098f6f2b7

https://www.adfg.alaska.gov/FDDDOCS/NOM_PDFs/SEA/14-038.PDF

<https://docplayer.es/64173550-El-expresidente-de-costa-rica-confiesa-que-se-le-incito-a-dar-un-cuartelazo.html>

<http://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/487/1/TESIS%20RIOSNARVAEZ%20CESAR%20ANTONIO.pdf>

<https://1library.co/document/zx56p54q-estudio-perdidas-energeticas-poliducto-shushufindi-quito-influencia-propiedades.html>

<https://docplayer.es/72301822-Escuela-politecnica-nacional.html>


<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20101/1/CD-9543.pdf>

<https://www.slideshare.net/villo011/caso-bomba-ed3>

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/45794/3560901544067UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instances where selected sources appear:

19


 Ing. Angelo Villavicencio Pareda MSc
 DIRECTOR PROYECTO TITULACION



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, **“Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al Poliducto Shushufindi – Quito en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador”** fue realizado por el señor **García Viana, David Israel** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 09 de julio de 2021

Firma

.....

Ing. Villavicencio Poveda, Ángelo Homero MSc.

C. C: 170933893-1



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Yo, **García Viana, David Israel**, con cédula de ciudadanía N° 1721022786, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **“Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al Poliducto Shushufindi – Quito en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Sangolquí, 09 de julio de 2021


.....
García Viana, David Israel
C.C.: 1721022786



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo **García Viana, David Israel**, con cédula de ciudadanía N° 1721022786, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **“Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al Poliducto Shushufindi – Quito en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Sangolquí, 09 de julio de 2021

.....
García Viana, David Israel

C.C.: 1721022786

Dedicatoria

Dedico esta etapa de mi vida a mi madre, que, aunque no tuvo el mejor hijo nunca dejó de estar a mi lado, me enseñó dedicación, esfuerzo y las ganas de seguir adelante, jamás estuvimos rodeados de lujos, pero siempre hubo pan en la mesa, vestimenta y un abrazo de que todo va a mejorar, quiero que sepa que esta meta es de los dos, Dios le pague Diana Viana.

A mi compañero de vida hermano Jhosué, nunca olvidaré cada amanecida que estuviste a mi lado con una palabra de aliento “si puedes no te rindas”, jamás te voy a dejar solo y cada triunfo que logre estarás a mi lado.

A mi padre Salomón que con cada descuido que tuvo forjó un hombre de bien, responsable y sin miedo a la vida, los años que estuve a su lado me hicieron lo que hoy soy, gracias por cada partido de fútbol, y sobre todo gracias por no sobreprotegerme lo cual me hizo más fuerte.

A mi mamita Olguita que es la persona que más quiero en la vida, ahora estamos juntos cumpliendo esta meta y espero tenerle conmigo más años para devolverle todo lo que ha hecho por su nieto, la bendición suya nunca me ha faltado y me ha llevado con bien todo este tiempo.

David García, 2021

Agradecimiento

A mi Divino Niño por cuidarme en las buenas y malas etapas que me han traído hasta este día.

A toda mi familia que con todos sus esfuerzos han permitido que cumpla uno de mis sueños, especialmente mis tías y primos de parte de madre.

A la vida que me dio tres hermanos de sangre con los cuales compartí varias experiencias en este camino, Andrés, Jhosué y Roberto.

A mis mejores amigos que los consideró como hermanos, José Mena que nunca me dejaste solo y lo que te caracteriza es la felicidad que tienes el ver a tus personas cercanas triunfar, quiero que sepas que esto es mutuo, Santiago Maza fuiste mi compañero en la universidad aunque estudiamos diferentes carreras te agradezco por nunca dejarme de lado, por los consejos y apoyo, Andrés Rojas aunque te fuiste a España terminando el colegio te agradezco por la amistad brindada y el ayudarme con mi autoestima y Santiago Tapia el amigo que me enseñó a ser una buena persona, humilde y con principios.

A mi novia Paola Osorio, que ha contribuido estos dos años con tiempo, amor y paciencia en todos mis logros tanto académicos como laborales, gracias por todo el apoyo.

A mi tutor, profesor y amigo, Ing. Ángelo Villavicencio, por ayudarme a finalizar este proyecto de investigación, el que los amigos son pocos y basta contarlos con los dedos de la mano, gracias por todos sus consejos, y a la ESPE, docentes y la Carrera de Ingeniería Mecánica por formarme como profesional y persona, en sus aulas se queda una parte de mi corazón.

Finalmente quiero agradecer a la EP. Petroecuador y todo el personal que conforma la Intendencia de Mantenimiento de Terminales Norte por abrirme las puertas, Ingenieros Danny, Pamelita, Paúl, Carlitos y Cesar por apoyarme tanto en mis prácticas preprofesionales como la realización de mi tesis, y un agradecimiento especial a Ing. Leoni Arias (Subgerente de Transporte) que sin conocerme y de manera desinteresada me colaboró en todo lo que pudo, quiero que sepa que la oportunidad brindada cambio mi vida, Bendiciones.

David García, 2021

Índice de Contenidos

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenidos	9
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras	18
Glosario Técnico.....	21
Resumen	23
Abstract.....	24
Capítulo I: Generalidades.....	25
Antecedentes.....	25
Planteamiento del Problema	26
Justificación e importancia	27
Objetivos.....	29
Objetivo General.....	29
Objetivos Específicos	29
Alcance.....	29
Capítulo II: Marco Teórico.....	31
Propiedades de los fluidos.....	31
Densidad (ASTM D-1298).....	31
Densidad relativa (Gravedad específica)	31

	10
Gravedad API (ASTM D1298)	31
Peso específico	32
Viscosidad dinámica (ASTM D445-15)	32
Viscosidad cinemática (ASTM D445-15)	33
Presión de un fluido.....	34
Tasa de flujo de un fluido	34
Número de Reynolds	34
Números de Reynolds Críticos.....	35
Ecuación de la continuidad.....	35
Ganancias y pérdidas de energía	36
Bombas	36
Turbinas y motores	37
Equipos que aportan energía al proceso de transporte Refinería Shushufindi	38
Fricción del fluido	39
Válvulas y accesorios	39
Ecuación general de la energía	40
Nomenclatura de las pérdidas y ganancias de energía	40
Ecuación de Darcy – Pérdidas mayores	41
Ecuaciones para el factor de fricción.....	41
Flujo laminar	41

	11
Flujo turbulento	42
Pérdidas menores	42
Potencia que requiere una bomba	42
Clasificación de bombas hidráulicas	43
Características generales	44
Bombas utilizadas en la industria de hidrocarburos	45
Aplicaciones de las bombas en la industria OIL & GAS.....	47
Tipos de medición para transferencia de custodia.....	48
Tren de medición	48
Aforo de tanques	50
Norma ASME B31.3.....	52
Tipos de fluidos.....	52
Norma ASME B31.4.....	52
Especificaciones para tubería, válvulas y accesorios (Piping Class).....	53
Fotometría y Laser SCAN (Levantamiento en campo).....	54
Plan de vuelo	54
Apoyo topográfico	55
Levantamiento LIDAR Terrestre	56
Capítulo III: Ingeniería Conceptual.....	58
Requerimientos de la empresa.....	58

	12
Ubicación geográfica	58
Condiciones ambientales.....	58
Fluido para la reinyección.....	59
Toma de datos del Poliducto Shushufindi-Quito.....	59
Análisis del balance de movimiento de producto	62
Identificación de los criterios del cliente	63
Capítulo IV. Ingeniería Básica.....	64
Elaboración Pipe Class and Piping Specifications del Terminal Oyambaro	64
Alcance.....	64
Códigos y estándares	65
Codificación de equipos.....	66
Codificación de línea.....	69
Codificación de Válvulas.....	72
Resumen de Especificaciones de Ingeniería para Tuberías	74
Especificación de Ingeniería Para Tubería (Spec)	75
Tabla de conexiones de derivación en tuberías.....	95
Soldadura Terminal Oyambaro.....	96
Distancias importantes para tuberías.....	96
Análisis y selección de bomba hidráulica adecuada	98
Cálculos Básicos	99

MOPRO Actual VS MOPRO Ingeniería	99
Selección para transferencia de custodia.....	100
Procedimiento de medición para Tanque Slop	101
Capítulo V. Ingeniería de Detalle	103
Consideraciones generales de diseño.....	103
Criterios de diseño para disciplinas de ingeniería	103
Criterios de diseño de procesos	103
Criterios de diseño de tubería	104
Cálculo de NPSH y potencia hidráulica requerida por el sistema.....	108
Cálculo para determinar la carga de aspiración neta positiva disponible (NPSH)	108
Cálculo para determinar la potencia que la bomba agrega al fluido	117
Dimensionamiento de tubería y accesorios	123
Cálculo de espesor y selección de material.....	123
Succión de la bomba.....	124
Descarga de la bomba	128
Prueba hidrostática	131
Accesorios THD & SW	131
Especificación de soldadura.....	132
Procesos de soldadura aceptados por EP. Petroecuador	132
Material base.....	133

Clasificación de procesos SMAW y GTAW	133
Softwares para el modelado 3D y elaboración de planos	134
Descripción del Software ReCap Pro	134
Descripción del Software AutoCAD Plant 3D.....	136
Levantamiento en campo con escáner laser	136
Configuración del proyecto en AutoCAD Plant 3D	137
Cargar documento 03-B-81-EP-001 de EP. Petroecuador al Spec editor	138
Construcción del ruteo de la tubería y ubicación de la bomba.....	138
Configuración hoja detalle de planos	140
Presentación de planos de ingeniería.....	144
Plano Plot Plan.....	144
Plano de Implantación de equipos	144
Plano modelo 3D	144
Plano Key Plan	145
Planos de ruta	145
Plano de elevación y corte.....	145
Planos isométricos constructivos	146
Lista de personal, materiales, equipos y consumibles	146
Pruebas, ensayos destructivos y no destructivos.....	154
Para tubería de proceso	155

Prueba hidrostática	155
Cimentaciones y pernos de anclaje	158
Capítulo VI. Análisis Económico	159
Costos directos	159
Costos indirectos	167
Costo total.....	168
VAN & TIR	169
Valor Actual Neto (VAN)	169
Tasa Interna de Retorno (TIR).....	171
Período de Recuperación de la Inversión (PRI)	171
Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones	173
Conclusiones	173
Recomendaciones.....	175
Referencias.....	177
Anexos.....	180

Índice de Tablas

Tabla 1 Propiedades de los fluidos que transporta el poliducto SH-Q.....	33
Tabla 2 Datos bomba para transporte Poliducto Shushufindi.....	38
Tabla 3 <i>Códigos mandatorios en OIL & GAS</i>	53
Tabla 4 <i>Condiciones ambientales Terminal Oyambaro</i>	58
Tabla 5 <i>Propiedades gasolina base</i>	59
Tabla 6 <i>Historial de presiones Poliducto Shushufindi-Quito, año 2020</i>	60
Tabla 7 <i>Balance de movimiento de producto gasolina base</i>	62
Tabla 8 <i>Requisitos del cliente para la reinyección</i>	63
Tabla 9 <i>Homologación de fluidos Terminal Oyambaro</i>	70
Tabla 10 <i>Especificaciones actualizadas</i>	72
Tabla 11 <i>Resumen especificaciones Terminal Oyambaro</i>	74
Tabla 12 <i>Especificación BC1</i>	75
Tabla 13 <i>Detalle especificación BC1 para válvulas y accesorios</i>	76
Tabla 14 <i>Especificación CC1</i>	79
Tabla 15 <i>Detalle especificación CC1 para válvulas y accesorios</i>	80
Tabla 16 <i>Especificación DC1</i>	83
Tabla 17 <i>Detalle y especificación DC1 para válvulas y accesorios</i>	84
Tabla 18 <i>Especificación EC1</i>	87
Tabla 19 <i>Detalle y especificación EC1 para válvulas y accesorios</i>	88
Tabla 20 <i>Especificación FC1</i>	91
Tabla 21 <i>Detalle y especificación FC1 para válvulas y accesorios</i>	92
Tabla 22 <i>Distancia entre Soportes de Tuberías</i>	96
Tabla 23 <i>Separación mínima entre tuberías (mm)</i>	97
Tabla 24 <i>Matriz de selección bomba hidráulica</i>	99
Tabla 25 <i>Accesorios de tubería para cuatro pulgadas</i>	112

Tabla 26 <i>Accesorios de tubería para dos pulgadas</i>	115
Tabla 27 <i>Velocidades del transporte por tubería según el diámetro</i>	118
Tabla 28 <i>Accesorios de tubería para una pulgada</i>	120
Tabla 29 <i>Lista de personal, ingeniería y construcción</i>	147
Tabla 30 <i>Lista de materiales</i>	148
Tabla 31 <i>Lista de equipo de protección personal</i>	151
Tabla 32 <i>Lista de equipo industrial y ofimática</i>	152
Tabla 33 <i>Lista de consumibles y softwares</i>	153
Tabla 34 <i>Costos directos de personal, ingeniería y construcción</i>	159
Tabla 35 <i>Costos directos de materiales</i>	160
Tabla 36 <i>Costos directos equipo de protección personal</i>	164
Tabla 37 <i>Costos directos equipo industrial y ofimática</i>	165
Tabla 38 <i>Costos directos consumibles y softwares</i>	166
Tabla 39 <i>Costos indirectos personal administrativo</i>	167
Tabla 40 <i>Costos indirectos alimentación, transporte y hospedaje</i>	167
Tabla 41 <i>Misceláneos</i>	168
Tabla 42 <i>Costo total del proyecto</i>	168
Tabla 43 <i>Flujos Monetarios Reinyección EP. Petroecuador</i>	170
Tabla 44 <i>Resultados del VAN, TIR y PRI</i>	172

Índice de Figuras

Figura 1 Autotanque en la Isla de Carga	27
Figura 2 Precio de derivados de los hidrocarburos a nivel de terminal	28
Figura 3 Porción de un sistema de distribución de fluido en el que hay variaciones de velocidad, presión y elevación.....	36
Figura 4 Bomba hidráulica.....	37
Figura 5 Turbina hidráulica.....	37
Figura 6 Diagrama de funcionamiento de los sistemas de bombeo en la estación Shushufindi.....	38
Figura 7 Arreglo de válvulas y accesorios en tubería.....	39
Figura 8 Sistema de flujo hidráulico para la ecuación general de la energía	40
Figura 9 Clasificación bombas desplazamiento positivo	43
Figura 10 Clasificación bombas dinámicas	44
Figura 11 Corte mecanismo bomba de pistón.....	45
Figura 12 Bomba dosificadora de diafragma.....	46
Figura 13 Bomba centrífuga	46
Figura 14 Sectores de la industria hidrocarburífera.....	47
Figura 15 Tren de medición.....	48
Figura 16 Medidor desplazamiento positivo Smith Meter	49
Figura 17 Medidor tipo turbina.....	49
Figura 18 Medidor Efecto Coriolis	50
Figura 19 Medidor Ultrasónico	50
Figura 20 Fines de la medición de producto en tanques.....	51
Figura 21 <i>Tabla de aforo tanque Slop EP. Petroecuador</i>	51
Figura 22 <i>Cinta para aforo sondeo y aforo de vacío</i>	52
Figura 23 <i>Vuelo con dron en Terminal Oyambaro</i>	55

Figura 24 Programa Pix4Ddiscovery (Terminal Oyambaro).....	56
Figura 25 Posicionamiento targets	57
Figura 26 Ubicación geográfica del Terminal Oyambaro	58
Figura 27 Perfil de presiones Poliducto Shushufindi-Quito, año 2020	60
Figura 28 Transmisor de presión PIT_031300_A.....	61
Figura 29 Transporte de derivados entre Refinerías y Terminales	61
Figura 30 Ramificaciones Terminal Oyambaro	95
Figura 31 Variables bomba centrífuga multietapa-alta presión 6x6	98
Figura 32 Variables bomba dosificadora PRIMEROYAL 6x6.....	98
Figura 33 Tasa de flujo mínima Medidor Smith Meter6x6.....	101
Figura 34 Diagrama de medición tanque vertical	102
Figura 35 Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.....	104
Figura 36 Factor de fricción tubería 4 pulgadas según diagrama de Moody....	110
Figura 37 Factor de fricción tubería 2 pulgadas según diagrama de Moody....	114
Figura 38 Factor de fricción tubería 1 pulgada según diagrama de Moody	119
Figura 39 Serie de la bomba dosificadora Milton Roy	122
Figura 40 Datos técnicos de la bomba dosificadora Milton Roy.....	123
Figura 41 Tabla para hallar S, en base a la temperatura	124
Figura 42 Tabla para hallar E, factor de calidad en juntas	125
Figura 43 Tabla para hallar W, factor de reducción.....	125
Figura 44 Coeficiente Y, según el tipo de material y temperatura.....	126
Figura 45 Coeficiente E, factor de la junta soldada.....	129
Figura 46 Tabla para hallar el esfuerzo mínimo a la fluencia.....	130
Figura 47 Nube de puntos Terminal Oyambaro	135
Figura 48 Real View Terminal Oyambaro.....	135

Figura 49 <i>Terminal Oyambaro restituído en AutoCAD Plant 3D</i>	136
Figura 50 <i>Levantamiento Escáner Faro 3D por parte de ECUADRONE S.A... 137</i>	137
Figura 51 <i>Especificación EC1 del Terminal Oyambaro.....</i>	138
Figura 52 <i>Ubicación de la Bomba Dosificadora.....</i>	139
Figura 53 <i>Línea de descarga conexión Poliducto SH-Q.....</i>	139
Figura 54 <i>Paso uno: Ingreso a configuración del proyecto</i>	140
Figura 55 <i>Paso uno: Ingreso a configuración del proyecto</i>	141
Figura 56 <i>Paso tres: Creación de nuevo layout empresarial.....</i>	141
Figura 57 <i>Paso cuatro: Áreas dinámicas de dibujo</i>	142
Figura 58 <i>Paso cinco: Cambio de formato tablas de especificaciones</i>	142
Figura 59 <i>Paso seis: Formato lámina empresarial completo.....</i>	143
Figura 60 <i>Paso siete: Vista previa formato EP. Petroecuador</i>	143

Glosario Técnico

g	: Gravedad
ρ	: Densidad
ν	: Viscosidad
Q	: Tasa de flujo
V_1	: Velocidad punto uno
V_2	: Velocidad punto dos
P_1	: Presión punto uno
P_2	: Presión punto dos
P_v	: Presión de vapor
P_o	: Presión de operación
P_d	: Presión de diseño
P_H	: Presión de prueba hidrostática
Z_1	: Nivel de altura punto uno
Z_2	: Nivel de altura punto dos
H_b	: Carga hidrostática bomba - metros
h_m	: Pérdidas menores
h_M	: Pérdidas mayores
h_T	: Pérdidas totales en el sistema
C	: Carga hidrostática – unidad de presión
W_b	: Potencia de la bomba
$NPSH$	: Carga aspiración neta positiva
d	: Diámetro interno de la tubería
D_o	: Diámetro externo de la tubería
A	: Área de contacto con el fluido

v	: Velocidad del fluido
N_{Re}	: Número de Reynolds
ε	: Rugosidad
f	: Factor de fricción
K	: Factor pérdidas en accesorios
L	: Longitud de tubería
T_d	: Temperatura de diseño
S	: Esfuerzo permisible del material
CA	: Corrosión admisible
GLP	: Gas licuado de petróleo
HMI	: Interfaz Hombre - Máquina
PIT	: Transmisor de presión
$TICs$	: Tecnologías de la información y la comunicación
$MOPRO$	: Movimiento de producto
TOP	: Parte superior de la tubería
BOP	: Parte inferior de la tubería
NPS	: Tamaño nominal de la tubería
BIM	: Gestión de información para la construcción
END	: Ensayos no destructivos
PPH	: Prueba de presión hidrostática
VAN	: Valor actual neto
TIR	: Tasa interna de retorno
PRI	: Período de recuperación de la inversión

Resumen

El presente proyecto de grado desarrolla la Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle, que permite reinyectar al Poliducto Shushufindi-Quito las interfaces recuperadas de gasolina base en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador. Inicialmente para la Ingeniería Conceptual se identifican los requerimientos de la empresa del sistema de alta presión utilizado en la reinyección. En la Ingeniería Básica se realiza el documento de clases y especificaciones de tubería, que facilitará la procura en la etapa de construcción teniendo en cuenta la disponibilidad del mercado ecuatoriano. En la Ingeniería de Detalle mediante la implementación de las normas ASME B31.3, API MPMS, ANSI/ASME B16, API 675, ASME BPVC, normativas nacionales e internacionales y el Reglamento Interno de Higiene y Seguridad de EP. Petroecuador; se diseña los aspectos constructivos del sistema de alta presión que reinyecte el producto gasolina base al Poliducto Shushufindi-Quito mediante una bomba dosificadora marca Milton Roy – Serie PrimeRoyal R, la cual se complementa con el levantamiento en campo que debido a la emergencia sanitaria a causa del “Covid 19” ocupa la tecnología Escáner Láser 3D marca FARO, para el modelado de las líneas de flujo del Terminal Oyambaro y planos se utiliza el programa AutoCAD Plant 3D que facilita obtener el listado de materiales, y finalmente con los costos directos, indirectos y totales se mide la factibilidad del proyecto ocupando los indicadores económicos VAN, TIR y PRI.

Palabras clave:

- **REINYECCIÓN**
- **BOMBA DOSIFICADORA**
- **ESCÁNER LÁSER 3D**
- **POLIDUCTO SHUSHUFINDI-QUITO**

Abstract

This degree project develops the Conceptual, Basic and Detail Engineering, that allows reinjecting to the Shushufindi-Quito pipeline the interfaces recovered from naphtha at the Oyambaro Terminal of EP. Petroecuador. Initially for the Conceptual Engineering, we identified the company's requirements for the high pressure used in the reinjection. Basic Engineering, class and piping specifications was made, which will facilitate the procurement in the construction stage, taking into account the availability of the Ecuadorian market. Detail Engineering through the implementation of ASME B31.3, API MPMS, ANSI/ASME MPMS, ANSI/ASME B16, API 675, ASME BPVC, national and international standards and the Internal Regulation of Hygiene and Safety of EP. Petroecuador; the constructive aspects of the high pressure system that re injects naphtha product to the Shushufindi-Quito pipeline through a dosing pump brand Milton Roy - PrimeRoyal R Series, which is complemented with the field survey that due to the field survey which, due to the sanitary emergency caused by "Covid 19", Laser Scanner technology FARO 3D was used, for model the flow lines of the Oyambaro Terminal flow lines and plans using the AutoCAD Plant 3D software, which facilitates the the list of materials, and finally, with the direct, indirect and total costs, the feasibility of the project is measured using the economic indicators: NPV, IRR and PRI.

Keywords:

- **REINJECT**
- **DOSING PUMP**
- **3D LASER SCANNER**
- **SHUSHUFINDI-QUITO PIPELINE**

Capítulo I: Generalidades

Antecedentes

La Empresa Pública de Hidrocarburos del Ecuador “EP. Petroecuador”, maneja el sector hidrocarburífero con alcance nacional e internacional, mediante la refinación, transporte, almacenamiento y comercialización de hidrocarburos la misma que garantiza el abastecimiento interno de productos de calidad, priorizando la preservación del medio ambiente y tomando medidas eficientes de control sobre su sistema de Poliductos, entre los cuales se incluye al Poliducto Shushufindi-Quito, buscando disminuir al máximo las pérdidas por fallas humanas y tiempos de producción (EP.Petroecuador, 2019).

El Terminal de GLP Oyambaro que se interconecta con el Poliducto Shushufindi-Quito en el Kilómetro 278+500 [m], por intermedio de una tubería de diámetro de 6 pulgadas. Se recibe el Gas Licuado de Petróleo y la interface GLP-Gasolina Base, la instalación avanza con un tren de reducción de presión, cuyo objetivo es reducir el rango de presiones iniciales de [900-1300] PSI hasta los [30-150] PSI (Dany, 2013).

Mediante la diferencia de presiones, se traslada una interface de la partida de Gas Licuado de Petróleo – Gasolina Base hacia el Tanque Bullet o Tanque de Alivio, siendo este un separador de hidrocarburos que por medio del proceso de decantación separa el gas GLP de la gasolina base, cuya presión inicial varía entre [30-80] PSI (Dany, 2013).

La gasolina base separada en el Tanque Bullet se almacena en el tanque atmosférico que recibe el nombre de Tanque Slop, donde se realizan muestreos con un termo-hidrómetro, y la gravedad específica tiene un rango comprendido entre 0.700 a 0.725 g/cm³, que contiene trazas de gas, que por medio del venteo en el Tanque Slop y por recirculación del producto se eliminan (Dany, 2013).

El despacho de la gasolina base se realiza desde el Tanque Slop, utilizando la bomba centrífuga número 8 con caudal de 300 GPM, hacia el autotanque, en la isla de

carga que transporta el derivado de petróleo hacia El Terminal de Productos Limpios El Beaterio (Dany, 2013).

Planteamiento del Problema

El Poliducto Shushufindi-Quito construido en el año 1979 transporta alrededor de 10800 BPD de derivados de petróleo (diésel 2, gasolina base y GLP) desde la Refinería Amazonas a los terminales de almacenamiento Oyambaro y El Beaterio a través de una tubería de 304.8 km de longitud los mayores volúmenes transportados corresponden a gasolina base el (62%) y GLP el (35 %) (Ochoa, 2018). Los derivados de petróleo transportados por el poliducto son importantes para usos cotidianos en actividades industriales, comerciales, domésticas y de uso común dentro del país, por ende, se prevalece la necesidad del uso correcto y óptimo de transporte dentro de las regiones del Ecuador.

Actualmente, el transporte de gasolina base entre los Terminales Oyambaro y El Beaterio, en la cual EP. Petroecuador utiliza el servicio de autotanques para trasladar este derivado, manejando mensualmente 2 autotanques con capacidad de 8000 galones cada uno aumentando el costo de operación, además, otros inconvenientes operativos es el que puede ejercer sobre el obrero al realizar la transferencia de la gasolina base ya que se realiza mediante carga atmosférica.

Ante todas circunstancias es necesario la realización de este proyecto, debido a que EP. Petroecuador, no dispone de un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base, que elimine el transporte en autotanques.

Figura 1

Autotanque en la Isla de Carga



Nota: Despacho de gasolina base entre Terminales Beaterio – Oyambaro. Tomado de EP. Petroecuador. (2020).

Justificación e importancia

Los Terminales de Oyambaro y El Beaterio, tienen el propósito de encontrar una alternativa que les permita eliminar el actual movimiento del producto almacenado de gasolina base a través de autotanques.

La demanda de las interfaces recuperadas de gasolina base tiene un crecimiento del 26% con respecto al año 2018 (EP.Petroecuador, 2019), con un costo aproximado de transporte, personal, procesos operativos y póliza de seguro de 0,4069 [\$/gal] más un 15% por motivo de custodia militar.

En cuanto a un problema de naturaleza social debido a que esta sustancia puede ser usado como precursor químico para la fabricación y producción de estupefacientes, ya que incorporan su estructura molecular, por lo que resultan fundamentales al producto final de dicho, por lo tanto, esta situación hace que los autotanques sean propensos a ser sujetos a un riesgo laboral, al considerar un posible

atraco, y de que el trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo, estas condiciones se han visto solucionadas, por lo que se requiere custodia obligatoria por parte del Ejército Ecuatoriano, esto seguirá aumentando los costos de transporte de la gasolina base.

Figura 2

Precio de derivados de los hidrocarburos a nivel de terminal

DECRETOS EJECUTIVOS No. 338, 799, 352 y 619

PRODUCTO	Unidad de medida	PRECIO EN TERMINAL (Incluye el 12% del I.V.A.) Expresado en US\$
CRUDO REDUCIDO ELECTRICO 5,000 S.R.	Galones	\$ 0,423756
DESEL 2 PESQUERO	Galones	\$ 1,012704
DIESEL 2 CAMARONERO	Galones	\$ 1,367924
DIESEL 2 ATUNERO	Galones	\$ 1,367924
DIESEL 2 ELÉCTRICO	Galones	\$ 0,900704
DIESEL 2 / DIESEL PREMIUM (AUTOMOTRIZ)	Galones	\$ 0,900704
FUEL OIL 4 ELECTRICO LIBERTAD	Galones	\$ 0,537600
GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) AGRICOLA	Kilogramos	\$ 0,188384
GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) DOMÉSTICO	Kilogramos	\$ 0,106667
GAS LICUADO DE PETROLEO (G.L.P.) TAXIS	Kilogramos	\$ 0,188384
GASOLINA EXTRA AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 1,679000
GASOLINA EXTRA CON ETANOL AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 1,679000
GASOLINA EXTRA CAMARONERO	Galones	\$ 2,336227
GASOLINA EXTRA CON ETANOL CAMARONERO	Galones	\$ 2,392423
GASOLINA EXTRA PESQUERO	Galones	\$ 1,679000
GASOLINA EXTRA CON ETANOL PESQUERO	Galones	\$ 1,679000
GASOLINA PESCA ARTESANAL	Galones	\$ 0,799120
GASOLINA SUPER AUTOMOTRIZ	Galones	\$ 2,593233
MINERAL TURPENTINE	Galones	\$ 1,900714
RUBBER SOLVENT	Galones	\$ 1,871174
CEMENTOS ASFALTICOS NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,394912
ASFALTOS INDUSTRIALES NO OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,394912
CEMENTOS ASFALTICOS OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,298480
ASFALTOS INDUSTRIALES OBRA PUBLICA	Kilogramos	\$ 0,298480

Nota: Precios vigentes desde el 15 de enero de 2019, conforme Decreto Ejecutivo No. 619 y Acuerdo Interministerial No. 001-2019

Nota: Adaptado de (Gerencia de Comercialización Nacional EP. Petroecuador, 2019).

La Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un nuevo sistema de alta presión, permitirá optimizar los recursos del control operativo de los Terminales Oyambaro y El Beaterio, reduciendo significativamente costos, tiempos, actividades intrínsecas en el proceso y riesgos laborales en beneficio de la empresa pública EP. Petroecuador.

El presente estudio abre un abanico de opciones relacionado con diversas posibilidades tecnológicas aplicables para la implementación de un nuevo sistema de

alta presión, con el desarrollo adecuado del marco teórico y metodología de estudio, se encontrará la solución más factible para el propósito del proyecto.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar la Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al Poliducto Shushufindi-Quito en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador.

Objetivos Específicos

- Determinar las restricciones de diseño, a través de la medición de puntos de presión, análisis de tiempos operativos, movimiento de producto y costos.
- Analizar alternativas de medición para transferencia de custodia entre las Terminales El Beaterio y Oyambaro.
- Desarrollar todos los aspectos técnicos necesarios para la construcción del sistema de alta presión que reinyecte la gasolina base al Poliducto Shushufindi-Quito de la Ingeniería de Detalle.
- Establecer la factibilidad técnica-económica del sistema de reinyección del proyecto.

Alcance

Desarrollar la Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle del proyecto de investigación, que permita la elegibilidad de una bomba dosificadora de alta presión y bajo caudal, contemplando el movimiento de producto y tiempos operativos.

Debido a la emergencia sanitaria a causa del “Covid-19”, el levantamiento en campo se realiza ocupando la tecnología Escáner Láser 3D marca FARO, estación total (RTK) y vuelo de dron, obteniendo la nube de puntos texturizada en formato RECAP (.rcp).

En la parte de ingeniería se desarrollará los siguientes puntos:

- Identificación de los criterios del cliente.
- Toma de datos del Poliducto Shushufindi-Quito.
- Determinar el Pipe Class and Piping Specifications del Terminal Oyambaro.
- Selección de transferencia de custodia entre el tren de medición y el aforo del Tanque Slop.
- Cálculos básicos.
- Memorias de cálculo hidráulicas y mecánicas (Tubería).
- Modelado del ruteo de la tubería, previa configuración del Spec Editor en el software AutoCAD Plant 3D.
- Listado de personal, materiales, equipos y consumibles.
- Inspección y pruebas.

Para la ingeniería detalle se presentarán los siguientes entregables:

- Plot Plan.
- Layout de implantación de equipos.
- Modelo 3D de tubería.
- Plano índice de tubería (Key Plan).
- Plano de ruteo de tubería según el área.
- Plano de cortes y elevaciones.
- Planos isométricos constructivos.

Capítulo II: Marco Teórico

Propiedades de los fluidos

Densidad (ASTM D-1298)

La densidad es la masa por unidad de volumen de una sustancia a una temperatura dada (American Society for Testing and Materials, 2005, pág. 1). Es decir,

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

En donde:

$$\rho = \text{densidad} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$m = \text{masa} [Kg]$$

$$V = \text{volumen} [m^3]$$

Densidad relativa (Gravedad específica)

Se define como la razón de la densidad de una sustancia a la densidad de alguna sustancia estándar (Cengel & Cimbala , 2006, pág. 37).

$$GE = \frac{\rho}{\rho_{estandar}} \quad (2)$$

En donde:

$$GE = \text{gravedad específica} [\text{adimensional}]$$

$$\rho = \text{densidad} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

$$\rho_{estandar} = \text{densidad estandar} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Gravedad API (ASTM D1298)

Una función especial de la densidad relativa a 60°F representada, (American Society for Testing and Materials, 2005, pág. 1) por:

$$^{\circ}API = \frac{141,5}{sp\ gr\ 60^{\circ}F} - 131,5 \quad (3)$$

En donde:

$$^{\circ}API = \text{gravedad API } [^{\circ}API]$$

$$sp\ gr = \text{densidad relativa [adimensional]}$$

Peso específico

Se define como el peso de una unidad de volumen de una sustancia.

$$\gamma = \rho * g \quad (4)$$

En donde:

$$\gamma = \text{peso específico} \left[\frac{N}{m^3} \right]$$

$$\rho = \text{densidad} \left[\frac{kg}{m^3} \right]$$

Tomando en cuenta que (Cengel & Cimbala , 2006) utiliza la aceleración gravitacional como $g=9.8 [m/s^2]$.

Viscosidad dinámica (ASTM D445-15)

Es una medida de resistencia al flujo o deformación que constituye la capacidad de transferencia de impulso en respuesta a la constante o las fuerzas de corte externas dependientes del tiempo.

(American Society for Testing and Materials, 2000, pág. 2) utiliza la fórmula:

$$\tau = \eta * \left(\frac{\Delta v}{\Delta y} \right) \quad (5)$$

En donde:

$$\eta = \text{viscosidad dinámica} [Pa * s]$$

$$\tau = \text{esfuerzo cortante} [Pa]$$

$$\frac{\Delta v}{\Delta y} = \text{gradiente de velocidades} \left[\frac{1}{s} \right]$$

Viscosidad cinemática (ASTM D445-15)

Es la relación entre la viscosidad dinámica a la densidad de un material en la misma temperatura y presión, entre las propiedades de transporte para calor, masa y transferencia de momento la viscosidad cinemática es el momento de difusividad.

(American Society for Testing and Materials, 2000, pág. 2) utiliza la fórmula:

$$v = \frac{\eta}{\rho} \quad (6)$$

En donde:

$v =$ viscosidad cinemática [cSt]

$\eta =$ viscosidad dinámica [Pa * s]

$\rho =$ densidad $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

$$10^{-6} \frac{m^2}{s} = cSt$$

Tabla 1

Propiedades de los fluidos que transporta el poliducto SH-Q

Parámetro	Resultado	Unidad de Medida
Gasolina Base		
Gravedad API a 60°F (15.6°C)	64.9	°API
Densidad relativa (15.6°C)	0.7205	-
Viscosidad cinemática (15.6°C)	0.65	cSt
Gas Licuado de Petróleo		
Gravedad API a 60°F (15.6°C)	135.5	°API
Densidad relativa (15.6°C)	0.53	-
Viscosidad cinemática (15.6°C)	-	cSt
Diesel 2		
Gravedad API a 60°F (15.6°C)	20-45	°API
Densidad relativa (15.6°C)	0.802-0.934	-
Viscosidad cinemática (15.6°C)	1.9-4.1	cSt

Nota: Valores obtenidos del informe de Laboratorio de ensayos EP. Petroecuador.

Presión de un fluido

Para Giles (1994) la presión de un fluido se transmite con igual intensidad en todas las direcciones y actúa normalmente en cualquier superficie plana.

La diferencia de presiones entre dos puntos a distintos niveles en un líquido viene dada por:

$$\Delta P = \gamma(\Delta h) \quad (7)$$

En donde:

$\Delta P =$ diferencial de presión [Pa]

$\gamma =$ peso específico $\left[\frac{N}{m^3} \right]$

$\Delta h =$ diferencial de alturas [m]

Tasa de flujo de un fluido

La cantidad de fluido que pasa por un sistema por unidad de tiempo puede expresarse por medio de:

Q: El flujo volumétrico es el volumen de fluido que circula en una sección por unidad de tiempo (Mott R. L., 2006, pág. 154). Es decir,

$$Q = A * V \quad (8)$$

En donde:

A: área de la sección [m^2]

V: velocidad $\left[\frac{m}{s} \right]$

Número de Reynolds

La magnitud del número de Reynolds adimensional, permite diferenciar el carácter del flujo en un tubo (Giles, 1994, pág. 230), viene dada por:

$$N_R = \frac{V * D * \rho}{\eta} = \frac{V * D}{\nu} \quad (9)$$

En donde:

$$V = \text{velocidad} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$D = \text{diámetro del tubo} [m]$$

$$\rho = \text{densidad} \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$\eta = \text{viscosidad dinámica} [Pa * s]$$

$$\nu = \text{viscosidad cinemática} \left[\frac{m^2}{s} \right]$$

Números de Reynolds Críticos

Para aplicaciones prácticas del flujo en tuberías, encontramos que, si el número de Reynolds para el flujo es menor que 2000, este será laminar. Si el número de Reynolds es mayor que 4000, el flujo será turbulento (Mott R. L., 2006, pág. 231).

si $N_R < 2000$, el flujo es laminar.

si $N_R > 4000$, el flujo es turbulento.

Ecuación de la continuidad

Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante (Giles, 1994, pág. 71). Es decir,

$$\rho_1 * A_1 * V_1 = \rho_2 * A_2 * V_2 = \text{constante} \quad (10)$$

En donde:

$$A_1: \text{área de la sección uno} [m^2]$$

$$V_2: \text{velocidad dos} \left[\frac{m}{s} \right]$$

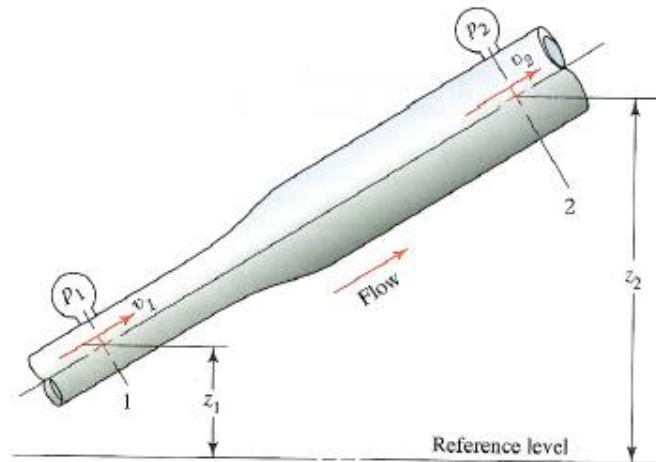
$$V_1: \text{velocidad uno} \left[\frac{m}{s} \right]$$

$$\rho_{1,2}: \text{densidad uno y dos} \left[\frac{Kg}{m^3} \right]$$

$$A_2: \text{área de la sección dos} [m^2]$$

Figura 3

Porción de un sistema de distribución de fluido en el que hay variaciones de velocidad, presión y elevación



Nota: Obtenido de (Mott & Untener, 2015, pág. 120).

Ganancias y pérdidas de energía

Las líneas de flujo en tuberías, necesitan de la presencia de elementos que aporten energía al sistema por medio de bombas, turbinas y motores. De la misma manera al pasar el fluido por largos tramos de tubería, se presentan pérdidas por fricción y para un adecuado control del producto es inevitable la presencia de válvulas y accesorios que ocasionan pérdidas de energía.

Bombas

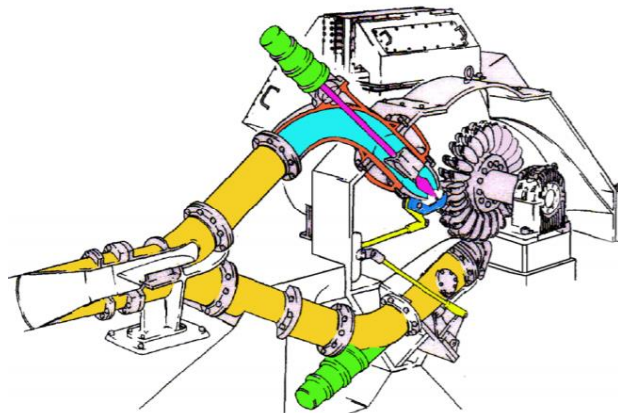
Según Mott R. L (2006) las bombas se utilizan para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías, deben mover el flujo volumétrico que se desea al mismo tiempo que desarrollan la carga dinámica total, creada por los cambios de elevación, diferencias en las cargas de presión, velocidad y todas las pérdidas de energía en el sistema.

Figura 4*Bomba hidráulica*

Nota: Obtenido de (Mott & Untener, 2015).

Turbinas y motores

Mott R. L (2006), establece que los motores de fluido, turbinas, actuadores rotatorios y lineales, son dispositivos que toman energía del fluido y la convierten a una forma de trabajo, por medio de la rotación de un eje o el movimiento de un pistón.

Figura 5*Turbina hidráulica*

Nota: Imagen tomada de (Díez, 2000).

Equipos que aportan energía al proceso de transporte Refinería Shushufindi

La estación de bombeo Shushufindi cuenta con cuatro bombas centrífugas “Booster” acopladas en paralelo (P-1007, P-1008, P1009, P1010) las cuales se encargan de elevar la presión del hidrocarburo con el fin de generar la cabeza de succión requerida por las bombas centrífugas de 14 etapas marca GUINAARD modelo DVMX-3.4.9-H-14e acopladas en serie (P-1001, P-1002, P1003) para de esta manera iniciar el proceso de transporte (Pozo, 2018, pág. 27).

Tabla 2

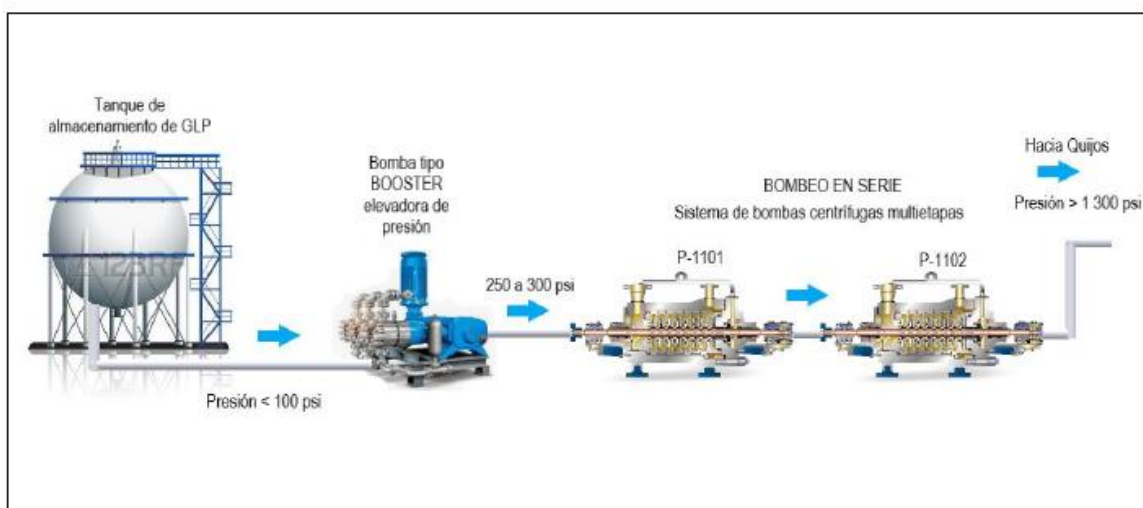
Datos bomba para transporte Poliducto Shushufindi

Capacidad bomba GUINARD	
Caudal	396 bph
Potencia	237 HP (177 KW)
Velocidad rotatoria	1200 rpm

Nota: Obtenido de (Pozo, 2018).

Figura 6

Diagrama de funcionamiento de los sistemas de bombeo en la estación Shushufindi



Nota: Gráfico obtenido de (Pozo, 2018).

Fricción del fluido

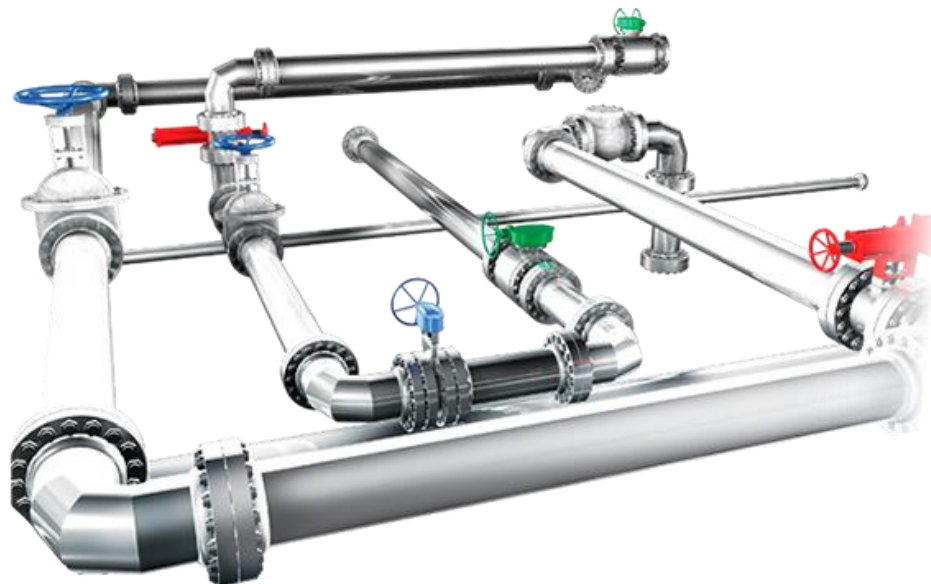
Según Mott R. L (2006) un fluido en movimiento presenta resistencia por fricción al fluir. La magnitud de la energía que se pierde depende de la viscosidad, velocidad del flujo, tamaño de la tubería, acabado de la pared de la tubería longitud de la misma. De esta manera se genera la fuerza de arrase, y la magnitud de esta depende, en parte de la viscosidad.

Válvulas y accesorios

Es común que los elementos que controlan la dirección o el flujo volumétrico del fluido en un sistema generen turbulencia local en este, lo que ocasiona que la energía se disipe como calor. En un sistema grande la magnitud de las pérdidas por las válvulas y accesorios, por lo general es pequeña en comparación con las pérdidas por fricción en las tuberías (Mott R. L., 2006, pág. 202). Por tanto, reciben el nombre de pérdidas menores.

Figura 7

Arreglo de válvulas y accesorios en tubería



Nota: Tomado de (Impoferri, 2019).

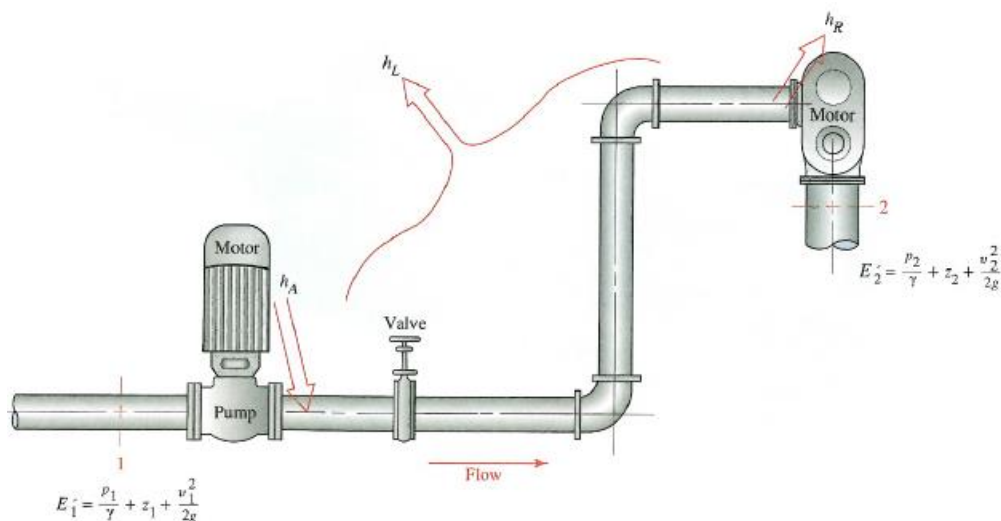
Ecuación general de la energía

(Mott R. L., 2006, pág. 203) utiliza la siguiente fórmula:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + h_{bomba,A} - h_{turbina,R} - h_{perdidas,M,m} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (11)$$

Figura 8

Sistema de flujo hidráulico para la ecuación general de la energía



Nota: Adaptado de (Mott & Untener, 2015).

En donde:

P_1 : presión uno [Pa]

V_2 : velocidad dos $\left[\frac{m}{s}\right]$

V_1 : velocidad uno $\left[\frac{m}{s}\right]$

z_2 : nivel de altura dos [m]

z_1 : nivel de altura uno [m]

γ : peso específico del fluido $\left[\frac{N}{m^3}\right]$

P_2 : presión dos [Pa]

g : aceleración de la gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

Nomenclatura de las pérdidas y ganancias de energía

h_A = Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomina carga total sobre la bomba.

h_R = Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como una turbina.

$h_{M,m}$ = Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios (Mott R. L., 2006, pág. 202).

Ecuación de Darcy – Pérdidas mayores

La ecuación de Darcy se utiliza para calcular pérdidas de energía debido a la fricción en secciones rectilíneas y largas de tubos redondos, tanto para flujo laminar como turbulento (Mott R. L., 2006, pág. 233).

$$h_M = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad (12)$$

En donde:

h_M = *perdida de energía debido a la fricción [m]*

L = *longitud de la corriente del flujo [m]*

D = *diámetro de la tubería [m]*

V = *velocidad promedio del flujo [m/s]*

f = *factor de fricción (adimensional)*

g = *aceleración de la gravedad*

Ecuaciones para el factor de fricción

Se presenta dos ecuaciones que permiten obtener la solución directa para el factor de fricción. Una cubre el flujo laminar y la otra se emplea en el turbulento (Mott R. L., 2006, pág. 242).

Flujo laminar

En la zona de flujo laminar, en valores por debajo de 2000 para el número de Reynolds, f se obtiene de la ecuación:

$$f = \frac{64}{N_R} \quad (13)$$

Flujo turbulento

Según Cengel y Cimbala (2006) esta ecuación permite el cálculo por un método interactivo del factor de fricción, para flujo en transición y turbulento en tuberías lisas y rugosas la desarrollo Cyril F. Colebrook.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 * \log \left(\frac{\frac{\varepsilon}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right) \quad (14)$$

En donde:

$D =$ diámetro de la tubería [m]

$\varepsilon =$ rugosidad [m]

$N_R =$ Número de Reynolds

Pérdidas menores

(Mott R. L., 2006, pág. 202) utiliza la siguiente fórmula:

$$h_m = K * \frac{V^2}{2g} \quad (15)$$

En donde:

$h_m =$ pérdidas menores [m]

$V =$ velocidad $\left[\frac{m}{s} \right]$

$g =$ aceleración de la gravedad $\left[\frac{m}{s^2} \right]$

$K =$ coeficiente de resistencia

Potencia que requiere una bomba

La potencia se define como la rapidez a que se realiza un trabajo. En la mecánica de fluidos se modifica dicho enunciado y se considera que la potencia es la rapidez con que se transfiere la energía (Mott R. L., 2006, pág. 207). Se obtiene de la ecuación,

$$P_A = h_a * \gamma * Q \quad (16)$$

En donde:

$P_A =$ Potencia que se agrega al fluido [Watts]

$h_A =$ Energía de la bomba [m]

$\gamma =$ Peso específico del fluido $\left[\frac{N}{m^3} \right]$

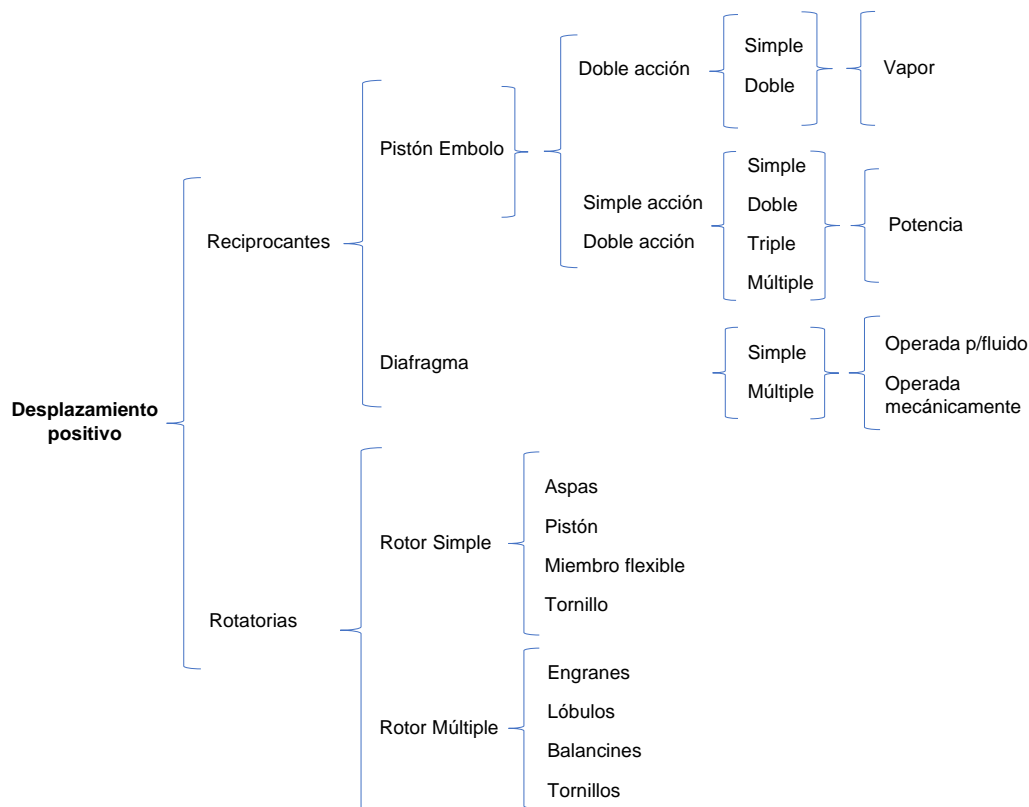
$Q =$ Flujo volumétrico del fluido $\left[\frac{m^3}{s} \right]$

Clasificación de bombas hidráulicas

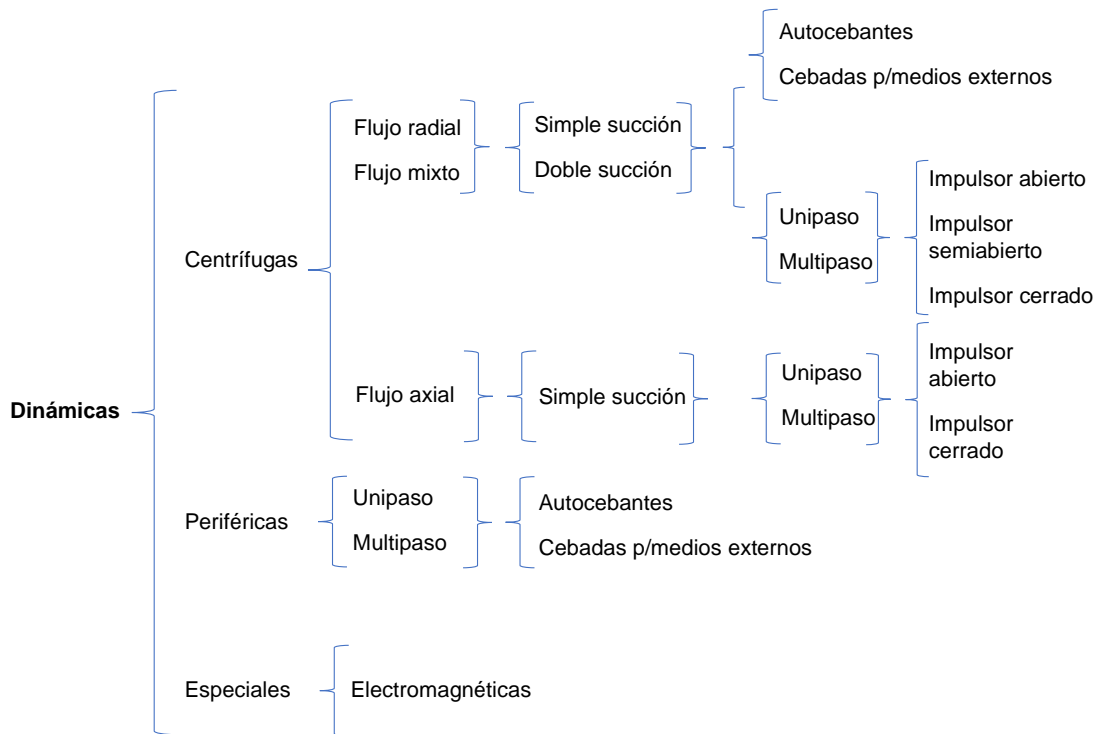
Al tener una gran variedad de bombas, se presenta la clasificación más completa de “Hydraulic Institute”.

Figura 9

Clasificación bombas desplazamiento positivo



Nota: Recuperado y adaptado de (Zubicaray & Álvarez , 2003).

Figura 10*Clasificación bombas dinámicas*

Nota: Recuperado y adaptado de (Zubicaray & Álvarez , 2003).

Características generales

Las bombas de desplazamiento positivo reciprocantes son aplicables para:

- Caudales pequeños
- Presiones elevadas
- Fluidos limpios

Las bombas de desplazamiento positivo rotatorias son aplicables para:

- Caudales pequeños y medianos
- Presiones elevadas
- Fluidos viscosos

Las bombas “dinámicas” del tipo centrífugo:

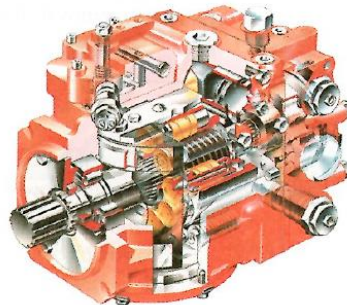
- Caudales grandes
- Presiones reducidas o medianas
- Todo fluido, excepto viscosos.

Bombas utilizadas en la industria de hidrocarburos

Según Mott R. L (2006) las bombas de pistón utilizan elementos similares al de una leva para hacer reciprocarse los pistones, estos llevan de forma alternada fluido al interior de sus cilindros por medio de válvulas de succión, e inmediatamente se descarga contra la presión del sistema usando las válvulas internas de descarga.

Figura 11

Corte mecanismo bomba de pistón



Nota: Obtenido de (Mott & Untener, 2015).

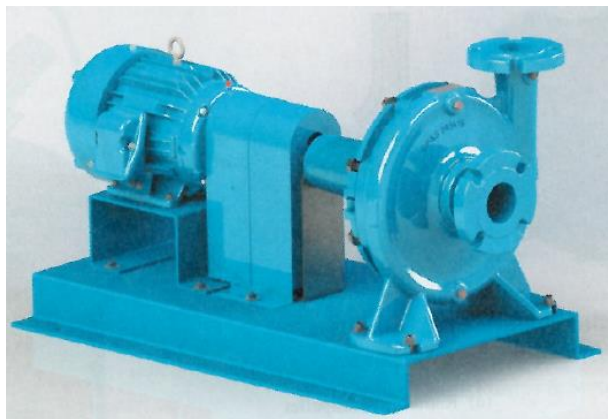
Según Mott R. L (2006) las bombas de diafragma requieren de un elemento mecánico reciprocante que mueve un diafragma flexible que puede ser elaborado con materiales como: buna-N, neopreno, nylon, PTFE, polipropileno y variedad de polímeros elastómeros especiales.

En su mayoría son de actuación doble con dos diafragmas en lados opuestos de la bomba, considerando un diseño de puertos de succión y descarga en paralelo evitando la contaminación provocada por elementos de operación ya que solo el diafragma entra en contacto con el hidrocarburo.

Figura 12*Bomba dosificadora de diafragma*

Nota: Gráfico obtenido de (Milton Roy, 2020).

Mott R. L (2006), define el principio de una bomba centrífuga como la capacidad que esta tiene de brindar energía al fluido luego de pasar por el impulsor e inmediatamente ser lanzado hacia afuera por las aspas, al salir del mismo el hidrocarburo pasa por un arreglo en forma de espiral, donde baja en forma gradual ocasionando que la energía cinética aporte presión al fluido.

Figura 13*Bomba centrífuga*

Nota: Gráfico obtenido de (Mott & Untener, 2015).

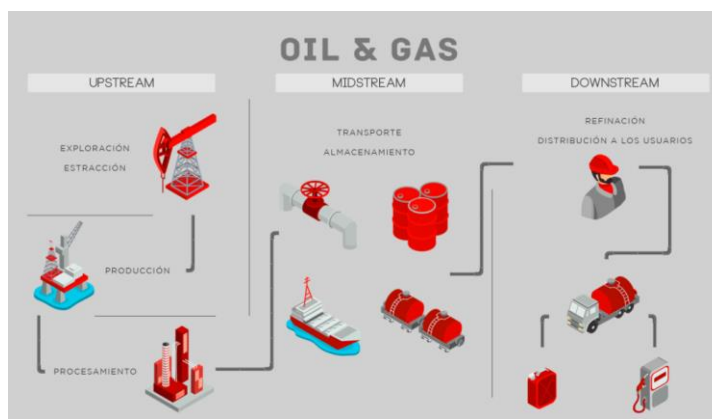
Aplicaciones de las bombas en la industria OIL & GAS

Las bombas que se ocupan en la Gerencia de Transporte y Gerencia de Refinación según (EP.Petroecuador, 2019), se divide en varios grupos:

- En perforación, se usan las nombradas “bombas de lodo”, que en su mayoría son del tipo reciprocante, cuyas especificaciones deben superar presiones a los 200 kg/cm² y un gasto entre 2 y 20 kg/litro.
- En producción, se utilizan cuatro métodos de bombeo para extraer el crudo de los pozos y descargarlos a nivel del suelo: método de cilindro de succión, método hidráulico, método sumergible y método de elevación por gas.
- El transporte de hidrocarburos se hace a través de oleoductos, poliductos y gasoductos, por lo tanto, las estaciones de bombeo se encuentran a distancias adecuadas a lo largo del ducto, pues las cargas de fricción son grandes por los cientos de kilómetros que recorren y se requieren bombas de alta presión.
- En dosificación, las bombas reciprocantes de alta presión se usan para el reciclaje de aceite limpio, inyección de químicos, activadores de metales y manejo de nafta que de alguna manera intervengan en el proceso.

Figura 14

Sectores de la industria hidrocarburífera



Nota: Imagen tomada de (Idealex.press, 2018).

Tipos de medición para transferencia de custodia

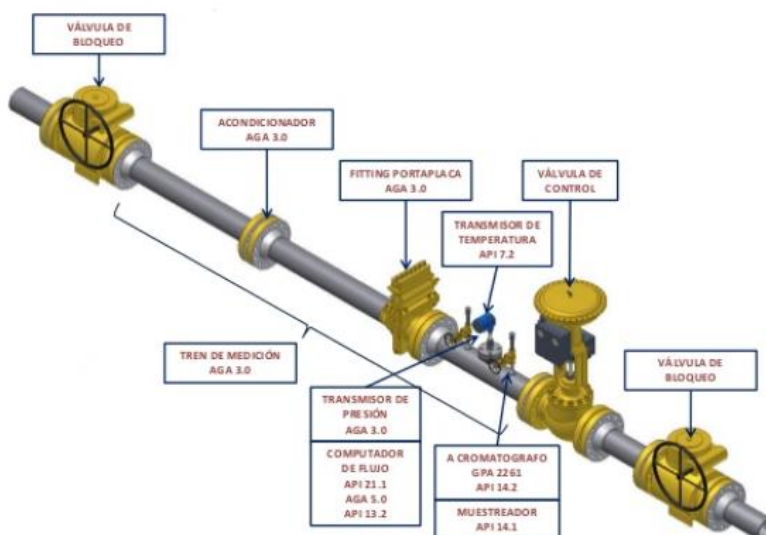
El cambio de responsabilidad del hidrocarburo en “MIDSTREAM”, puede ser medido en las instalaciones de almacenamiento o en el poliducto, para tener exactitud en el volumen transferido, evitando pérdidas o ganancias en la gerencia de transporte.

Tren de medición

Un arreglo en la tubería que permite la medición de volúmenes entre terminales y refinерías, compuesto de una válvula de apertura, filtro, medidor de flujo y válvula de control (opcional). El dispositivo medidor es el elemento principal, este debe ser validado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (ARCH), bajo normas internacionales API MPMS.

Figura 15

Tren de medición



Nota: Gráfico tomado de (Moncada, 2012).

Los medidores de desplazamiento positivo, son aquellos que miden el flujo volumétrico contando o integrando volúmenes separados del líquido bajo la norma API MPMS Capítulo 5 sección 2 (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Figura 16

Medidor desplazamiento positivo Smith Meter

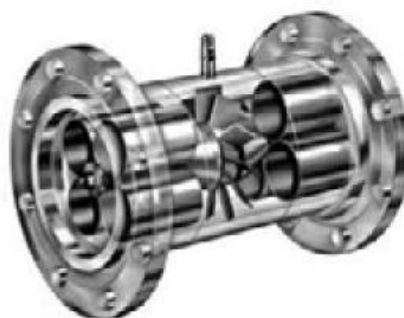


Nota: Adaptado de (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Los medidores tipo turbina que se rigen bajo el estándar API MPMS capítulo 5 sección 3, son aquellos que miden el flujo volumétrico por velocidad con partes internas rotatorias (álabes) que giran proporcional a la energía en movimiento del fluido (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Figura 17

Medidor tipo turbina



Nota: Tomado de (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Los medidores de efecto Coriolis (API MPMS capítulo 5 sección 6), son aquellos que miden el flujo másico se basan en el principio de las fuerzas inerciales que se

generan cuando una partícula en un cuerpo rotatorio, se mueve con respecto al cuerpo acercándose o alejándose del centro de rotación en movimiento del fluido (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Figura 18

Medidor Efecto Coriolis



Nota: Gráfico tomado de (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Los medidores tipo ultrasónico (API MPMS capítulo 5 sección 8), miden el flujo volumétrico bajo dos principios de medición efecto Doppler y de Tiempo de Tránsito, consiste en medir el tiempo que toma a la señal en atravesar una distancia, utilizando como medio un hidrocarburo (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Figura 19

Medidor Ultrasónico



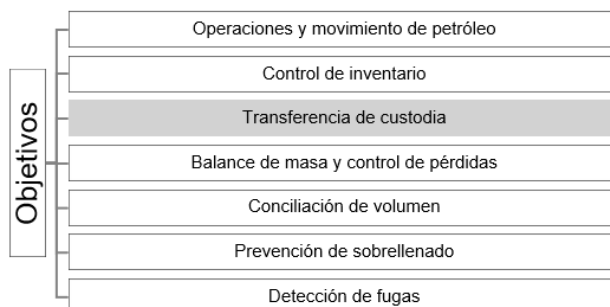
Nota: Gráfico tomado de (Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero, 2016).

Aforo de tanques

La medición del líquido en tanques de almacenamiento, se utiliza para controlar:

Figura 20

Fines de la medición de producto en tanques



Nota: Elaboración Propia.

Previa calibración del tanque para medir las capacidades parciales a diferentes niveles del líquido, se obtiene la tabla de aforo del tanque certificada, de esta manera podemos utilizarla, para mediante, la medición aforo (sondeo) y aforo de vacío obtener el volumen del hidrocarburo en tanques de almacenamiento.

Figura 21

Tabla de aforo tanque Slop EP. Petroecuador

EP PETROECUADOR
TERMINAL DE GLP - OYAMBARO

SEPTIEMBRE 2014 TANQUE: TQ-V8

ESTA TABLA ES INSPECCIONADA EN BASE A LA NORMA MPMS, SECCION 2, CAP. 2.2A Y 2.2.D

ALTURA REFERENCIAL: 7.938 METROS AL BORDE DE LA ESCOTILLA, OPUESTA A LA BISAGRA

DIAMETRO INTERNO PROMEDIO: 4.4710 METROS Pág.:1/5

CM	GALONES		LITROS		CM	GALONES		LITROS		CM	GALONES		LITROS	
	CM	GALONES	LITROS	CM		GALONES	LITROS	CM	GALONES		LITROS	CM	GALONES	LITROS
#0	23,90	90,5	60	2.477,7	9.378,7	120	4.971,9	18.820,3	0,1	4,14				
*1	36,19	137,0	61	2.519,4	9.536,5	121	5.013,4	18.977,1	0,2	8,29				
**2	66,91	253,3	62	2.561,1	9.694,4	122	5.054,8	19.134,0	0,3	12,43				
***3	106,84	404,4	63	2.602,8	9.852,2	123	5.096,3	19.290,9	0,4	16,58				
4	148,28	561,3	64	2.644,5	10.010,1	124	5.137,7	19.447,7	0,5	20,72				
5	189,73	718,2	65	2.686,2	10.167,9	125	5.179,1	19.604,6	0,6	24,86				
6	231,17	875,1	66	2.727,9	10.325,8	126	5.220,6	19.761,5	0,7	29,01				
7	272,62	1.031,9	67	2.769,6	10.483,7	127	5.262,0	19.918,3	0,8	33,15				
8	314,07	1.188,8	68	2.811,3	10.641,5	128	5.303,5	20.075,2	0,9	37,30				
9	355,51	1.345,7	69	2.853,0	10.799,4	129	5.344,9	20.232,1						
10	396,96	1.502,6	70	2.894,7	10.957,2	130	5.386,3	20.388,9						
11	438,41	1.659,5	71	2.936,4	11.115,1	131	5.427,8	20.545,8	CM	LITROS				
12	479,87	1.816,5	72	2.978,1	11.272,9	132	5.469,2	20.702,7	0,1	15,69				
13	521,33	1.973,4	73	3.019,8	11.430,8	133	5.510,7	20.859,5	0,2	31,37				
14	562,80	2.130,3	74	3.061,5	11.588,6	134	5.552,1	21.016,4	0,3	47,06				
15	604,26	2.287,3	75	3.103,2	11.746,5	135	5.593,5	21.173,3	0,4	62,75				
16	645,73	2.444,3	76	3.144,9	11.904,4	136	5.635,0	21.330,1	0,5	78,43				
17	687,20	2.601,2	77	3.186,6	12.062,2	137	5.676,4	21.487,0	0,6	94,12				
18	728,67	2.758,2	78	3.228,3	12.220,1	138	5.717,9	21.643,9	0,7	109,81				
19	770,15	2.915,3	79	3.270,0	12.377,9	139	5.759,3	21.800,7	0,8	125,49				
20	811,62	3.072,2	80	3.311,7	12.535,8	140	5.800,8	21.957,6	0,9	141,18				
21	853,09	3.229,2	81	3.353,4	12.693,6	141	5.842,2	22.114,4						
22	894,54	3.386,1	82	3.395,1	12.851,5	142	5.883,6	22.271,3						
23	936,00	3.543,0	83	3.436,8	13.009,3	143	5.925,1	22.428,2						
24	977,46	3.700,0	84	3.478,5	13.167,2	144	5.966,5	22.585,0						



Nota: Obtenido de Terminal Oyambaro. 2020.

Figura 22

Cinta para aforo sondeo y aforo de vacío



Nota: Gráfico obtenido de (Emerson, 2017).

Norma ASME B31.3

Es un código cuyo alcance técnico cubre los requisitos de diseño y construcción para tuberías de proceso, que se encuentren en el área operativa de refinerías, terminales y plantas industriales, tomando en consideración que se debe utilizar su última edición (American Society of Mechanical Engineers, 2018).

Tipos de fluidos

- Productos químicos en fase inicial, intermedia y terminados.
- Derivaciones del petróleo.
- Gas, vapor, aire y agua.

Norma ASME B31.4

El código establece los requisitos para el diseño y construcción, de sistemas de tuberías de transporte, por oleoductos de hidrocarburos líquidos, que son transportados entre campos de producción, instalaciones de almacenamiento, estaciones de bombeo, plantas de GLP y terminales, tomando en consideración que se debe utilizar su última edición (American Society of Mechanical Engineers, 2019, pág. 2).

Especificaciones para tubería, válvulas y accesorios (Piping Class)

Esta especificación define los requerimientos mínimos para tubería, válvulas y accesorios utilizados en sistemas de procesos y de utilidades. Además, incluye materiales, fabricación, soldadura, inspección y pruebas, que deben ser aplicadas en toda la tubería instalada o prefabricada para instalarse por el contratista o por orden de este para usarse en facilidades de producción en tierra.

La especificación debe cubrir lineamientos nacionales e internacionales que se ven reflejados en los códigos y normativa, basados en la última edición que deben aplicarse durante la preparación de los planos de tubería y la descripción de materiales.

Tabla 3

Códigos mandatorios en OIL & GAS

Descripción	Código
Specification for Line Pipe	API Spec 5L
Unified Inch Screw Threads, UN and UNR Thread Form	ASME B1.1
Pipe Threads, General Purpose (Inch)	ASME B1.20.1
Pipe Flanges and Flanged Fittings: NPE ½ through NPS 24	B16.5
Factory-Made Wrought Buttwelding Fittings	B16.9
Face-to-Face and End-to End Dimensions of Valves	B16.10
Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded	B16.11
Metallic Gaskets for Pipe Flanges: Ring-Joint, Spiral-Wound, and Jacketed	B16.20
No metallic Flat Gaskets for Pipe Flanges	B16.21
Buttwelding Ends	B16.25
Valves Flanged, Threaded and Welding End	B16.34
Orifice Flanges	B16.36
Square and Hex Bolts and Screws – Inch Series	B18.2.1
Square and Hex Nuts (Inch Series)	B18.2.2
Welded and Seamless Wrought Steel Pipe	B36.10
Stainless Steel Pipe	B36.19

Descripción	Código
Standard Marking System for Valves, Fittings, Flanges and Unions	MSS SP-25
Swage (D) Nipples and Bull Plugs	MSS SP-95
Integrally Reinforced Forged Branch Outlet Fittings-Socket Welding, Threaded and Buttwelding Ends	MSS SP-97

Nota: Elaboración Propia.

Además, se rigen a sociedades y/o instituciones, reduciendo el factor de riesgo ante un posible desastre por fallos, en el diseño, fabricación y montaje de plantas industriales (Oscullo, 2015):

- AMERICAN SOCIETY OF INSTRUMENTATION (ASI)
- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API)
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE (ANSI)
- AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME)
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS (ASTM)
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (ISO)
- ORGANIZATION OF SAFETY AND HEALTH AMERICAN (OSHA)
- NATIONAL AMERICAN CORROSION ENGINEER (NACE)
- MANUFACTURERS STANDARDIZATION SOCIETY (MSS)
- AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE)

Fotometría y Laser SCAN (Levantamiento en campo)

Plan de vuelo

Se realiza el diseño del vuelo en función de la resolución de 1 a 5 cm de pixel, a una escala 1: 1000 se toma en cuenta la topografía del terreno, la altura de vuelo del UAV, calibración de color, la previsión meteorológica, el porcentaje de traslape de fotos, así como también la corrección focal. Para la elaboración del plan de vuelo se realiza

una inspección previa del área para verificar las posibles interferencias estructurales que pudiesen obstaculizar la actividad.

Figura 23

Vuelo con drone en Terminal Oyambaro



Nota: Iniciando el proceso de ortofoto para levantamiento en campo.

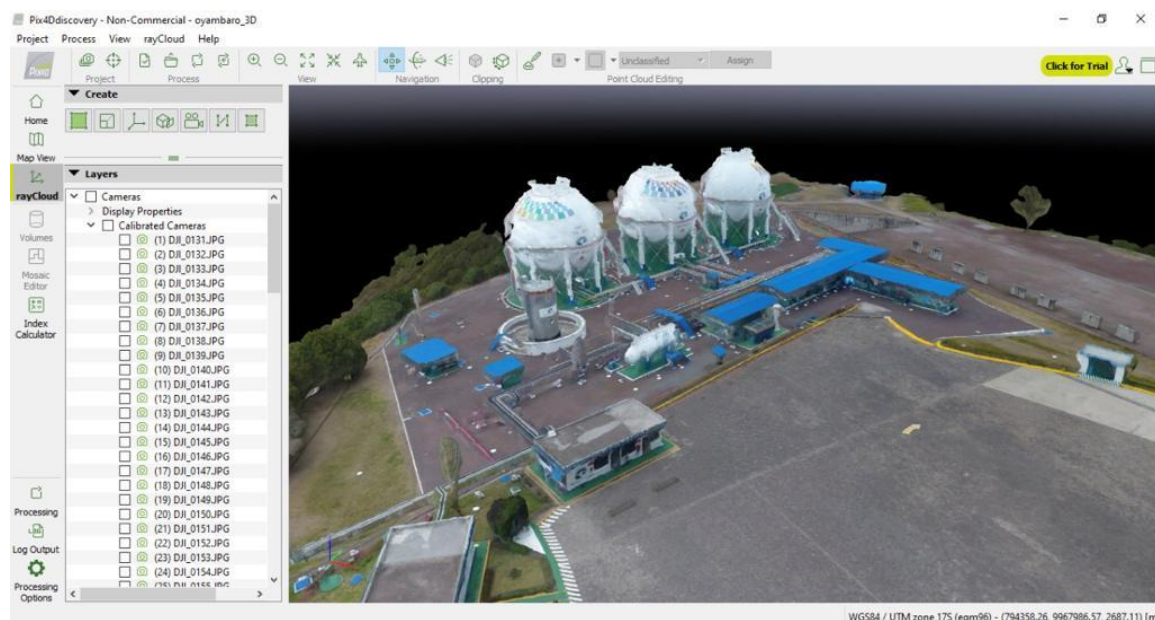
Apoyo topográfico

Para la correcta georreferenciación del producto es necesaria la obtención de posiciones precisas de determinados puntos sobre el terreno. Estos puntos servirán para transformar el modelo fotogramétrico en modelo del terreno. Las precisiones de los puntos de apoyo están acordes con la escala del producto ($s \leq 1\text{cm}$). Además de obtener la posición de los puntos sobre el terreno, estos también se identificarán claramente en las fotografías, para poder establecer una correcta correlación. En la zona de estudio y de la escala, se reparten estratégicamente los targets en la zona de trabajo para que en las fotos aparezcan claramente identificados los puntos de apoyo y de esta manera

minimizar errores de apreciación, estos puntos de control serán establecidos en la poligonal principal y luego se efectuará el post – proceso en el software Pix 4D.

Figura 24

Programa Pix4Ddiscovery (Terminal Oyambaro)



Nota: Software aplicativo para generar nube de puntos.

Levantamiento LIDAR Terrestre

Con el empleo de tecnología con escáner láser 3D, se desarrolló un proceso estándar con la colocación de target reflectivos, mismos que se pegan en varias superficies alrededor del área del levantamiento, y luego son geo posicionados a través de la estación total, partiendo de puntos conocido se permite la georreferenciación de los puntos en la fase de procesamiento de datos, el levantamiento tendrá como objeto principal el relevamiento de tuberías, equipos estáticos, dinámicos, soportes e infraestructuras, racks, plataformas y tanques entre otros, para la captura de la información (volúmenes), se dispondrá de un equipo, escáner láser de 488 mil puntos por segundo y ± 2 mm. El resultado del escaneo es una nube de puntos que permite discriminar los volúmenes capturados.

Figura 25

Posicionamiento targets



Nota: Implementación de targets de ubicación para la estación total.

Capítulo III: Ingeniería Conceptual

Requerimientos de la empresa

Ubicación geográfica

El Terminal de GLP Oyambaro, se encuentra en el cantón Quito, en la parroquia Pifo, siguiendo la Ruta Sangolquí-Pifo carretera E35 pasando el redondel 150 metros, tomar a la izquierda para el ingreso.

La monografía del Punto EPP-AOC-073 (Ver anexo 1), mediante estación total determina lo siguiente:

Figura 26

Ubicación geográfica del Terminal Oyambaro

COORDENADAS GEOGRÁFICAS		COORDENADAS UTM	
LATITUD: NORTE S 0°17'23.16"	LONGITUD: OESTE W 78°21'16.31"	NORTE: 9967937.637 m.	ESTE: 794476.261 m.
DATUM: WGS 84	ELEVACIÓN: WGS - 84 2681.355	ZONA: 17 S	ELEVACIÓN: msnm 2654.486

Nota: Adaptado del departamento de geomática EP. Petroecuador.

Condiciones ambientales

En la tabla 4 se muestra las condiciones ambientales y meteorológicas que aplican para la reinyección:

Tabla 4

Condiciones ambientales Terminal Oyambaro

Parámetro	Unidad	Valor
Presión Atmosférica		
Máxima Absoluta	psia	10.75
Mínima Absoluta	psia	10.60
Promedio	psia	10.46
Temperatura		
Promedio	°F	59.00
Máxima Registrada	°F	67.64

Parámetro	Unidad	Valor
Mínima Registrada	°F	50.36
Lluvia / Precipitaciones		
Promedio de días lluviosos por año	días	83
Humedad Máxima	%	81
Humedad Mínima	%	63
Precipitación Máxima Anual	in	44.40
Velocidad de Viento	Km/h	20
Zona Sísmica	-	5

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador.

Fluido para la reinyección

Las propiedades más relevantes del fluido tabla 5, serán utilizadas en el estudio hidráulico que permita la reinyección al Poliducto Shushufindi-Quito. Se obtuvo del informe de resultados perteneciente a la Gerencia de Refinación M03-H190816-2019.

Tabla 5

Propiedades gasolina base

Parámetro	Resultado	Unidad de Medida
Gasolina Base		
Gravedad API a 60°F (15.6°C)	64.9	°API
Densidad relativa (15.6°C)	0.7205	-
Viscosidad cinemática (15.6°C)	0.65	cSt
Presión de vapor	51.7	KPa

Nota: Valores obtenidos del informe de laboratorio de ensayos EP. Petroecuador.

Toma de datos del Poliducto Shushufindi-Quito

Se realizó la toma de mediciones con el sistema HMI, utilizando el transmisor de presiones "PIT_031300_A", con la colaboración del Supervisor de Electricidad, Instrumentación y Control del Terminal de Productos Limpios El Beaterio.

Tabla 6

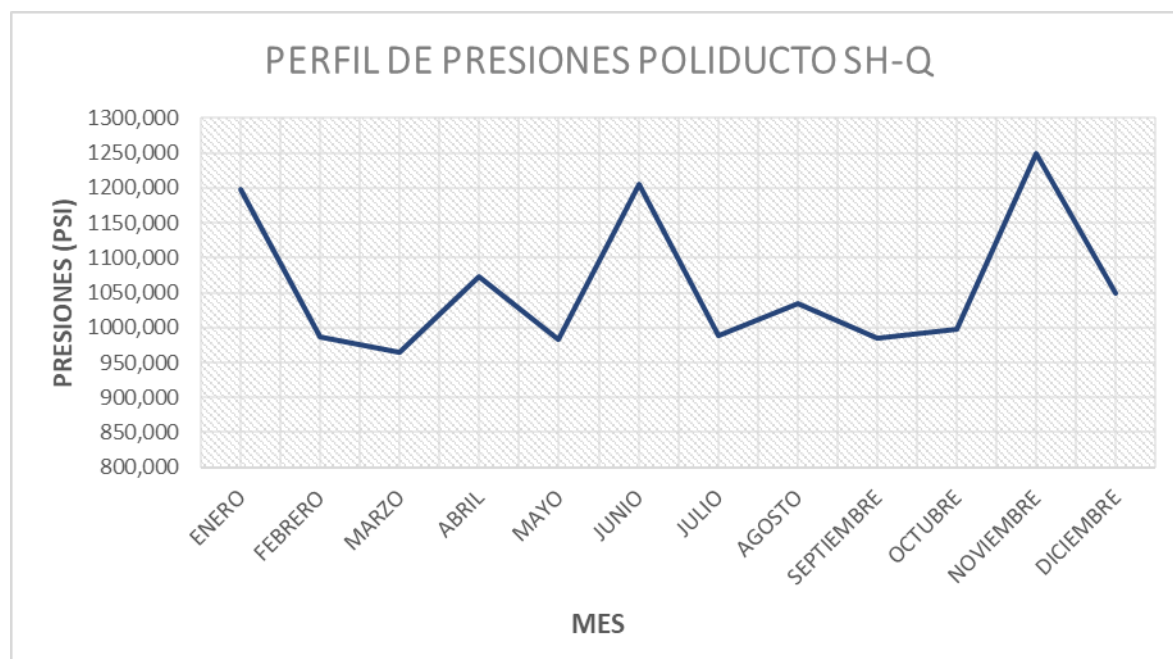
Historial de presiones Poliducto Shushufindi-Quito, año 2020

Tomas 2020 PIT_031300_A					
Mes	Unidad	A (5-Mes-2020)	B (15-Mes-2020)	C (25-Mes-2020)	Max. Valor
Enero	psi	1198,535	935,531	951,648	1198,535
Febrero	psi	946,520	987,546	906,960	987,546
Marzo	psi	958,974	934,799	964,103	964,103
Abril	psi	932,601	1072,894	958,242	1072,894
Mayo	psi	956,044	951,648	983,883	983,883
Junio	psi	991,941	1204,615	954,579	1204,615
Julio	psi	988,278	976,557	987,546	988,278
Agosto	psi	1033,626	976,557	996,337	1033,626
Septiembre	psi	981,685	984,615	968,498	984,615
Octubre	psi	997,070	952,381	953,114	997,070
Noviembre	psi	974,359	974,359	1249,872	1249,872
Diciembre	psi	1048,718	928,205	909,158	1048,718

Nota: Valores obtenidos del HMI de EP. Petroecuador.

Figura 27

Perfil de presiones Poliducto Shushufindi-Quito, año 2020



Nota: Valores obtenidos del transmisor de presión PIT_031300_A.

Figura 28

Transmisor de presión PIT_031300_A



Nota: Obtenido de Software Recap Pro, nube de puntos Terminal Oyambaro (Autodesk Inc, 2021).

Figura 29

Transporte de derivados entre Refinerías y Terminales

Poliducto	Longitud Km	Diámetro Tubería Plg.	Capacidad Bombeo Bls/día	Caudal Máximo Bls/hr
Esmeraldas – Santo Domingo	146,6	16	60.504	2.521
Santo Domingo – Quito	88,3	12	46.752	1.948
Santo Domingo – Pascuales	276,5	10	36.480	1.600
Quito – Ambato	110,4	6	11.700	488
Ambato – Riobamba	40,7	6	12.480	520
Shushufindi – Quito	304,8	6-4	10.800	450
Libertad – Pascuales	126,7	10	21.600	900
Libertad – Manta	170,6,	6	8.400	350
Tres Bocas – Pascuales	20,6	12	108.000	4.500
Tres Bocas – Fuel Oil	5,6	14	48.000	2.000
Monteverde – Chorrillo	124,2	12	81.000	3.375
Pascuales – La Troncal	103,0	10	46.500	1.938
La Troncal - Cuenca	112,0	8	30.800	1.283

Nota: El caudal máximo se obtuvo de (EP. Petroecuador, 2020).

Análisis del balance de movimiento de producto

El departamento de TICs de EP. Petroecuador, nos facilita el balance de MOPRO de la gasolina base en el Terminal Oyambaro entre los años 2017 y 2020, para obtener un promedio de despacho por año de 179405 galones.

Además, el área de operaciones del Terminal Oyambaro menciona que se utilizan 2 autotanques para realizar la transferencia de custodia con destino al Terminal Beaterio con una capacidad de 8000 galones cada uno, se deduce que el caudal para el movimiento de producto del tanque SLOP tabla 7, es de 1.188 m³/h, considerando 2 días de jornada completa (48h).

Tabla 7

Balance de movimiento de producto gasolina base

Total Despachos Terminal Oyambaro	
Año	NB NAFTA (gal)
2017	183704
2018	166427
2019	207030
2020	160457
Volúmenes	
Promedio Anual (gal)	179405
Promedio Mensual (gal)	14950
Promedio Mensual (m ³)	57
Caudal	
Caudal MOPRO (m ³ /h)	1.188

Nota: Tomado del departamento de TICs – SMP EP. Petroecuador (Ver anexo 2).

Identificación de los criterios del cliente

Los tiempos operativos y variables de diseño, entregados por EP. Petroecuador, se ajustan a las siguientes consideraciones:

Tabla 8

Requisitos del cliente para la reinyección

Requisito	Valor
Caudal de Bomba	1250 l/h
Presión Poliducto	1300 psi
Tiempo de partida SH-Q	[20-24] h
Caudal Poliducto	10800 Bls/día
Altura	2650 m
Presión Atmosférica (altura)	73084 Pa
Presión de Vapor Gasolina Base	28720 Pa
Temperatura de diseño	117.64 °F
Promedio Mensual (gal)	14950
Promedio Mensual (m3)	57

Nota: Obtenido de Intendencia de Mantenimiento EP. Petroecuador.

Capítulo IV. Ingeniería Básica

Elaboración Pipe Class and Piping Specifications del Terminal Oyambaro

Alcance

General

El alcance de este documento establece los criterios para determinar la clasificación y la nomenclatura de equipos, líneas e instrumentos, además se especifican los estándares de dibujo aplicables a los diagramas de tuberías e instrumentos y a los diagramas de flujo de procesos, que se utilizan en Terminal Oyambaro (GLP).

Exclusión de esta clasificación

Las siguientes tuberías son excluidas de esta clasificación.

- 1) Tuberías dentro de unidades tipo paquete, como ejemplo; compresor, calderos, generadores, etc.
- 2) Tuberías de lubricación.
- 3) Tuberías de aire de instrumentos, después del cabezal de válvulas.
- 4) Tubing usado en instrumentación.
- 5) Tuberías sanitarias.
- 6) Tuberías con especificaciones distintas a esta clasificación.

Materiales de tuberías

Esta clasificación determina los materiales para: tuberías, accesorios, bridas, pernos, tuercas, empaques y válvulas operadas manualmente.

Códigos y estándares

Los códigos y estándares usados para la clasificación de tuberías, accesorios y materiales en el Terminal Oyambaro, se establecen tomando como referencia lo siguiente:

Estándar para componentes de tubería

- ANSI American National Standard Institute
- API American Petroleum Institute
- MSS Manufacturers Standardization Society of valve and fitting Industry
- ASTM American Standard Society for Testing and Materials

Código de materiales para tuberías, accesorios, bridas, pernos y tuercas

Se encuentran establecidos en las siguientes normas:

- ASTM
- API

Código de materiales para empaques

- Código establecido por el fabricante del producto

Código de materiales para válvulas

- ASTM Para cuerpo (body) e internos (Trim)
- XXXX Código del fabricante del producto
- ANSI/ASME

Código de bridas

Se establece en base a las siguientes normas y conforme al diámetro de la tubería:

- ANSI Hasta 24"
- API Sobre 26"

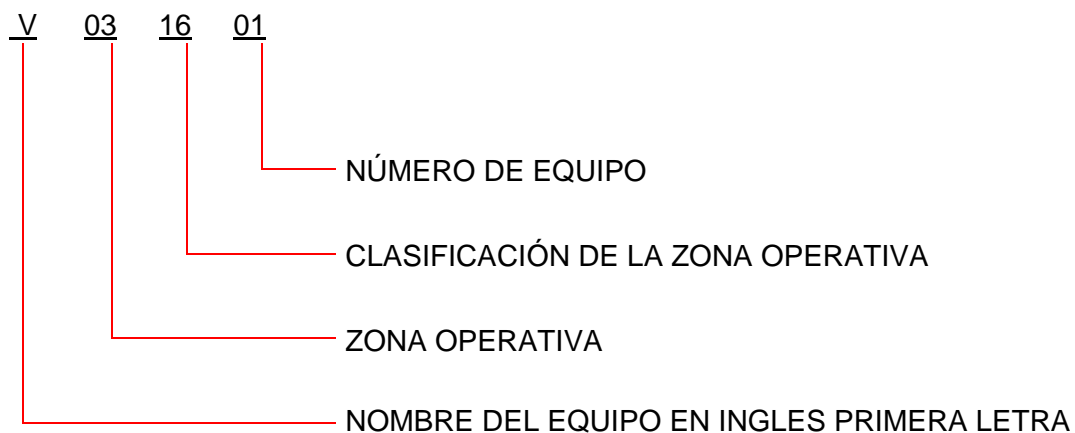
Estándar alternativo

Si los accesorios de tuberías y juntas flexibles no aplican a este estándar, debido a la diferencia en la codificación de los fabricantes o los códigos de otras normas, se aplicarán las equivalencias al estándar ASTM. Ej:

- JIS Hasta 24"
- Estándar de fabricante

Codificación de equipos

El código de los equipos se establece de la siguiente manera:



Donde:

Nombre del equipo

- A** AIR COOLED EXCHANGER (AEROENFRIADOR)
- B** BOILER (CALDERA)
- C** COMPRESSOR (COMPRESOR)
- E** HEAT EXCHANGER (INTERCAMBIADOR DE CALOR)
- F** FLARE (TEA)
- G** GENERATOR (GENERADOR)
- H** FURNACE (HORNO)
- J** FAN & BLOWER (VENTILADOR & SOPLADORTES)
- K** MIXER (MEZCLADOR-AGITADOR)
- L** FILTER (FILTRO)
- M** MISCELLANEOUS (MISCELANEOS)
- P** PUMP (BOMBA)
- T** TANK (TANQUE)
- U** UNIT PACKGE (UNIDAD)
- V** VESSEL (RECIPIENTE)
- X** TRANSFORMER (TRANSFORMADOR)
- Y** STACK (BATERIA)
- Z** BASIN (FOSA/SUMIDERO)

Zona operativa

03 TERMINAL OYAMBARO

Clasificación de la zona operativa

00	ZONA DE TANQUES O AREA DE ALMACENAMIENTO
01	BOMBA O PATIO DE BOMBAS
02	ISLAS DE DESPACHO DE COMBUSTIBLES
03	SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA
04	TREN DE MEDICIÓN
05	ZONA DE FILTRADO (JET FUEL)
06	COMPRESORES O COMPRESIÓN
07	INTERCAMBIADOR DE CALOR
08	ESTACIÓN REDUCTORA DE PRESIÓN O ISLA DE RECEPCIÓN
09	INCREMENTADOR
10	MOTOR ELÉCTRICO (ESTACIÓN DE BOMBEO)
11	MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA
12	TUBERÍA
13	REDUCTORA DE PRESIÓN
14	UNIDAD DE RELICUEFACCIÓN
15	MANIFOLD
16	TANQUES DE ALIVIO/BULLET
17	SISTEMA CONTRA INCENDIOS
18	SISTEMA POTABILIZACIÓN DE AGUA
19	SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA
20	SISTEMA DE COMBUSTIÓN DE GASES TEA
21	SISTEMA VARIADOR DE FRECUENCIA
22	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Interpretación: Un recipiente se encuentra ubicado en el Terminal Oyambaro su clasificación es Tanques Bullet y es el número 01.

Codificación de línea

El código de la línea se establece de la siguiente manera:

<u>031601</u>	<u>8"</u>	<u>CRO</u>	<u>BC1</u>	<u>0001</u>
1	2	3	4	5

- 1 UBICACIÓN DEL EQUIPO O LAZO
- 2 DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERÍA EN PULGADAS
- 3 CÓDIGO DEL FLUIDO RS(ABREVIATURA)
- 4 CÓDIGO DE DESIGNACIÓN DE LA ESPECIFICACIÓN DE LA TUBERÍA
- 5 NÚMERO SECUENCIAL DE LA TUBERÍA

Interpretación: Línea ubicada en el Terminal Oyambaro, lazo de recipiente Bullet 01, de 8 pulgadas, de crudo, de rating 150# de acero al carbono A53 grado B o A106 grado B y número de la línea 0001.

Código de referencia ubicación del equipo o lazo

Este código establece el número serial de la tubería y está formado de la siguiente manera:

<u>03</u>	<u>16</u>	<u>01</u>
a	b	c

Donde:

- a ZONA OPERATIVA
 - Código Manual de Identificación Región Norte (Tabla 1)
- b CLASIFICACIÓN DE LA ZONA OPERATIVA
 - Código Manual de Identificación Región Norte (Tabla 2)
- c NÚMERO DE EQUIPO

Diámetro nominal de la tubería

Significa el tamaño nominal de la tubería expresa en pulgadas, ejemplo: 1”.











Homologación código del fluido OYM (abreviatura)

La nomenclatura de los fluidos y el color con los que se identifican las tuberías en Terminal Oyambaro, son las siguientes:

Tabla 9

Homologación de fluidos Terminal Oyambaro

FLUID SYMBOL CODES OYM				
CÓDIGO ANTERIOR	CÓDIGO NUEVO	FLUID NAME P&ID		CÓDIGO RAL
GL	LPL	GLP FASE LIQUIDA	9003	BLANCO
GV	LPG	GLP FASE GASEOSA	1037	AMARILLO OSCURO
GB	GB	GASOLINA BASE	8028	CAFÉ
CD	CD	DRENAJE GLP	9003	BLANCO
CD	DR	DRENAJE GASOLINA BASE	8028	CAFÉ
CD	SD	DRENAJE LODOS	9004	NEGRO
AI	AP	AIRE PRESION	7001	GRIS PLATA
OIL	SO	ACEITE	8028	CAFÉ
RL	RL	SEGURIDAD GLP LIQUIDA	1037	AMARILLO OSCURO
RL	RG	SEGURIDAD GLP GAS	1037	AMARILLO OSCURO
L	L	INTERFACES SH	9003	BLANCO

SIMBOLOGÍA P&ID		LPG PIPELINE LIQUID PHASE
		LPG PIPELINE GAS PHASE
		NAFTA BASE PIPELINE
		LPG PIPELINE LIQUID DRAINAGE
		NAFTA BASE DRAINAGE PIPELINE
		SLUDGE DRAINAGE PIPELINE
		PRESSURE AIR PIPELINE
		OIL PIPELINE
		RELIEVE VALVE OF SECURITY PIPELINE OF LPG LIQUID PHASE
		RELIEVE VALVE OF SECURITY PIPELINE OF LPG GAS PHASE

Nota: Adaptado de Intendencia de mantenimiento EP. Petroecuador.

Código de designación de la especificación de la tubería

Este código establece la designación de las especificaciones técnicas de la tubería y se representa de la siguiente manera:

$$\frac{\mathbf{B}}{\mathbf{a}} \quad \frac{\mathbf{C}}{\mathbf{b}} \quad \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{c}}$$

Donde:

- a Clasificación de bridas (Flange Rating) en OYM hasta 600 lb
- b Clasificación de material principal (Main pipe material)
- c Número serial (Serial number)

a. Clasificación de bridas

SYMBOL	FLANGE RATING
A	NOT USE FLANGE
B	ANSI 150
C	ANSI 300
D	ANSI 600
E	ANSI 900
F	ANSI 1500

b. Material de tubería principal

SYMBOL	PIPE MATERIAL
A	LOW ALLOY STEEL (A350, A335) (ALTA TEMP.)
C	CARBON STEEL
E	CARBON STEEL (BAJA TEMP.) (A352)
P	CARBON STEEL (GALVANIZED)
S	STAINLESS STEEL
V	PVC + FRP
T	CUPPER TUBE (FOR STEAM TRACE)

c. Número serial

Se debe a condiciones en donde se diferencia si la línea tiene que ser sometida a END, o existe diferencia en: los empaques, válvulas, etc.

Homologación Códigos De Especificaciones De Tuberías Del Terminal Oyambaro

En el terminal la nomenclatura respecto a las especificaciones técnicas de las líneas, se estandariza conforme a la siguiente tabla:

Tabla 10

Especificaciones actualizadas

HOMOLOGACIÓN DE ESPECIFICACIONES (SPEC) TERMINAL OYAMBARO	
Código anterior	Código nuevo homologado
A	BC1
B	CC1
C	DC1
D	EC1
E	FC1

Nota: Elaboración Propia.

Número consecutivo

Es el número secuencial de acuerdo a la sucesión de las líneas en un plano “Adicionalmente a la nomenclatura antes descrita, se colocará una breve descripción del servicio asociado a la línea”.

Codificación de Válvulas

El código de la válvula se establece de la siguiente manera:

2" HV 031601 A
1 2 3 4

Donde:

- 1 TAMAÑO NOMINAL DE LA VÁLVULA (SIZE OF VALVE)
- 2 TIPO DE VÁLVULA (VALVE TYPE)
- 3 UBICACIÓN DEL EQUIPO O LAZO

4 AUXILIAR (SECUENCIA DE VÁLVULAS)

Interpretación: Válvula de 2 pulgadas, de compuerta, ubicada en el Terminal Oyambaro, lazo de recipiente Bullet 01 y su observación entrada de líquido.

Tamaño Nominal de La Válvula

Se establece el tamaño nominal de la válvula expresada en pulgadas, ejemplo: **1"**, **6"**, etc.

Tipo de Válvula

Se establece el código del tipo de válvula, según tabla:

SYMBOL	TYPE
HV	HAND VALVE
PSV	PRESSURE SAFETY VALVE
PCV	PRESSURE CONTROL VALVE
VC	CHECK VALVE

Código de Referencia Ubicación del Equipo o Lazo

Este código establece el número serial de la tubería y está formado de la siguiente manera:

03 16 01
a b c

Donde:

- a ZONA OPERATIVA
 - Código Manual de Identificación Región Norte (Tabla 1)
- b CLASIFICACIÓN DE LA ZONA OPERATIVA
 - Código Manual de Identificación Región Norte (Tabla 2)
- c NÚMERO DE EQUIPO

Secuencia de Identificación Auxiliar

Es el número secuencial de acuerdo a la sucesión de las válvulas en un plano.

Resumen de Especificaciones de Ingeniería para Tuberías

En las siguientes tablas, se presenta el resumen de las especificaciones de ingeniería para las tuberías (SPEC) que se disponen en Terminal Oyambaro.

Tabla 11

Resumen especificaciones Terminal Oyambaro

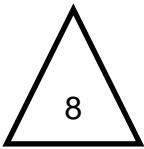
ENGINEERING SPECIFICATION FOR PIPING CLASSIFICATION (DESIGNATION)							
SPEC	PRESS. RATING (LB)	FLANGE FACING	MAIN PIPE MATERIALS (ASTM)	CORR. ALLOW (IN)	STRESS RELIEF	X-RAY TEST API 1104 (%)	FLUID SERVICE
BC1	150	RF	A106-B	1/8	NONE	100	LPL, LPG, GB, CD, DR, SD, AP, SO, RL, RG, L
CC1	300	RF	A106-B	1/8	NONE	100	LPL, LPG, GB, CD, DR, SD, AP, SO, RL, RG, L
DC1	600	RF	A106-B	1/8	NONE	100	
EC1	900	RTJ	A106-B OR API-5L GR B	1/8	NONE	100	GB, L
FC1	1500	RTJ	A106-B OR API-5L GR B	1/8	NONE	100	

Nota: Elaboración Propia.

Especificación de Ingeniería Para Tubería (Spec)

Tabla 12

Especificación BC1

CLASS: ANSI 150# CS, RF		SERVICE: LPL, LPG, GB, CD, DR, SD, RL, RG, AP, SO, L															
SIZE		1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	16	20	24		
PIPE	SCH 160		SCH80				STD										
	THD				BE, SMLS												
	ASTM-A106 GR B				ASTM-A106 GR B, API-5L GR B												
FLANGES	150# RF				Flange Bore to Match Pipe Wall												
	THD				150# RF, WN												
	ASTM-A105																
FITTINGS	3000#				Wall Thickness to Match Pipe												
	THD				BW, SMLS												
	ASTM-A105				ASTM-A234 GR WPB												
BRANCH (OLETS)	3000#				SCH 80		STD										
	THD				BW												
	ASTM-A105																
VALVES	GATE	CA1-1S				AA1-1R											
	BALL	CA1-2S				AA1-2R											
	PLUG	N/A															
	GLOBE	CA1-4S				AA1-4R											
	CHECK	CA1-5S				AA1-5R											
	NEEDLE	DA1-6S		DA1-6SFM		N/A											
	BUTTERFLY	N/A															
	FOOT	N/A				AA1-7RL, AA1-7RW											
	GAUGE	DA1-9S		N/A													
BOLTING (Note 3)	Bolts: ASTM-A193 GR B7, Fluorocarbon Coated												Threaded and dimensions per ASME B16.5				
	Nuts: ASTM-A194 GR 2H, Fluorocarbon Coated Heavy Hex Nuts																
GASKETS	150# RF, Thk 1/8", 316 SS Spiral Wound, filler material: Flexible Graphite (FG) with CS outer ring (Flexitallic Style CG, Lamons Style WR, Garlock Style RW – ONLY USA. Carrara Style SWC – ONLY ITALY) 150# FF, Thk 1/8", Comp. Non-asbestos, Synthetic fiber with NBR binder (Flexitallic, Lamons, Garlock . ONLY USA)														PRESS./TEMP.RATINGS		
														°F	PSIG		
NOTES: 1. Maximum design conditions: 250 ° F – 245 PSIG (Group 1.1) 2. Piping 1 1/2" or smaller subject to vibration or pulsation shall be SW or flanged 3. For Bolts dimensions, see ATTACHMENT G 4. For ANSI Pipe Schedules, see ATTACHMENT H														-20/100	285		
														200	260		
														250	245		

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 13

Detalle especificación BC1 para válvulas y accesorios

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
GATE	CA1-1S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	AA1-1R	2" – 4"	Class 150#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats. RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, flexible wedge gate, Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco SCV Velan Vogt Walworth
	AA1-1R	6" and Larger	Class 150#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats. RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, flexible wedge gate, Gear operated. Design per API 600. Test per API 598	
BALL	CA1-2S	1 ½" and Smaller	1440 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, filled Teflon seats, threaded ends per ASME B1.20.1, reduced port, lever operated. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	AOP GWC KF Nibco Nutron PBV
	CA1-2SF	1 ½" and Smaller	1440 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, filled Teflon seats, threaded ends per ASME B1.20.1, full port, lever operated. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	Quadrant SCV Velan Warren WKM
	AA1-2R	2" – 6"	Class 150#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem. RF flanged ends per ASME B16.5, reduced port, lever or gear (6") operated, Floating ball. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	AOP Cameron Grove GWC KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV
	AA1-2RF	2" – 6"	Class 150#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, full port, lever or gear (6") operated. Floating ball. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	TK Velan WKM

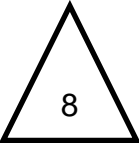
TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
BALL	AA1-2R	8" and Larger	Class 150#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, reduced port, gear operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	AOP Cameron Grove GWC (3-Piece) KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV TK Velan WKM
	AA1-2RF	8" and Larger	Class 150#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, full port, gear operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	
GLOBE	CA1-4S	1 1/2" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	AA1-4R	2" and Larger	Class 150#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	
CHECK	CA1-5S	1 1/2" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	AOP Bonney Forge DSI GWC KF Eagle Newco SCV Tom Wheatley Velan Vogt Wheatley

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
CHECK	AA1-5R	2" - 3"	Class 150#, CS body and cover (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Design per API 594. Test per API 598	AOP Bonney Forge Crane DSI GWC KF Eagle
	AA1-5R	4" and Larger	Class 150#, CS body and cover (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Body drain 1/2" NPT. Design per API 594. Test per API 598	Newco PBV SCV Tom Wheatley Velan Walworth Wheatley
NEEDLE	DA1-6S	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, M x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	AGCO Apollo KF Swagelok
	DA1-6SFM	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, FM x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	
BUTTERFLY	AA1-7RL	1 1/2" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	Bray Center Line Demco Flowseal GWC Keystone KF Norris Quadrant Velan
	AA1-7RW	3" and Larger	Class 150#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB), SS stem, bronze or iron disc, Viton seat, wafer to mate with RF flanges. Latch locking lever or gear (6" and larger) operated. Design per API 609. Test per API 598	
FULL FLOW FOOT	AA1-8F	2" and Larger	Class 125#, Cast Iron body (ASTM-A126 Gr B), FF flanged ends, bronze internals, SS strainer	APCO Flomatic Valmatic
GAUGE	DA1-9S	3/4" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft seat material, one male and three female, needle port. Complete with bleeder valve and 316 SS hex plug	AGCO AOP HEX Swagelok

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 14

Especificación CC1

CLASS: ANSI 300# CS, RF		SERVICE: LPL, LPG, GB, CD, DR, SD, RL, RG, AP, SO, L																			
SIZE		1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24				
PIPE		SCH 160		SCH 80						STD		SCH 40		SCH 30		SCH 40					
		THD				BE, SMLS															
		ASTM-A106 GR B				ASTM-A106 GR B, API-5L GR B															
FLANGES		300# RF				Flange Bore to Match Pipe Wall															
		THD				300# RF, WN															
		ASTM-A105																			
FITTINGS		3000#				Wall Thickness to Match Pipe															
		THD				BW, SMLS															
		ASTM-A105				ASTM-A234 GR WPB															
BRANCH (OLETS)		3000#				SCH 80				STD		SCH 40		SCH 30		SCH 40					
		THD				BW															
		ASTM-A105																			
VALVES	GATE	CA1-1S				BA1-1R															
	BALL	CA1-2S				BA1-2R															
	PLUG	N/A																			
	GLOBE	CA1-4S				BA1-4R															
	CHECK	CA1-5S				BA1-5R															
	NEEDLE	DA1-6S		DA1-6SFM		N/A															
	BUTTERFLY	N/A				BA1-7RL, BA1-7RW															
	GAUGE	DA1-9S		N/A																	
BOLTING (Note 3)		Bolts: ASTM-A193 GR B7, Fluorocarbon Coated										Threaded and dimensions per ASME B16.5									
		Nuts: ASTM-A194 GR 2H, Fluorocarbon Coated Heavy Hex Nuts																			
GASKETS												300# RF, Thk 1/8", 316 SS Spiral Wound, filler material: Flexible Graphite (FG) with CS outer ring (Flexitallic Style CG, Lamons Style WR, Garlock Style RW – ONLY USA. Carrara Style SWC – ONLY ITALY)						PRESS./TEMP.RATINGS °F PSIG REF. ASME B16.5			
NOTES:		1. Maximum design conditions: 250 ° F – 667 PSIG (Group 1.1) 2. Piping 1 1/2" or smaller subject to vibration or pulsation shall be SW or flanged 3. For Bolts dimensions, see ATTACHMENT G 4. For ANSI Pipe Schedules, see ATTACHMENT H										-20/100		740							
												200		680							
												250		667							

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 15

Detalle especificación CC1 para válvulas y accesorios

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
GATE	CA1-1S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	BA1-1R	2" – 4"	Class 300#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats. RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, flexible wedge gate, Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco SCV Velan Vogt Walworth
	BA1-1R	6" and Larger	Class 300#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats. RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, flexible wedge gate, Gear operated. Design per API 600. Test per API 598	SCV Velan Vogt Walworth
BALL	CA1-2S	1 ½" and Smaller	1440 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, filled Teflon seats, threaded ends per ASME B1.20.1, reduced port, lever operated. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	AOP GWC KF Nibco Nutron PBV
	CA1-2SF	1 ½" and Smaller	1440 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, filled Teflon seats, threaded ends per ASME B1.20.1, full port, lever operated. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	Quadrant SCV Velan Warren WKM
	BA1-2R	2" – 3"	Class 300#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, reduced port, lever operated. Floating ball. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	AOP Cameron Grove GWC KF Nibco Nutron PBV Quadrant
	BA1-2RF	2" – 3"	Class 300#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, full port, lever operated. Floating ball. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	SCV TK Velan WKM


TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
BALL	BA1-2R	4" and Larger	Class 300#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, reduced port, lever or gear (6" and larger) operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	AOP Cameron Grove GWC (3-Piece) KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV TK Velan WKM
	BA1-2RF	4" and Larger	Class 300#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, full port, lever or gear (6" and larger) operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	
GLOBE	CA1-4S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	BA1-4R	2" and Larger	Class 300#, CS body and bonnet (ASTMA216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco Powell SCV Velan Walworth
CHECK	CA1-5S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	AOP Bonney Forge DSI GWC KF Eagle Newco SCV Tom Wheatley Velan Vogt Wheatley

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
CHECK	BA1-5R	2" - 3"	Class 300#, CS body and cover (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, RF flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Design per API 594. Test per API 598	AOP Bonney Forge Crane DSI GWC KF Eagle Newco
	BA1-5R	4" and Larger	Class 300#, CS body and cover (ASTMA216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, RF flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Body drain ½" NPT. Design per API 594. Test per API 598	PBV SCV Tom Wheatley Velan Walworth Wheatley
NEEDLE	DA1-6S	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, M x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	AGCO Apollo KF Swagelok
	DA1-6SFM	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, FM x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	
BUTTERFLY	BA1-7RL	3" and Larger	Class 300#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB), SS stem, bronze or iron disc, Viton seat, lug to mate with RF flanges. Latch locking lever or gear (6" and larger) operated. Design per API 609. Test per API 598	Bray Center Line Demco Flowseal GWC Keystone KF Norris Quadrant Velan
	BA1-7RW	3" and Larger	Class 300#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB), SS stem, bronze or iron disc, Viton seat, wafer to mate with RF flanges. Latch locking lever or gear (6" and larger) operated. Design per API 609. Test per API 598	
GAUGE	DA1-9S	¾" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft seat material, one male and three female, needle port. Complete with bleeder valve and 316 SS hex plug	AGCO HEX Swagelok

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 16

Especificación DC1

CLASS: ANSI 600# CS, RF		SERVICE:												
SIZE	1/2	3/4	1	1 1/2	2	4	6	8	10	12	16	20	24	
PIPE	SCH 160			SCH 80										
	THD					BE, SMLS								
	ASTM-A106 GR B					ASTM-A106 GR B, API-5L GR B								
FLANGES	600# RF					Flange Bore to Match Pipe Wall								
	THD					600# RF, WN								
	ASTM-A105													
FITTINGS	6000#	3000#			Wall Thickness to Match Pipe									
	THD					BW, SMLS								
	ASTM-A105					ASTM-A234 GR WPB								
BRANCH (OLETS)	6000#	3000#			SCH 80									
	THD					BW								
	ASTM-A105													
VALVES	GATE	CA1-1S					CA1-1R							
	BALL	CA1-2S					CA1-2R							
	PLUG	N/A												
	GLOBE	CA1-4S					CA1-4R							
	CHECK	CA1-5S					CA1-5R							
	NEEDLE	DA1-6S	DA1-6SFM			N/A								
	BUTTERFLY	N/A												
	GAUGE	DA1-9S	N/A											
BOLTING (Note 3)	Bolts: ASTM-A193 GR B7, Fluorocarbon Coated										Threaded and dimensions per ASME B16.5			
	Nuts: ASTM-A194 GR 2H, Fluorocarbon Coated Heavy Hex Nuts													
GASKETS 	600# RF, Thk 1/8", 316 SS Spiral Wound, filler material: Flexible Graphite (FG) with CS outer ring (Flexitallic Style CG, Lamons Style WR, Garlock Style RW – ONLY USA. Carrara Style SWC – ONLY ITALY)										PRESS./TEMP.RATINGS °F PSIG REF. ASME B16.5			
NOTES:										-20/100	1480			
1. Maximum design conditions: 250 ° F – 1335 PSIG (Group 1.1)										200	1360			
2. Piping 1 1/2" or smaller subject to vibration or pulsation shall be SW or flanged										250	1335			
3. For Bolts dimensions, see ATTACHMENT G														
4. For ANSI Pipe Schedules, see ATTACHMENT H														

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 17

Detalle y especificación DC1 para válvulas y accesorios

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
GATE	CA1-1S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	CA1-1R	2" – 3"	Class 600#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats. RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, flexible wedge gate, Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco SCV Velan Vogt Walworth
	CA1-1R	4" and Larger	Class 600#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats. RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, flexible wedge gate, Gear operated. Design per API 600. Test per API 598	SCV Velan Vogt Walworth
BALL	CA1-2S	1 ½" and Smaller	1440 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, filled Teflon seats, threaded ends per ASME B1.20.1, reduced port, lever operated. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	AOP GWC KF Nibco Nutron PBV
	CA1-2SF	1 ½" and Smaller	1440 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, filled Teflon seats, threaded ends per ASME B1.20.1, full port, lever operated. Fire safe. Design per API 608. Test per API 598	Quadrant SCV Velan Warren WKM
	CA1-2R	2" and Larger	Class 600#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, reduced port, lever or gear (4" and larger) operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	AOP Cameron Grove GWC (3-Piece) KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV TK Velan WKM


TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
BALL	CA1-2RF	2" and Larger	Class 600#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RF flanged ends per ASME B16.5, full port, lever or gear (4" and larger) operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	AOP Cameron Grove GWC (3-Piece) KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV TK Velan WKM
GLOBE	CA1-4S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	CA1-4R	2" and Larger	Class 600#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco Powell SCV Velan Walworth
CHECK	CA1-5S	1 ½" and Smaller	Class 800# (1975# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	AOP Bonney Forge DSI GWC KF Eagle Newco SCV Tom Wheatley Velan Vogt Wheatley

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
CHECK	CA1-5R	2" - 3"	Class 600#, CS body and cover (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Design per API 594. Test per API 598	AOP Bonney Forge Crane DSI GWC KF Eagle
	CA1-5R	4" and Larger	Class 600#, CS body and cover (ASTMA216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RF flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Body drain 1/2" NPT. Design per API 594. Test per API 598	Newco PBV SCV Tom Wheatley Velan Walworth Wheatley
NEEDLE	DA1-6S	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, M x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	AGCO Apollo KF Swagelok
	DA1-6SFM	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, FM x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	
GAUGE	DA1-9S	3/4" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft seat material, one male and three female, needle port. Complete with bleeder valve and 316 SS hex plug	AGCO HEX Swagelok

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 18

Especificación EC1

CLASS: ANSI 900# CS, RTJ		SERVICE: L, GB												
SIZE		1/2	3/4	1	1 1/2	2	4	6	8	10	12	16	20	24
PIPE	SCH 160				SCH 80			SCH 120						
	THD				BE, SMLS									
	ASTM-A106 GR B				ASTM-A106 GR B, API-5L GR B									
FLANGES	1500# RTJ				Flange Bore to Match Pipe Wall									
	SW				900# RTJ, WN									
	ASTM-A105													
FITTINGS	6000#				Wall Thickness to Match Pipe									
	SW				BW, SMLS									
	ASTM-A105				ASTM-A234 GR WPB									
BRANCH (OLETS)	6000#				SCH 80			SCH 120						
	SW				BW									
	ASTM-A105													
VALVES	GATE	DA1-1S, DA1-1Z				DA1-1J								
	BALL	DA1-2S, DA1-2Z				DA1-2J								
	PLUG	N/A												
	GLOBE	DA1-4S, DA1-4Z				DA1-4J								
	CHECK	DA1-5S, DA1-5Z				DA1-5J								
	NEEDLE	DA1-6S DA1-6SFM			N/A									
	BUTTERFLY	N/A												
	GAUGE	DA1-9S			N/A									
	CHOKE	N/A			DA1-0JC						N/A			
BOLTING (Note 3)	Bolts: ASTM-A193 GR B7, Fluorocarbon Coated										Threaded and dimensions per ASME B16.5			
	Nuts: ASTM-A194 GR 2H, Fluorocarbon Coated Heavy Hex Nuts													
GASKETS 	1500# / 900# RTJ, Octagonal Ring, Soft Iron material, Cadmium Plated coated (Flexitallic, Lamons - ONLY USA. Carrara - ONLY ITALY)										PRESS./TEMP.RATINGS °F PSIG REF. ASME B16.5			
NOTES:										-20/100	2220			
1. Maximum design conditions: 250 ° F – 2000 PSIG (Group 1.1)										200	2035			
2. DA1-1S, DA1-2S, DA1-4S, DA1-5S may be used for vent, drain, sample and instrument service only										250	2000			
3. All welds in WT over 0.750" to be stress relieved per ASME B31.3														
4. Use pipe threaded only for valves connections														
5. For Bolts dimensions, see ATTACHMENT G														
6. For ANSI Pipe Schedules, see ATTACHMENT H														

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 19

Detalle y especificación EC1 para válvulas y accesorios

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
GATE	DA1-1S	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	DA1-1Z	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, socked weld ends per ASME B16.11, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	
	DA1-1J	2" – 3"	Class 900#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate, enclosed stem protector. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco SCV Velan Vogt Walworth
	DA1-1J	4" and Larger	Class 900#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellite seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate, enclosed stem protector. Gear operated. Design per API 600. Test per API 598	
BALL	DA1-2S	1 ½" and Smaller	2160 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, threaded ends per ASME B1.20.1, reduced port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	AOP GWC KF Nibco Nutron
	DA1-2Z	1 ½" and Smaller	2160 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, socked weld ends per ASME B16.11, reduced port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	PBV Quadrant SCV Velan Warren
	DA1-2SF	1 ½" and Smaller	2160 PSI @ 100 °F, SS body (ASTM-A351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, threaded ends per ASME B1.20.1, full port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	WKM

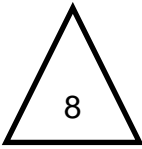
TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
BALL	DA1-2ZF	1 ½" and Smaller	2160 PSI @ 100 °F, SS body (ASTMA351 Gr CF8M or ASTM-A182 F316), 316 SS ball and stem, socked weld ends per ASME B16.11, full port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	AOP GWC KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV Velan Warren WKM
	DA1-2J	2" and Larger	Class 900#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RTJ flanged ends per ASME B16.5, reduced port, lever or gear (4" and larger) operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	AOP Cameron Grove GWC (3-Piece) KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV TK Velan WKM
	DA1-2JF	2" and Larger	Class 900#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), CS 1 mil ENP ball and stem, RTJ flanged ends per ASME B16.5, full port, lever or gear (4" and larger) operated. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	Velan WKM
GLOBE	DA1-4S	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	DA1-4R	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, socket weld ends per ASME B16.11, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Velan Vogt
	DA1-4J	2" and Larger	Class 900#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco Powell SCV Velan Walworth

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
CHECK	DA1-5S	2" - 3"	Class 1500# (3705# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 12, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	AOP Bonney Forge DSI GWC KF Eagle Newco SCV
	DA1-5Z	4" and Larger	Class 1500# (3705# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 12, HF stellited seats, socket weld ends per ASME B16.11, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	Tom Wheatley Velan Vogt Wheatley
	DA1-5J	2" - 3"	Class 900#, CS body and cover (ASTMA216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Design per API 594. Test per API 598	AOP Bonney Forge Crane DSI GWC KF Eagle Newco
	DA1-5J	4" and Larger	Class 900#, CS body and cover (ASTMA216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, horizontal swing, bolted cover. Body drain ½" NPT. Design per API 594. Test per API 598	PBV SCV Tom Wheatley Velan Walworth Wheatley
NEEDLE	DA1-6S	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, M x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	AGCO Apollo KF Swagelok
	DA1-6SFM	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, FM x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	
GAUGE	DA1-9S	¾" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft seat material, one male and three female, needle port. Complete with bleeder valve and 316 SS hex plug	AGCO HEX Swagelok
CHOKE	DA1-0J	1" – 10"	Class 900#, CS body (ASTM-A216 GR WCB or ASTM-A105), SS Trim, RTJ flanged ends per ASME B16.5. TECHNICAL DATA: CV Max. Temp Operation. Max Press Operation	Master Flo

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 20

Especificación FC1

CLASS: ANSI 1500# CS, RTJ		SERVICE: GB															
SIZE	1/2	3/4	1	1 1/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	20	24	
PIPE (Note 4)	SCH 160												Calculate				
	THD (Note 5)/PE				BE, SMLS												
	ASTM-A106 GR B				ASTM-A106 GR B, API-5L GR B												
FLANGES	1500# RTJ				Flange Bore to Match Pipe Wall												
	SW				1500# RTJ, WN												
	ASTM-A105																
FITTINGS	6000#				Wall Thickness to Match Pipe												
	SW				BW, SMLS												
	ASTM-A105				ASTM-A234 GR WPB												
BRANCH (OLETS)	6000#				SCH 160						Calculate						
	SW				BW												
	ASTM-A105																
VALVES (Note 2)	GATE	EA1-1S, EA1-1Z				EA1-1J											
	BALL	EA1-2S, EA1-2Z				EA1-2J											
	PLUG	N/A															
	GLOBE	EA1-4S, EA1-4Z				EA1-4J, EA1-4W											
	CHECK	EA1-5S, EA1-5Z				EA1-5J											
	NEEDLE	DA1-6S				N/A											
	BUTTERFLY	N/A															
	GAUGE	DA1-9S				N/A											
	CHOKE	N/A				EA1-0JC						N/A					
BOLTING (Note 6)	Bolts: ASTM-A193 GR B7, Fluorocarbon Coated												Threaded and dimensions per ASME B16.5				
	Nuts: ASTM-A194 GR 2H, Fluorocarbon Coated Heavy Hex Nuts																
GASKETS		1500# RTJ, Octagonal Ring, Soft Iron material, Cadmium Plated coated (Flexitallic, Lamons - ONLY USA. Carrara - ONLY ITALY)												PRESS./TEMP.RATINGS			
														°F		PSIG	
NOTES:												-20/100		3705			
1. Maximum design conditions: 250 ° F – 667 PSIG (Group 1.1)												200		3395			
2. 1/2" and 3/4", EA1-1S, EA1-2S, EA1-4S, EA1-5S and XXS nipples may be used for vent, drain, sample and instrument service only												250		3332			
3. Flanges shall be used in lieu of unions																	
4. All welds in WT over 0.750" to be stress relieved per ASME B31.3																	
5. Use pipe threaded only for valves connections																	
6. For Bolts dimensions, see ATTACHMENT G																	
7. For ANSI Pipe Schedules, see ATTACHMENT H																	

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla 21

Detalle y especificación FC1 para válvulas y accesorios

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
GATE	EA1-1S	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV Smith Velan Vogt
	EA1-1Z	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet, (ASTM-A105), Trim 8, HF stellited seats, socked weld ends per ASME B16.11, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	
	EA1-1J	2" – 3"	Class 1500#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 12, HF stellited seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate, enclosed stem protector. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco SCV Velan Vogt Walworth
	EA1-1J	4" and Larger	Class 1500#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 12, HF stellited seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet, solid wedge gate, enclosed stem protector. Gear operated. Design per API 600. Test per API 598	
BALL	EA1-2S	1 ½" and Smaller	3000# MAWP, CS body (ASTM-A105), 316 SS ball and stem, threaded ends per ASME B1.20.1, reduced port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	AOP GWC KF Nibco
	EA1-2Z	1 ½" and Smaller	3000# MAWP, CS body (ASTM-A105), 316 SS ball and stem, socket welded ends per ASME B16.11, reduced port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	Nutron PBV Quadrant SCV
	EA1-2SF	1 ½" and Smaller	3000# MAWP, CS body (ASTM-A105), 316 SS ball and stem, threaded ends per ASME B1.20.1, full port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	Velan Warren WKM
	EA1-2ZF	1 ½" and Smaller	3000# MAWP, CS body (ASTM-A105), 316 SS ball and stem, socket welded ends per ASME B16.11, full port, lever operated. Fire safe. Test per API 598	

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
BALL	EA1-2J	2" and Larger	Class 1500#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), 316 SS ball and stem, RTJ flanged ends per ASME B16.5, reduced port, lever or gear (4" and larger) operated,. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	AOP Cameron Grove GWC (3-Piece) KF Nibco Nutron PBV Quadrant SCV
	EA1-2JF	2" and Larger	Class 1500#, CS body (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), 316 SS ball and stem, RTJ flanged ends per ASME B16.5, full port, lever or gear (4" and larger) operated,. Trunnion mounted, double block and bleed and sealant injection fittings. Fire safe. Design and test per API 6D	TK Velan WKM
GLOBE	EA1-4S	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 12, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Bonney Forge DSI GWC Newco SCV
	EA1-4R	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body and bonnet (ASTM-A105), Trim 12, HF stellited seats, socket weld ends per ASME B16.11, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 602. Test per API 598	Smith Velan Vogt
	EA1-4J	2" and Larger	Class 1500#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 12, HF stellited seats, RTJ flanged ends per ASME B16.5, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Bonney Forge Crane DSI GWC Newco Powell SCV
	EA1-4W	2" and Larger	Class 1500#, CS body and bonnet (ASTM-A216 Gr WCB or ASTM-A105), Trim 12, HF stellited seat, BW ends, SCH 160, OS&Y, bolted bonnet. Hand wheel operated. Design per API 600. Test per API 598	Velan Walworth
CHECK	EA1-5S	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 12, HF stellited seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	AOP Bonney Forge DSI GWC KF Eagle Newco SCV Tom Wheatley Velan
	EA1-5Z	1 ½" and Smaller	Class 1500# (3705# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 12, HF stellited seats, socket weld ends per ASME B16.11, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	Vogt Wheatley

TYPE	SYMBOL	SIZE	DESCRIPTION	ACCEPTABLE BRANDS
CHECK	DA1-5S	2" - 3"	Class 1500# (3705# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 12, HF stellite seats, threaded ends per ASME B1.20.1, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	AOP Bonney Forge Crane DSI GWC
	DA1-5Z	4" and Larger	Class 1500# (3705# CWP), CS body (ASTM-A105), steel plate cover, Trim 12, HF stellite seats, socket weld ends per ASME B16.11, horizontal swing, screwed or bolted cover. Design per API 602. Test per API 598	KF Eagle Newco PBV SCV Tom Wheatley Velan Walworth Wheatley
NEEDLE	DA1-6S	1" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft or hard seats, M x FM threaded ends per ASME B1.20.1. Design per MSS SP-105	AGCO Apollo KF Swagelok
GAUGE	DA1-9S	¾" and Smaller	6000 PSI @ 200 °F, bar stock body (316 SS), Teflon stem seat, soft seat material, one male and three female, needle port. Complete with bleeder valve and 316 SS hex plug	AGCO HEX Swagelok
CHOKE	EA1-0J	1" – 10"	Class 1500#, CS body (ASTM-A216 GR WCB or ASTM-A105), SS Trim, RTJ flanged ends per ASME B16.5. TECHNICAL DATA: CV Max. Temp Operation. Max Press Operation	Master Flo

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

Tabla de conexiones de derivación en tuberías

Las derivaciones de tuberías deben ser instaladas de acuerdo con el siguiente cuadro de conexiones de derivación.

Figura 30

Ramificaciones Terminal Oyambaro

TABLA DE CONEXIONES DE DERIVACIÓN

[PULGADAS]

		DERIVACIÓN															
		24	20	18	16	14	12	10	8	6	4	3	2	1.5	1	.75	.5
P R I N C I P A L	24	T	RT	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	20		T	RT	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	18			T	RT	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	16				T	RT	RT	RT	W	W	W	W	W	S	S	S	S
	14					T	RT	RT	RT	W	W	W	W	S	S	S	S
	12						T	RT	RT	RT	W	W	W	S	S	S	S
	10							T	RT	RT	W	W	W	S	S	S	S
	8								T	RT	RT	W	W	S	S	S	S
	6									T	RT	RT	W	S	S	S	S
	4										T	RT	RT	S	S	S	S
	3											T	RT	S	S	S	S
	2												T	T/S	S	S	S
	1.5													SWT	SW RT	SW RT	SW RT
	1														SWT	SW RT	SW RT
	.75															SWT	SW RT
.5																SWT	

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador y Petroamazonas EP.

LEYENDA

T	Tee soldable a tope
RT	Tee con reducción soldable a tope
S	Socketlets (SOL) / Threadolet (TOL)
W	Weldolet (WOL)
T/S	Tee recta soldable + reducción concéntrica
SWT	Tee soldable "Socket Weld" / Tee roscada
SW RT	Tee soldable "Socket Weld" con reducción / Tee roscada con reducción

Soldadura Terminal Oyambaro

Toda la soldadura de tubería debe realizarse de acuerdo con el Procedimiento de EP. Petroecuador vigente.

Las juntas soldadas de acero al carbono deben ser tratadas térmicamente (alivio de tensiones) de conformidad con ASME B31.3 cuando el espesor nominal es mayor a $\frac{3}{4}$ " y la tubería debe ser calentada y luego enfriada de acuerdo con el párrafo UCS-56 de la sección VIII, ASME.

Distancias importantes para tuberías

Tabla 22

Distancia entre Soportes de Tuberías

L= ESPACIO MÍNIMO ENTRE SOPORTES (ft)					
DIÁMETRO PULGADAS	STEEL PIPE, SCHEDULE				
	10	20	40	80	160
1	15,0		16,0	16,0	15,0
1 1/2	18,0		19,0	19,0	19,0
2	19,0		20,0	21,0	21,0
2 1/2	21,0		23,0	23,0	23,0
3	22,0		25,0	26,0	26,0
4	24,0		28,0	29,0	29,0
6	27,0		32,0	35,0	36,0
8	29,0	34,0	36,0	39,0	41,0
10	32,0	36,0	40,0	43,0	45,0
12	33,0	37,0	42,0	47,0	50,0
14	38,0	41,0	44,0	49,0	52,0
16	39,0	42,0	47,0	52,0	56,0
18	40,0	43,0	50,0	56,0	59,0
20	40,0	46,0	52,0	59,0	62,0
24	41,0	48,0	57,0	64,0	68,0
30		54,0			

Nota: Adaptado de (Sherwood & Whistance, 1976).

Tabla 23

Separación mínima entre tuberías (mm)

DIAMETRO PULGADAS	1/2"		3/4"		1"		1 1/4"		1 1/2"		2"		2 1/2"		3"		4"		5"		6"		8"		10"		12"		14"		16"		18"		20"		24"	
	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento	sin aislamiento	con aislamiento		
24	sin aisl.	450	500	480	530	500	550	500	550	500	550	500	550	550	580	550	600	550	600	580	630	600	650	620	700	650	700	650	700	750	700	750	700	800	750	800	850	
	aislada		550		570		600		600		600		600		630		650		650		680		700		700		750		800		800		800		850		900	
20	sin aisl.	400	420	430	450	450	480	450	500	450	500	450	500	500	530	500	530	500	550	520	580	520	580	550	600	550	650	600	650	620	700	650	700	700	750	700	750	
	aislada		450		480		500		530		550		550		550		600		600		600		600		650		700		700		750		750		800		800	
18	sin aisl.	350	400	380	430	400	450	400	450	400	450	400	450	450	480	450	500	450	500	450	530	500	550	500	550	500	600	550	600	600	650	600	650	630	700			
	aislada		450		480		500		500		500		500		530		550		550		580		600		600		650		700		700		700		750			
16	sin aisl.	300	400	330	430	350	450	350	450	350	450	400	450	400	450	400	450	430	450	450	480	450	500	500	500	550	550	550	600	550	600	580	600					
	aislada		400		420		450		450		450		450		480		500		500		530		550		550		600		650		650		650					
14	sin aisl.	300	350	330	370	350	400	350	400	350	400	350	400	400	430	400	450	400	450	430	450	450	430	450	500	480	500	500	550	500	550							
	aislada		350		380		400		400		400		450		450		450		500		500		500		550		550		600		600							
12	sin aisl.	250	300	280	330	300	350	300	350	300	350	350	400	350	400	350	400	400	400	400	430	400	450	430	450	450	500	480	500									
	aislada		350		380		400		400		400		400		430		450		450		480		500		500		550		550									
10	sin aisl.	250	300	280	330	300	350	300	350	300	350	300	350	330	350	330	350	330	350	330	400	350	400	380	450	400	450											
	aislada		300		320		350		350		350		350		380		400		400		430		450		500		500											
8	sin aisl.	200	250	230	270	250	300	250	300	250	300	280	300	300	320	300	350	300	350	330	350	330	350	350	400													
	aislada		300		320		350		350		350		350		350		350		400		400		400		450													
6	sin aisl.	180	200	210	230	230	250	230	250	230	250	250	250	250	280	250	280	250	280	300	300	300	300	300	300													
	aislada		300		300		300		300		300		300		300		300		350		350		350		350													
5	sin aisl.	180	200	200	230	220	250	220	250	250	250	250	250	250	280	250	300	250	300	280	300																	
	aislada		220		250		280		280		280		280		280		300		330		330																	
4	sin aisl.	180	200	180	200	200	250	200	250	200	250	230	250	250	250	250	250	280	250	280																		
	aislada		200		230		250		250		250		250		280		300		300		300																	
3	sin aisl.	180	150	180	180	180	200	180	200	180	200	200	230	200	230	200	230																					
	aislada		200		230		250		250		250		250		250		250		300		300																	
2 1/2"	sin aisl.	160	150	160	180	160	200	160	200	160	200	180	230	180	230																							
	aislada		190		210		230		230		230		230		230																							
2	sin aisl.	150	150	150	180	150	200	150	200	150	200	180	200																									
	aislada		180		180		200		200		200		200		200																							
1 1/2"	sin aisl.	150	150	150	180	150	200	150	200	150	200	150	200																									
	aislada		180		180		200		200		200		200																									
1 1/4"	sin aisl.																																					
	aislada																																					
1"	sin aisl.																																					
	aislada																																					

Diámetro exterior de tuberías según ANSI B 36,10 M-1996			
1/2 = 21,3	2 = 60,3	6 = 168,3	16 = 406,4
3/4 = 26,7	2 1/2 = 73,0	8 = 219,1	18 = 457,0
1 = 33,4	3 = 88,9	10 = 273,1	20 = 508,0
1 1/4 = 42,2	4 = 114,3	12 = 323,9	22 = 559,0
1 1/2 = 48,2	5 = 141,3	14 = 355,6	24 = 610,0

TUBERÍAS SIN AISLAMIENTO

A

B

C

— UNA TUBERÍA AISLADA Y UNA SIN AISLAMIENTO
— TUBERÍAS AISLADAS

Nota: Adaptado de EP. Petroecuador.

Análisis y selección de bomba hidráulica adecuada

Para poder satisfacer los requerimientos del cliente tabla 8, podemos reducir nuestra clasificación de bombas hidráulicas a “Bombas Centrifugas Multietapas” y “Bombas Dosificadoras de Diafragma”.

Ambas bombas comparten la variable de alta presión, pero una diferencia en cuanto a la tasa de flujo y su costo.

Figura 31

Variables bomba centrífuga multietapa-alta presión

HDA

Bomba centrífuga horizontal BB4 multietapa de anillos segmentados, de alta presión. Compensación del empuje axial mediante discos de equilibrio. Pies de apoyo fundidos integralmente con los cuerpos y dispuestos a la altura del eje. Cámara de refrigeración en los sellados.



		50 Hz	60 Hz
Tamaño	DN [mm]	50 - 100	50 - 100
Caudal	Q [m³/h]	≤ 130	≤ 150
Altura	H [m]	≤ 1200	≤ 1200
Temperatura del fluido	T [°C]	≥ -10 (-30) ≤ 230	≥ -10 (-30) ≤ 230
Presión	P [bar]	≤ 90 (130)	≤ 90 (130)

Nota: Obtenido de (Emica Pumps, 2021).

Figura 32

Variables bomba dosificadora PRIMEROYAL

CARACTERISTIQUES		Characteristics	
Débit nominal	Rated capacity	1328 l/h	à at 138.0 bar g
Marque Brand	LAMBERT	Type Type	T3C 180 L4
No. de série Serial n°.	18S1221157	Tension Voltage	400 V
Puissance Power	22 kW	Fréquence Frequency	50 Hz
Vitesse Speed	1460 tr/mn	Intensité(maxi.) Current value (max.)	38.40 A

Nota: Obtenido de (Milton Roy, 2021).

Tabla 24*Matriz de selección bomba hidráulica*

Requisito	Peso Pond.	Centrífuga		Dosificadora	
		Pond.	Valor	Pond.	Valor
Caudal de Bomba (l/h)	30%	15%	≤70000	30%	1328
Presión Bomba (psi)	40%	40%	1885	35%	2002
Costo (\$)	20%	5%	275000	20%	63700.93
Plazo de Entrega (días)	5%	5%	30	5%	30
Servicio Postventa	5%	3%	Normal	5%	Bueno
Total		68%		95%	

Nota: Elaboración Propia.

De la tabla 24 se selecciona la bomba dosificadora marca Milton Roy - serie PrimeRoyal R de doble diafragma, con un costo de 63700.93 dólares americanos incluido IVA, ya que cumple las condiciones de diseño para aplicar la ingeniería de reinyección, considerando que el precio entre ambas bombas tiene una relación de 4:1.

Las razones principales por que se descartó la bomba centrífuga multietapas, es que las interfaces de gasolina base del poliducto Shushufindi-Quito operan en un rango de 20 a 24 horas, tomando en cuenta que una tasa de flujo normal sería un valor sobredimensionado para vaciar el tanque SLOP de 111 metros cúbicos.

Cálculos Básicos

MOPRO Actual VS MOPRO Ingeniería

Datos movimiento de producto actual.

$$V_{actual} = 57 \text{ (m}^3\text{) en dos días}$$

$$Q_{actual} = \frac{V_{actual}}{tiempo} = \frac{57 \text{ m}^3}{48 \text{ h}} = 1.188 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

Datos movimiento de producto ingeniería.

$$Q_{bomba} = 1.328 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)$$

$$t_{\text{poliducto}} = 20 - 24 \text{ (h)}$$

$$V_{\text{ingeniería}} = Q_{\text{bomba}} * t_{\text{promedio}} * \text{partidas}$$

$$V_{\text{ingeniería}} = 1.328 \left(\frac{m^3}{h} \right) * 22(h) * 2 = 58 \text{ (m}^3\text{) en dos partidas}$$

Proyección MOPRO 2 partidas de gasolina base en el Poliducto SH-Q.

$$\% \text{ Proyección MOPRO} = \frac{V_{\text{ingeniería}} - V_{\text{actual}}}{V_{\text{actual}}} = \frac{58 - 57}{57} * 100\% = 1.754\%$$

Proyección MOPRO 3 partidas de gasolina base en el Poliducto SH-Q.

$$V_{\text{ingeniería}} = 1.328 \left(\frac{m^3}{h} \right) * 22(h) * 3 = 88 \text{ (m}^3\text{) en tres partidas}$$

$$\% \text{ Proyección MOPRO} = \frac{V_{\text{ingeniería}} - V_{\text{actual}}}{V_{\text{actual}}} = \frac{88 - 57}{57} * 100\% = 54.386\%$$

Con la Ingeniería de reinyección, podemos utilizar 3 partidas del poliducto SH-Q mensuales, obteniendo una proyección de volumen de 88 metros cúbicos de gasolina base, que equivale a un 54.386 % de ganancia en operaciones entre terminales.

Selección para transferencia de custodia

Para la adecuada transferencia y control de gasolina base, entre el Terminal Oyambaro y el Terminal de Productos Limpios El Beaterio, se utilizará el “Procedimiento Estándar para la Medición Manual de Petróleo y Productos de Petróleo” MPMS 3.1A (American Petroleum Institute, 2013).

Debido a que la opción de poner un tren de medición fue descartada por tener una tasa de flujo muy pequeña para las aplicaciones de la industria petrolera, al igual que un NPSH ajustado y una presión de descarga de 2002 psi.

Figura 33

Tasa de flujo mínima Medidor Smith Meter

2" Steel Model C2

		Minimum Flow Rate Typical Performance					
Linearity ²	Units	Viscosity (Centipoise – mPa·s)					
		.5	1	5	20	100	400
±0.15%	US-GPM	25	15	6	1.5	0.30	0.08
	L/min	95	57	23	6.0	1.00	0.30
±0.25%	US-GPM	17	10	4	1.0	0.20	0.05
	L/min	65	38	15	4.0	0.75	0.20
±0.50%	US-GPM	13	8	3	0.8	0.16	0.04
	L/min	50	30	11	3.0	0.60	0.15



Nota: Obtenido de (TechnipFMC, 2018).

Procedimiento de medición para Tanque Slop

El Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador, cuenta con una tabla de aforo para el Tanque Slop “TQ-V8” cuya tabla fue realizada en base a la norma MPMS 2.2A, con una altura referencial de 7,938 metros al borde de la escotilla, opuesta a la bisagra y un diámetro interno promedio de 4.4710 metros (Ver anexo 3).

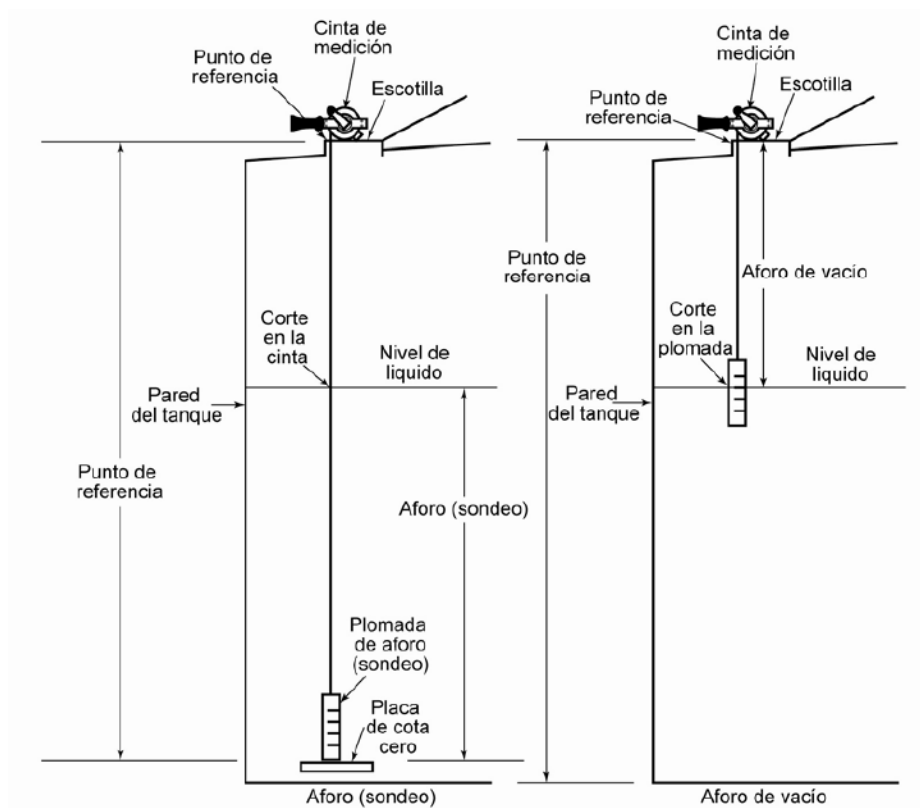
El laboratorio a cargo VERIPET CIA. LTDA, que se encuentra acreditado por la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, cita el siguiente procedimiento bajo la norma API MPMS 3.1A (American Petroleum Institute, 2013).

Procedimiento

Se utiliza el método de aforo (sondeo) el cual es una medición directa al nivel del líquido, con una cinta de sonda manual el operador desde la escotilla del Tanque Slop sumerge la misma envuelta de una pasta de verificación obteniendo la distancia lineal en vertical desde el fondo del tanque, haciendo que el corte de la superficie con la altura del líquido sea visible.

Figura 34

Diagrama de medición tanque vertical



Nota: Obtenido de (American Petroleum Institute, 2013).

Capítulo V. Ingeniería de Detalle

Consideraciones generales de diseño

Se definen las bases y criterios de diseño utilizadas en el dimensionamiento de las facilidades de procesos y requeridas en el desarrollo de la Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle de un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al poliducto Shushufindi – Quito, considerando siempre la operación segura de las nuevas facilidades con las existentes y cumpliendo con las recomendaciones de normas y códigos técnicos nacionales e internacionales aplicables.

Criterios de diseño para disciplinas de ingeniería

Criterios de diseño de procesos

Temperatura de diseño

Para líneas de proceso, la temperatura de diseño será igual a la temperatura máxima de operación más 50 °F, debido a los cambios de temperatura que tiene el Terminal de Oyambaro in situ y el sistema de alta presión a realizar.

En líneas que manejen fluido a condiciones ambientales sin que exista un medio de calentamiento, la temperatura de operación será la máxima temperatura ambiente.

Presión de diseño

La presión de diseño se definirá el 110% de la máxima presión de operación. En líneas de drenaje y a presión atmosférica la presión de diseño será 50 psig.

Dimensionamiento de tuberías

El diámetro menor para tuberías de proceso será de 1”.

Tanto las tuberías de proceso como de servicio serán diseñadas para el flujo de diseño.

Figura 35

Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4
Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 – 2	0.15 – 0.6
Vapor de Agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Nota: Obtenido de (McCabe, Smith, & Harriott, 1998).

Tomando en cuenta que los valores presentados son los más comunes en la práctica, bajo condiciones especiales pueden requerirse velocidades que estén fuera de los intervalos indicados.

Criterios de diseño de tubería

Criterios generales de tuberías

Los puntos de tie-in se consideran como interconexiones entre tuberías existentes y nuevas. Los tie-ins deberán utilizarse cuando este tipo de conexión sea requerido y claramente identificado.

Siempre que sea necesario colocar tuberías bajo tierra, se colocarán en zanjas cuya preparación deberá realizarse previamente y luego tapadas cumpliendo los procedimientos para este caso.

Para tuberías enterradas como regla general, la distancia entre el TOP de la tubería y el nivel del suelo debe cumplir con la norma ASME B31.3 Process Piping & ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries, sin embargo, se puede tomar como referencia que para tuberías operando con presión interna positiva

en tráfico pesado, se requiere una profundidad de 1.20 m, y para tráfico moderado una profundidad de 0.80 m.

Se realizará un minucioso estudio con planos As-Built en caso de dudas del diseñador, este deberá solicitar los documentos necesarios para localizar e identificar otras tuberías existentes u otras instalaciones que puedan presentar interferencias con los nuevos diseños.

Presión y temperatura

La presión, temperatura y flujo máximos deberán ser considerados en el diseño de todas las tuberías de acuerdo con las condiciones del proceso seleccionado.

La presión y temperatura de diseño que se usarán como base para la definición de la especificación de la ingeniería y la selección de componentes de materiales de tubería estarán de acuerdo con los requisitos de las normas aplicables ASME B31.3 Process Piping & ASME B31.4 Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries.

Especificaciones de tuberías

El diseño de interconexión de tubería debe cumplir con los códigos ASME B31.3 & ASME B31.4 y los lineamientos dados en las especificaciones de tubería piping class.

- PAM-CPF-50-SP-004 (Petroamazonas EP.)
- GG-ME0-001 (EP. Petroecuador)
- 03-B-81-EP-001 (Terminal Oyambaro – EPP)

Identificación

Todos los sistemas de tuberías deberán estar identificados mediante el uso de colores, códigos y textos específicos, según el servicio o sistema al que pertenezca dentro de la operación, utilizando el procedimiento de codificación de 03-B-81-EP-001 “Procedimiento para identificación de equipos, válvulas y tuberías de transporte de fluidos”.

Preparación superficial y pintura

Todos los sistemas de tuberías aéreas deben ser recubiertos bajo la especificación de pintura para equipos y líneas de proceso acordado entre las partes, de no existir este documento se lo realizará según PAM-EP-ECU-QAQC-20-ESP-006-00 Especificación de Recubrimientos, para sistemas de tuberías enterradas se utilizará recubrimiento Polyken.

- Sistema estándar para tubos de todos los tamaños operando a una temperatura máxima de 150 °F: Primario # 1027, Capa anticorrosiva #980 y Capa de protección #955.

Diseño de arreglos de tuberías

Los arreglos de tubería deben estar diseñados para asegurar la correcta operación, mantenimiento modificación y ampliación futura si esta fuese requerida, de acuerdo con los procedimientos ambientales en vigencia.

El arreglo de tuberías reflejado en la ingeniería presentará una configuración adecuada para su construcción tomando en consideración el área utilizada en los mantenimientos preventivos y correctivos del Terminal Oyambaro.

Diseño de tuberías

El diseño de tubería debe estar en concordancia con el código ASME B31.3 & ASME B31.4 y se utilizará una corrosión admisible de 1/8".

1. Tamaños de tuberías

No se permite el uso de tuberías de tamaño nominal inferior a 1/2". Igualmente, no se deben utilizar tuberías de tamaño nominal 1-1/4", 2-1/2", 3-1/2" y 5".

En general, los tamaños mínimos de la tubería serán, siempre y cuando no se indique otro tamaño en los documentos de procesos:

- 3/4" pulgada para línea de servicios
- 1" pulgada para líneas de proceso.

- 4" para drenajes subterráneos.
- 1" para otras líneas subterráneas diferentes a las de drenaje

2. Bridas

Se limitará el uso de bridas en tubería a conexiones bridadas de equipo, válvulas y puntos de conexión tal como se indica en los planos.

Se proveerá de sistema bridado cuando:

- Se debe proveer espacio libre para desmantelar equipos o límites de skid.
- Las condiciones del lugar no permiten fabricar tuberías por soldadura.
- Exista cambio de tipo de material (materiales disímiles).

3. Válvulas

Se proveerán válvulas de acuerdo con el requerimiento, condiciones de operación y a lo indicado en los planos.

Las dimensiones entre las bridas de las válvulas (alcance), estarán bajo el código ANSI/ASME B16.10 y probadas en conformidad con el código API-STD-598.

Las válvulas de bloqueo serán en general de bola o compuerta, de preferencia de bola por la hermeticidad requerida y facilidad operacional.

El tipo de accionamiento de las válvulas estará en conformidad con lo indicado en la especificación de tubería.

Las válvulas de retención serán instaladas en líneas horizontales o verticales donde una inversión de flujo podría ocurrir.

Implantación de tuberías

La ruta de tuberías será en general la más corta, técnica y económicamente posible.

La disposición y ruta serán lo suficientemente flexibles para compensar esfuerzos y desplazamientos térmicos a fin de evitar:

- Excesivos esfuerzos producto de expansión térmica y la posible falla.

- Fugas por juntas en bridas de uniones de tuberías.
- Cargas excesivas en conexión de equipos.

Donde sea posible, se colocarán todas las líneas a un mismo nivel de apoyo conjuntamente con otras líneas con el fin de apoyarlas en acero estructural a una elevación común.

Todos los arreglos de tubería deberán permitir la facilidad para inspección, servicio y/o mantenimiento y maniobras de izaje con grúas u otros equipos que se requieran.

Para la realización de las interconexiones deberán instalarse válvulas de bloqueo, para minimizar los tiempos de parada de planta o el tiempo fuera de servicio de un determinado sistema.

Cálculo de NPSH y potencia hidráulica requerida por el sistema

Cálculo para determinar la carga de aspiración neta positiva disponible (NPSH)

La bomba dosificadora seleccionada en la tabla 24, posee un caudal de 1328 litros por hora, y nuestras variables de diseño a utilizar se encuentran en la Ingeniería Conceptual tabla 5 y 8.

Variables globales

$$\rho = 720.5 \frac{kg}{m^3}; \nu = 0.65 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}; g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$Q = 1328 \frac{l}{h}$$

$$Q = 1328 \frac{l}{h} * \frac{1 h}{3600 s} * \frac{0.001 m^3}{1 l} = 0.0003689 \frac{m^3}{s}$$

Condiciones de diseño (Ver anexo 12 y 19)

$$Z_1 = 2650.93 m; Z_2 = 2650.86 m; V_1 = 0 \frac{m}{s}; H_b = 0; P_1 = 73084.43 Pa; P_v = 28720 Pa$$

A partir de la ecuación general de la energía, ecuación (11); se realiza la siguiente modificación tomando en cuenta las condiciones de diseño:

$$\frac{P_2}{\rho * g} = \frac{P_1}{\rho * g} + (Z_1 - Z_2) - \frac{(V_2)^2}{2 * g} - h_T \quad (17)$$

Se obtiene la ecuación para el cálculo de la carga de aspiración neta positiva disponible (NPSH):

$$NPSH = \left(\frac{P_1 - P_V}{\rho * g} \right) + (Z_1 - Z_2) - \frac{(V_2)^2}{2 * g} - h_T \quad (18)$$

Primero, se realiza el cálculo de la rugosidad de la tubería, para lo cual se determina la velocidad en función del diámetro interno y caudal **para una tubería de 4 pulgadas de cédula estándar.**

$$d_4 = 0.10226 \text{ m}$$

$$A_4 = \frac{\pi}{4} * (d_4)^2 \quad (19)$$

$$A_4 = \frac{\pi}{4} * 0.10226^2 = 0.0082 \text{ m}^2$$

$$v_1 = \frac{Q}{A_4} \quad (20)$$

$$v_1 = \frac{0.0003689 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.0082 \text{ m}^2} = 0.045 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Determinación del número de Reynolds

$$N_{Re4} = \frac{v_1 * d_4}{\nu} \quad (21)$$

$$N_{Re4} = \frac{0.045 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.10226 \text{ m}}{0.65 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 7.08 * 10^3$$

Debido a que el número de Reynolds es mayor a 4000, se concluye que la gasolina base se transporta en régimen turbulento.

Rugosidad del material

$$\varepsilon = 0.000045 \text{ m}$$

Con la fórmula Colebrook para el número Reynolds mayor a 4000:

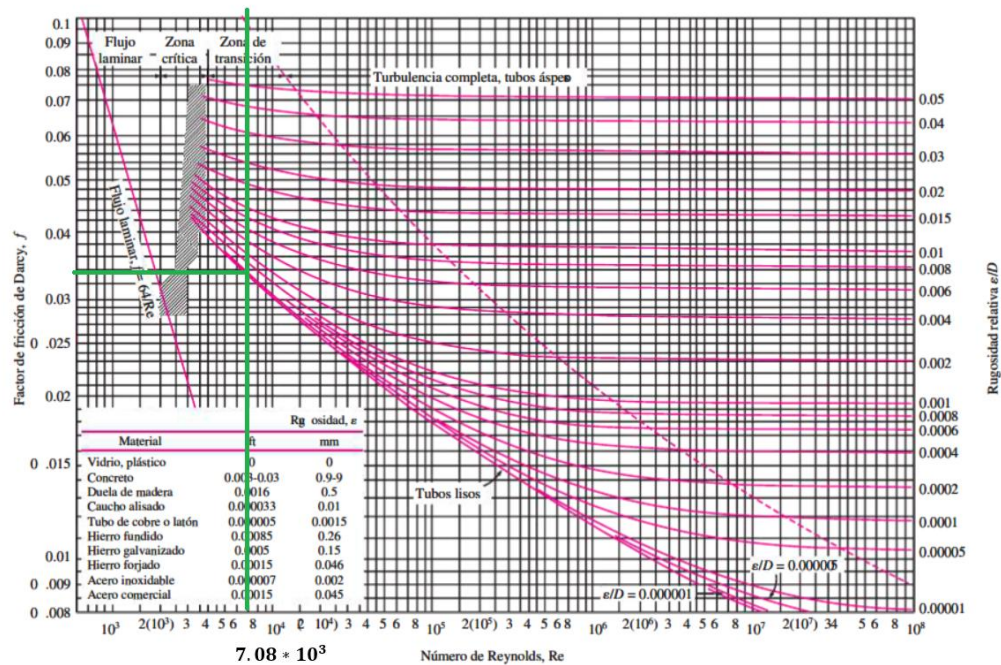
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{2.51}{N_{Re} * \sqrt{f}} \right) \quad (22)$$

$$f_i = \left(2 * \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{2.51}{N_{Re} * \sqrt{f}} \right) \right)^{-2} \quad (23)$$

Para hallar el primer valor del factor de fricción f_{s1} se utiliza el diagrama de Moody y se realiza una estimación de su valor:

Figura 36

Factor de fricción tubería 4 pulgadas según diagrama de Moody



Nota: Obtenido de (Cengel & Cimbala , 2006).

$$f_{s1} = 0.034$$

Usando la ecuación (23), método iterativo mediante aproximaciones sucesivas a la solución se procederá a realizar la siguiente operación hasta que el resultado converja:

$$f_1 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_{s1}}} \right) \right)^{-2} = 0.034549$$

$$f_2 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_1}} \right) \right)^{-2} = 0.034465$$

$$f_3 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_2}} \right) \right)^{-2} = 0.034478$$

$$f_4 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_3}} \right) \right)^{-2} = 0.034476$$

$$f_5 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_4}} \right) \right)^{-2} = 0.034476$$

$$f_6 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_5}} \right) \right)^{-2} = 0.034476$$

$$f_7 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{0.10226 \text{ m}} + \frac{2.51}{7.08 * 10^3 * \sqrt{f_6}} \right) \right)^{-2} = 0.034476$$

La solución converge en la séptima iteración obteniéndose un valor del factor de fricción:

$$f_4 = 0.034476$$

Determinación de las pérdidas energéticas correspondiente a los accesorios

(pérdidas menores):

$$h_m = K * \frac{v^2}{2 * g} \quad (24)$$

En la siguiente tabla se detalla los accesorios para una tubería de 4 pulgadas con el correspondiente valor del factor K.

Tabla 25

Accesorios de tubería para cuatro pulgadas

Accesorios Tubería 4"			
Ítem	Cantidad	Valor "K"	Ki
Codo 90°	A = 6	1,1	K1
Tee	B = 1	1	K2
Red. 4@2	C = 1	0,37	K3
V. Bola	D = 1	0,05	K4
Filtro tipo E	E = 1	1,5	K5
Entrada Tub.	F = 2	0,8	K6

Nota: Obtenido de (Cengel & Cimbala , 2006).

$$h_{m4} = (A * K_1 + B * K_2 + C * K_3 + D * K_4 + E * K_5 + F * K_6) * \frac{(v_1)^2}{2 * g} \quad (25)$$

$$h_{m4} = (6 * 1.1 + 1 * 1 + 1 * 0.37 + 1 * 0.05 + 1 * 1.5 + 2 * 0.8) * \frac{\left(0.045 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{m4} = 0.001 m$$

Determinación de las pérdidas energéticas correspondientes a la longitud de la tubería (pérdidas mayores).

$$L_4 = 14.10 m$$

$$h_M = f * \frac{L}{d} * \frac{v^2}{2 * g} \quad (26)$$

$$h_{M4} = 0.034476 * \frac{14.10 m}{0.10226 m} * \frac{\left(0.045 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}} = 4.911 * 10^{-4} m$$

Ahora el cálculo se lo va a realizar para una **tubería de 2 pulgadas cédula 160** empezando con la rugosidad de la tubería, para lo cual se determina la velocidad en función del diámetro interno y caudal.

$$d_2 = 0.04282 \text{ m}$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} * (d_2)^2 \quad (27)$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} * 0.04282^2 = 0.00144 \text{ m}^2$$

$$v_2 = \frac{Q}{A_2} \quad (28)$$

$$v_2 = \frac{0.0003689 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00144 \text{ m}^2} = 0.256 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Determinación del número de Reynolds

$$N_{Re2} = \frac{v_2 * d_2}{\nu} \quad (29)$$

$$N_{Re2} = \frac{0.256 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 0.04282 \text{ m}}{0.65 * 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}} = 1.686 * 10^4$$

Debido a que el número de Reynolds es mayor a 4000, se concluye que la gasolina base se transporta en régimen turbulento.

Determinación del coeficiente de rugosidad de la tubería:

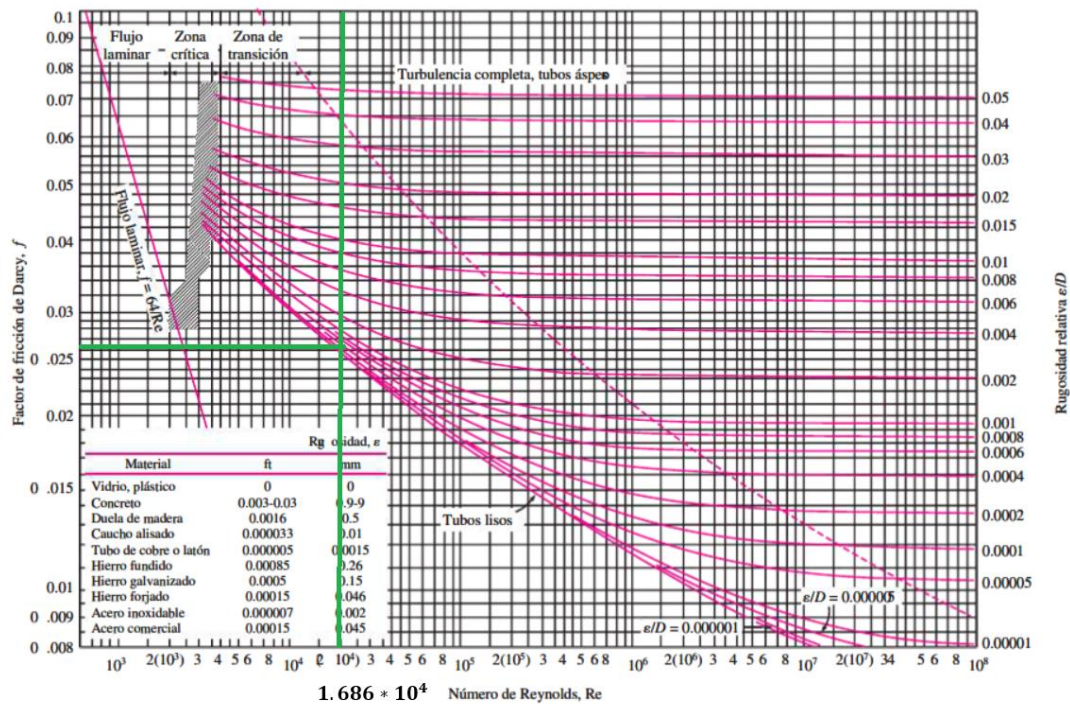
Rugosidad del material

$$\varepsilon = 0.000045 \text{ m}$$

Para hallar el primer valor del factor de fricción f_{s2} se utiliza el diagrama de Moody y se realiza una estimación de su valor:

Figura 37

Factor de fricción tubería 2 pulgadas según diagrama de Moody



Nota: Obtenido de (Cengel & Cimbala , 2006).

$$f_{s2} = 0.028$$

Usando la ecuación (23), método iterativo mediante aproximaciones sucesivas a la solución se procederá a realizar la siguiente operación hasta que el resultado converja:

$$f_1 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{1.686 * 10^4 * \sqrt{f_{s2}}} \right) \right)^{-2} = 0.02911$$

$$f_2 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{1.686 * 10^4 * \sqrt{f_1}} \right) \right)^{-2} = 0.028984$$

$$f_3 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{1.686 * 10^4 * \sqrt{f_2}} \right) \right)^{-2} = 0.028998$$

$$f_4 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{1.686 * 10^4 * \sqrt{f_3}} \right) \right)^{-2} = 0.028997$$

$$f_5 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{1.686 * 10^4 * \sqrt{f_4}} \right) \right)^{-2} = 0.028997$$

$$f_6 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{1.686 * 10^4 * \sqrt{f_5}} \right) \right)^{-2} = 0.028997$$

La solución converge en la séptima iteración obteniéndose un valor del factor de fricción:

$$f_2 = 0.028997$$

Determinación de las pérdidas energéticas correspondiente a los accesorios (pérdidas menores):

En la siguiente tabla se detalla los accesorios para una tubería de 2 pulgadas con el correspondiente valor del factor K.

Tabla 26

Accesorios de tubería para dos pulgadas

Accesorios Tubería 2"			
Ítem	Cantidad	Valor "K"	Ki
Codo 90° SW	G = 1	1,5	K7
Salida Tub.	H = 1	1	K8
Brida	I = 1	0,8	K9
Unión	J = 1	0,1	K10
Niple	K = 1	0,8	K11

Nota: Obtenido de (Cengel & Cimbala , 2006).

$$h_{m2} = (G * K_7 + H * K_8 + I * K_9 + J * K_{10} + K * K_{11}) * \frac{(v_2)^2}{2 * g} \quad (30)$$

$$h_{m2} = (1 * 1.5 + 1 * 1 + 1 * 0.8 + 1 * 0.1 + 1 * 0.8) * \frac{\left(0.256 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_{m2} = 0.014 \text{ m}$$

Determinación de las pérdidas energéticas correspondientes a la longitud de la tubería (pérdidas mayores), ecuación (26).

$$L_4 = 0.68 \text{ m}$$

$$h_{M2} = 0.028997 * \frac{0.68 \text{ m}}{0.04282 \text{ m}} * \frac{\left(0.256 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}} = 0.0015 \text{ m}$$

Determinación de las pérdidas totales (suma de las pérdidas menores y mayores) para la tubería de 4 pulgadas y 2 pulgadas respectivamente.

$$h_T = h_{m4} + h_{M4} + h_{m2} + h_{M2} \quad (31)$$

$$h_T = h_{NPSH} = 0.001 \text{ m} + 4.911 * 10^{-4} \text{ m} + 0.014 \text{ m} + 0.0015 \text{ m} = 0.017 \text{ m}$$

Determinación de carga de aspiración neta positiva disponible en metros a partir de la ecuación (18):

$$NPSH_d = \left(\frac{73084.43 \text{ Pa} - 28720 \text{ Pa}}{720.5 \frac{kg}{m^3} * 9.8 \frac{m}{s^2}} \right) + (2650.93 \text{ m} - 2650.86 \text{ m}) - \frac{\left(0.256 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}} - 0.017$$

$$NPSH_d = 6.333 \text{ m}$$

Carga de aspiración neta positiva disponible:

$$C_{NPSH} = NPSH_d * g * \rho \quad (32)$$

$$C_{NPSH} = 6.333 \text{ m} * 9.8 \frac{m}{s^2} * 720.5 \frac{kg}{m^3} = 4.472 * 10^4 \text{ Pa}$$

Determinación de carga de aspiración neta positiva requerida (Ver anexo 4)

$$NPSH_r = 1 + 0.016 * \frac{L * Q * N}{d^2} \quad (33)$$

donde:

L: Longitud de tubería (m)

Q: Caudal máximo de la bomba (l/h)

N: Cadencia de la bomba (carreras/minuto)

d: Diámetro interior de la tubería (mm)

El caudal máximo de la bomba es de 1404 litros por hora y la cadencia de la bomba es de 112 carreras sobre minuto, la formula se adaptó de

$$NPSH_r = 1 + 0.016 * Q_{max} * N * \left(\frac{L_4}{(d_4)^2} + \frac{L_2}{(d_2)^2} \right) \quad (34)$$

$$NPSH_r = 1 + 0.016 * 1404 \frac{l}{h} * 112 * \left(\frac{14.10 m}{(102.26 mm)^2} + \frac{0.68 m}{(42.82 mm)^2} \right)$$

$$NPSH_r = 5.326 m$$

Para que una bomba no sufra cavitación el NPSH disponible debe ser mayor que el NPSH requerido.

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido} \quad (35)$$

$$6.333 > 5.326 \therefore \text{Si Cumple}$$

Como NPSH disponible es mayor al NPSH requerido la bomba cumple con los requerimientos para evitar cavitación y asegurar el correcto funcionamiento.

Cálculo para determinar la potencia que la bomba agrega al fluido

Las condiciones de diseño donde se va instalar la bomba son: P1 = 0 Pa, V1 = 0 m/s, Z1 = 2650.93 m, y P2 = 8963184 Pa, V2 = 1.046 m/s, Z2 = 2650.88 m, (Ver anexo 12 y 19).

Utilizando las ecuaciones (19) y (20) se construye la siguiente matriz para elección del diámetro de la tubería.

Tabla 27

Velocidades del transporte por tubería según el diámetro

No	Diámetro [m]	Área [m ²]	Velocidad [m/s]
1	0,0207	0,0003365	1,0961
2	0,03402	0,000909	0,4058
3	0,04282	0,001440	0,2562

Nota: Elaboración Propia.

Velocidad recomendada para el transporte de hidrocarburos líquidos de baja viscosidad por tuberías de acero (ver figura 35) se selecciona **tubería de una pulgada SCH 160** según ASME B36.10.

$$v_1 = 1.1 \frac{m}{s}$$

A partir de la ecuación (21) se determina el número de Reynolds al ser mayor que 4000, se concluye que la gasolina base se transporta en régimen turbulento.

$$N_{Re} = \frac{1.1 \frac{m}{s} * 0.0207 m}{0.65 * 10^{-6} \frac{m^2}{s}} = 3.503 * 10^4$$

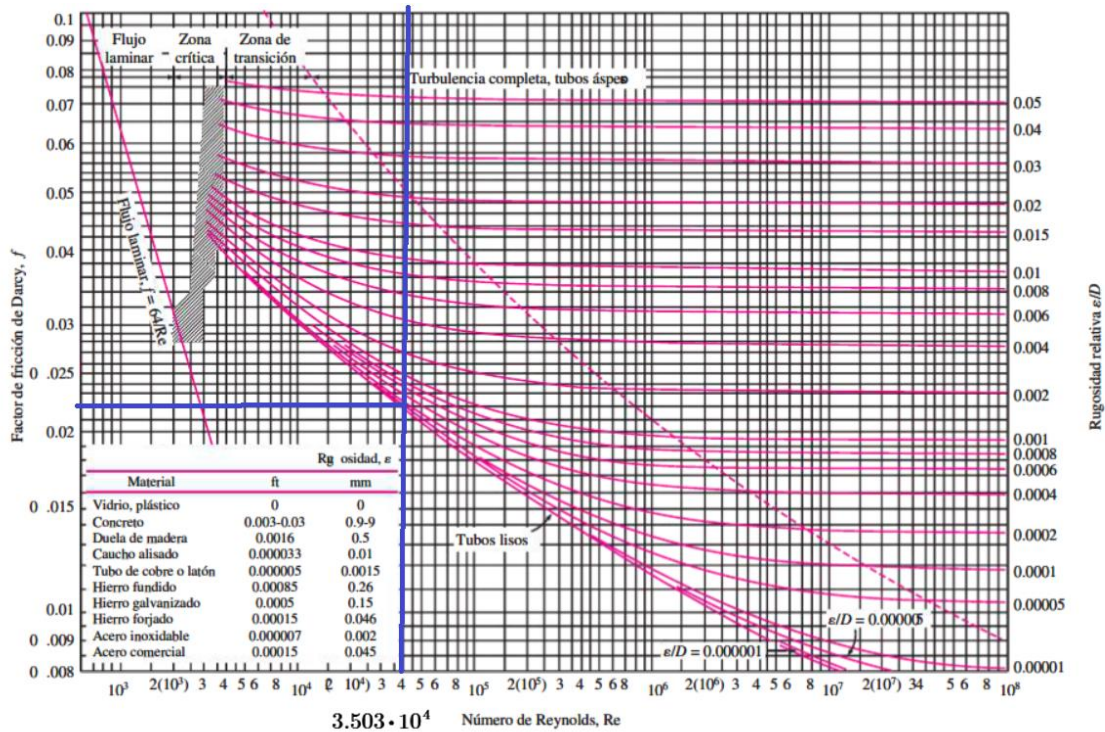
Rugosidad del material:

$$\varepsilon = 0.000045 m$$

Para hallar el primer valor del factor de fricción f_s se utiliza el diagrama de Moody y se realiza una estimación de su valor:

Figura 38

Factor de fricción tubería 1 pulgada según diagrama de Moody



Nota: Obtenido de (Cengel & Cimbala , 2006).

$$f_s = 0.022$$

Usando la ecuación (23), método iterativo mediante aproximaciones sucesivas a la solución, se procederá a realizar la siguiente operación hasta que el resultado converja:

$$f_1 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{\frac{0.0207 \text{ m}}{3.7}} + \frac{2.51}{3.503 * 10^4 * \sqrt{f_s}} \right) \right)^{-2} = 0.028335$$

$$f_2 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{\frac{0.0207 \text{ m}}{3.7}} + \frac{2.51}{3.503 * 10^4 * \sqrt{f_1}} \right) \right)^{-2} = 0.027884$$

$$f_3 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{\frac{0.0207 \text{ m}}{3.7}} + \frac{2.51}{3.503 * 10^4 * \sqrt{f_2}} \right) \right)^{-2} = 0.027911$$

$$f_4 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{3.503 * 10^4 * \sqrt{f_3}} \right) \right)^{-2} = 0.027909$$

$$f_5 = \left(2 * \log \left(\frac{0.000045 \text{ m}}{3.7} + \frac{2.51}{3.503 * 10^4 * \sqrt{f_4}} \right) \right)^{-2} = 0.027909$$

La solución converge en la quinta iteración obteniéndose un valor del factor de fricción:

$$f_s = 0.027909$$

Determinación de las pérdidas energéticas correspondiente a los accesorios (pérdidas menores):

En la siguiente tabla se detalla los accesorios para una tubería de 1 pulgada con el correspondiente valor del factor K.

Tabla 28

Accesorios de tubería para una pulgada

Accesorios Tubería 1"			
Ítem	Cantidad	Valor "K"	Ki
Codo 90°	A = 9	1,5	K1
Codo 45°	B = 3	0,4	K2
Red. 2 @ 1	C = 2	0,37	K3
Válvula Gate	D = 2	0,2	K4
Válvula Check	E = 2	2,5	K5
Entrada Tub.	F = 1	0,8	K6
Salida Tub.	G = 1	1	K7
Brida	H = 1	0,8	K8
Niple	I = 3	0,8	K9

Nota: Obtenido de (Cengel & Cimbala , 2006).

Utilizando la ecuación (25) para determinar las pérdidas menores:

$$h_{m2} = (9 * 1.5 + 3 * 0.4 + 2 * 0.37 + 2 * 0.2 + 2 * 2.5 + 1 * 0.8 + 1 * 1 + 1 * 0.8 + 3 * 0.8) * \frac{\left(1.1 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{m}{s^2}}$$

$$h_m = 1.595 \text{ m}$$

Determinación de las pérdidas energéticas correspondientes a la longitud de la tubería (pérdidas mayores), ecuación (26).

$$L = 88.5 \text{ m}$$

$$h_M = 0.027909 * \frac{88.5 \text{ m}}{0.0207 \text{ m}} * \frac{\left(1.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 7.366 \text{ m}$$

Determinación de las pérdidas totales (suma de las pérdidas menores y mayores).

$$h_T = h_{NPSH} + h_m + h_M \quad (36)$$

$$h_T = 0.017 + 1.595 + 7.366 = 8.978 \text{ m}$$

A partir de la ecuación general de la energía, ecuación (11); se realiza la siguiente modificación tomando en cuenta las condiciones de diseño:

$$\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{(V_1)^2}{2 * g} + Z_1 + H_b = \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{(V_2)^2}{2 * g} + Z_2 + h_T \quad (37)$$

Partiendo de la ecuación (37), se despeja H_b siendo la variable que determina la carga que la bomba agrega al fluido.

$$H_b = \frac{P_2}{\rho * g} + \frac{(V_2)^2}{2 * g} + Z_2 + h_T - \left(\frac{P_1}{\rho * g} + \frac{(V_1)^2}{2 * g} + Z_1 \right) \quad (38)$$

$$H_b = \frac{8963184 \text{ Pa}}{720.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \text{ m/s}^2} + \frac{\left(1.046 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} + 2650.88 \text{ m} + 8.978 \text{ m}$$

$$- \left(\frac{0 \text{ Pa}}{720.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + \frac{\left(0 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 2650.93 \text{ m} \right) = 1278.4 \text{ m}$$

$$C_b = H_b * g * \rho \quad (39)$$

$$C_b = 1278.4 \text{ m} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 720.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 9.027 * 10^6 \text{ Pa}$$

$$C_b = 1.309 * 10^3 \text{ psi} = 90.266 \text{ Bar}$$

$$W_b = H_b * Q * g * \rho \quad (40)$$


$$W_b = 1278.4 \text{ m} * 0.0003689 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 720.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 3.33 \text{ kW}$$

Por lo tanto, se selecciona la bomba de la marca Milton Roy, Serie

PRIMEROYAL Tipo: PR93(112)Y63H138/.9.C5 (Ver anexo 5), que cumple con las condiciones de bajo caudal y alta presión obtenidas de la Ingeniería Conceptual.

Figura 39

Serie de la bomba dosificadora Milton Roy

 <p>10 Grande Rue - 27 360 Pont-Saint-Pierre - France BP 8313 - 27 108 Val-de-Reuil Cedex - France Tel : +33 (0)2.32.68.30.00 mr14.contact@miltonroy.com</p>		PV DE CONTRÔLE TEST CERTIFICATE	
		N° Affaire/ligne Sales order/Line	18011067/002
Pompe doseuse Dosing pump	Type	PR93(112)Y63H138/.9.C5.	
Code produit Product code	18011067/002	N° de série Serial n°	201810020020
N° cde. client Customer order n°	MR104970	N° repère Tag n°	-

Nota: Tomado de (Milton Roy, 2019).

Con una presión disponible de descarga de la bomba de 138 bar y una tasa de flujo de 1328 l/h, se efectuará sin problemas la reinyección a la línea 031201-6"-L-EC1-0002 perteneciente al Poliducto Shushufindi - Quito, con destino el Terminal de Productos Limpios El Beaterio.

Figura 40

Datos técnicos de la bomba dosificadora Milton Roy

CARACTERISTIQUES		Characteristics	
Débit nominal	Rated capacity	1328 l/h	à at 138.0 bar g
Marque	LAMBERT	Type	T3C 180 L4
Brand		Type	
No. de série	18S1221157	Tension	400 V
Serial n°.		Voltage	
Puissance	22 kW	Fréquence	50 Hz
Power		Frequency	
Vitesse	1460 tr/mn	Intensité(maxi.)	38.40 A
Speed		Current value (max.)	

Nota: Tomado de (Milton Roy, 2019).

Dimensionamiento de tubería y accesorios

Cálculo de espesor y selección de material

En este apartado el cálculo de espesor de pared de las tuberías de 1,2 y 4 NPS, para las líneas de succión y descarga se obtienen según el código ASME B31.3 – 2018, además su comparación de la línea de descarga 1 NPS hacia el poliducto SH-Q con el código ASME B31.4 – 2019, debido a que su alcance nos sirve en este tramo de tubería, el material utilizado en los cálculos para tubería es ASTM A106-Gr. B.

Variables Globales

$$P_{d_{atm}} = 50 \text{ psi} ; P_o = 2002 \text{ psi} ; D_{4o} = 4.5 \text{ in} ; D_{2o} = 2.375 \text{ in} ; D_{1o} = 1.315 \text{ in}$$

$$CA = \frac{1}{8} \text{ in} ; T_d = 117.64 \text{ } ^\circ\text{F}$$

$$t = \frac{P_d * D_o}{2 * (S * E * W + P_d * Y)} ; \quad (\text{ASME B31.3, 2018}) \quad (41)$$

$$t_m = t + CA ; \quad (\text{ASME B31.3, 2018}) \quad (42)$$

Donde:

Pd, Po: Presión de diseño, presión de operación

Do: Diámetro externo

S: Esfuerzo permisible del material

E: Factor de calidad Tabla A-1A o Tabla A-1B

W: Factor de reducción de la junta soldada

Y: Coeficiente según el tipo de material y temperatura

t: Espesor mínimo requerido (teórico)

tm, tf: Espesor nominal, espesor catálogo

CA: Corrosión admisible

Td: Temperatura de diseño

Succión de la bomba

Tubería normal NPS 4 pulgadas:

Los datos para remplazar en la ecuación (41) se obtienen de ASME B31.3 (2018) y se representan en las imágenes a continuación:

Figura 41

Tabla para hallar S, en base a la temperatura

Table A-1 Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Cont'd)

Numbers in Parentheses Refer to Notes for Appendix A Tables; Specifications Are ASTM Unless Otherwise Indicated

Material	Spec. No.	Type/Grade	UNS No.	Class/Condition/ Temper	Size, in.	P-No. (5)	Notes	Min. Temp., °F (6)	Specified Min. Strength, ksi		Basic Allowable Stress, S, ksi, at Metal Temperature, °F [Note (1)]		
									Tensile	Yield	to 100	200	300
Carbon Steel — Pipes and Tubes													
...	A53	B	K03005	...	...	1	(57)(59)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A106	B	K03006	...	...	1	(57)	B	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A333	6	K03006	...	...	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0
...	A334	6	K03006	...	...	1	(57)	-50	60	35	20.0	20.0	20.0

Nota: Obtenido de (American Society of Mechanical Engineers, 2018).

$$S_{B31.3} = 20000 \text{ psi}$$

Figura 42

Tabla para hallar E_j , factor de calidad en juntas

Table A-1B Basic Quality Factors for Longitudinal Weld Joints in Pipes and Tubes, E_j

These quality factors are determined in accordance with para. 302.3.4(a). See also para. 302.3.4(b) and Table 302.3.4 for increased quality factors applicable in special cases. Specifications, except API, are ASTM.

Spec. No.	Class (or Type)	Description	E_j [Note (2)]	Appendix A Notes
Carbon Steel				
API 5L	...	Seamless pipe	1.00	...
		Electric fusion welded pipe, 100% radiographed	1.00	...
		Electric resistance welded pipe	0.85	...
		Electric fusion welded pipe, double butt seam	0.95	...
		Continuous welded (furnace butt welded) pipe	0.60	...
A53	Type S	Seamless pipe	1.00	...
		Type E	0.85	...
		Type F	0.60	...
A106	...	Seamless pipe	1.00	...
A134	...	Electric fusion welded pipe, single butt, straight or spiral (helical) seam	0.80	...

Nota: Obtenido de (American Society of Mechanical Engineers, 2018).

Figura 43

Tabla para hallar W , factor de reducción

Table 302.3.5 Weld Joint Strength Reduction Factor, W

Steel Group	Component Temperature, T_m , °C (°F)														
	≤427 (≤800)	454 (850)	482 (900)	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250)	704 (1,300)	732 (1,350)	760 (1,400)	788 (1,450)	816 (1,500)
Carbon Steel	1	1	1	1	1	1	...	...	...	...	...	...	...	...	...
CrMo [Notes (1)-(3)]	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	...	...	...	...	...	...
CSEF (N + T) [Notes (3)-(5)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	...	...	...	...	...	...
CSEF [Notes (3) and (4)] (Subcritical PWHT)	...	...	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	...	...	...	...	...	...
Autogenous welds in austenitic stainless grade 3xx, and N088xx and N066xx nickel alloys [Note (6)]	...	...	...	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Austenitic stainless grade 3xx and N088xx nickel alloys [Notes (7) and (8)]	...	...	...	1	0.95	0.91	0.86	0.82	0.77	0.73	0.68	0.64	0.59	0.55	0.5
Other materials [Note (9)]	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

Nota: Obtenido de (American Society of Mechanical Engineers, 2018).

Figura 44

Coefficiente Y, según el tipo de material y temperatura

Table 304.1.1 Values of Coefficient Y for $t < D/6$

Material	Temperature, °C (°F)							
	482 (900) and Below	510 (950)	538 (1,000)	566 (1,050)	593 (1,100)	621 (1,150)	649 (1,200)	677 (1,250) and Above
Ferritic steels	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
Austenitic steels	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.7	0.7
Nickel alloys UNS Nos. N06617, N08800, N08810, and N08825	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7
Gray iron	0.0	...	...	...	...	...	...	...
Other ductile metals	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

Nota: Obtenido de (American Society of Mechanical Engineers, 2018).

$$t_4 = \frac{Pd_{atm} * D_{4o}}{2 * (S_{B31.3} * E * W + Pd_{atm} * Y)} \quad (43)$$

$$t_4 = \frac{50 \text{ psi} * 4.5 \text{ in}}{2 * (20000 \text{ psi} * 1 * 1 + 50 \text{ psi} * 0.4)} = 0.006 \text{ in}$$

A partir de la ecuación (42) se obtiene el espesor nominal para la adquisición de la tubería, aplicando el 12.5% que es la tolerancia de fabricación (Megyesy, 2008).

$$t_{4m} = t_4 + CA \quad (44)$$

$$t_{4m} = 0.006 \text{ in} + \frac{1}{8} \text{ in} = 0.131 \text{ in} = 0.131 \text{ in} * 1.125 = 0.147$$

$$t_{4f} = 0.237 \text{ in}$$

La tubería que cumple las condiciones de diseño y se encuentra en el mercado ecuatoriano es: NPS 4"; t=0.237", Sch. STD; ASTM 106 Gr.B

∴ Cumple con Piping Class EP. Petroecuador (Terminal Oyambaro)

Tubería normal NPS 2 pulgadas:

A partir de la ecuación (41) y de las figuras (41, 42, 43 y 44) se obtiene:

$$t_2 = \frac{Pd_{atm} * D_{2o}}{2 * (S_{B31.3} * E * W + Pd_{atm} * Y)} \quad (45)$$

$$t_2 = \frac{50 \text{ psi} * 2.375 \text{ in}}{2 * (20000 \text{ psi} * 1 * 1 + 50 \text{ psi} * 0.4)} = 0.003 \text{ in}$$

A partir de la ecuación (42) se obtiene el espesor nominal para la adquisición de la tubería, aplicando el 12.5% que es la tolerancia de fabricación (Megyesy, 2008).

$$t_{2m} = t_2 + CA \quad (46)$$

$$t_{2m} = 0.003 \text{ in} + \frac{1}{8} \text{ in} = 0.128 \text{ in} = 0.128 \text{ in} * 1.125 = 0.144 \text{ in}$$

$$t_{2f} = 0.218 \text{ in}$$

La tubería que cumple las condiciones de diseño y se encuentra en el mercado ecuatoriano es: NPS 2"; t=0.154", Sch. STD; ASTM 106 Gr.B

∴ Para que cumpla con Piping Class EP. Petroecuador (Terminal Oyambaro) se selecciona NPS 2"; t=0.218", Sch. 80; ASTM 106 Gr.B, siendo este un criterio conservador.

Presión de diseño:

$$P_d = 1.10 * P_o \quad (47)$$

$$P_d = 1.10 * 2002 \text{ psi} = 2202.2 \text{ psi}$$

Tubería paquetizada NPS 2 pulgadas:

A partir de la ecuación (41) y de las figuras (41, 42, 43 y 44) se obtiene:

$$t_{2p} = \frac{P_d * D_{2o}}{2 * (S_{B31.3} * E * W + P_d * Y)} \quad (48)$$

$$t_{2p} = \frac{2202.2 \text{ psi} * 2.375 \text{ in}}{2 * (20000 \text{ psi} * 1 * 1 + 2202.2 \text{ psi} * 0.4)} = 0.125 \text{ in}$$

A partir de la ecuación (42) se obtiene el espesor nominal para la adquisición de la tubería, aplicando el 12.5% que es la tolerancia de fabricación (Megyesy, 2008).

$$t_{2mp} = t_{2p} + CA \quad (49)$$

$$t_{2mp} = 0.125 \text{ in} + \frac{1}{8} \text{ in} = 0.25 \text{ in} = 0.25 \text{ in} * 1.125 = 0.281$$

$$t_{2fp} = 0.344 \text{ in}$$

La tubería que cumple las condiciones de diseño y se encuentra en el mercado ecuatoriano es: NPS 2"; t=0.344", Sch. 160; ASTM 106 Gr.B

∴ Se modificó la cédula de la tubería, debido a que el Piping Class EP. Petroecuador (Terminal Oyambaro) para dos pulgadas, CS900 es menor a 0.25 pulgadas.

Descarga de la bomba

Tubería NPS 1 pulgada:

A partir de la ecuación (41) y de las figuras (41, 42, 43 y 44) se obtiene:

$$t_1 = \frac{P_d * D_{1o}}{2 * (S_{B31.3} * E * W + P_d * Y)} \quad (50)$$

$$t_1 = \frac{2202.2 \text{ psi} * 1.315 \text{ in}}{2 * (20000 \text{ psi} * 1 * 1 + 2202.2 \text{ psi} * 0.4)} = 0.069 \text{ in}$$

A partir de la ecuación (42) se obtiene el espesor nominal para la adquisición de la tubería, aplicando el 12.5% que es la tolerancia de fabricación (Megyesy, 2008).

$$t_{1m} = t_1 + CA \quad (51)$$

$$t_{1m} = 0.069 \text{ in} + \frac{1}{8} \text{ in} = 0.194 \text{ in} = 0.194 \text{ in} * 1.125 = 0.218 \text{ in}$$

$$t_{1f} = 0.250 \text{ in}$$

La tubería que cumple las condiciones de diseño y se encuentra en el mercado ecuatoriano es: NPS 1"; t=0.250, Sch. 160; ASTM 106 Gr.B

∴ Cumple con Piping Class EP. Petroecuador (Terminal Oyambaro)

Tubería NPS 1 pulgada comprobación:

$$t = \frac{P_d * D_o}{2 * S} ; \quad (ASME B31.4, 2019) \quad (52)$$

$$t_m \geq t + CA ; \quad (ASME B31.4, 2019) \quad (53)$$

$$S = F * E * S_y ; \quad (ASME B31.4, 2019) \quad (54)$$

Donde:

Pd: Presión de diseño

Do: Diámetro externo

S: Esfuerzo permisible del material

F: Factor de diseño, considera una tolerancia sobre el espesor de la tubería igual a 0.72

E: Factor de la junta soldada

Sy: Esfuerzo mínimo a la fluencia

t: Espesor mínimo requerido (teórico)

tm, tf: Espesor nominal, espesor catálogo

CA: Corrosión admisible

Los datos para remplazar en la ecuación (52) se obtienen de ASME B31.4 (2019) y se representan en las imágenes a continuación:

Figura 45

Coefficiente E, factor de la junta soldada

Table 403.2.1-1 Weld Joint Factors Applicable to Common Pipe Specifications

Specification	Grade	Weld Joint Factor, E
Seamless		
API 5L	A25 through X80Q/M	1.00
ASTM A53	All	1.00
ASTM A106	All	1.00
ASTM A333	6	1.00
ASTM A524	All	1.00
Furnace Butt Welded, Continuous Welded		
ASTM A53	Type F, Grade A	0.60
API 5L	A25	0.60

Nota: Obtenido de (American Society of Mechanical Engineers, 2019).

Las propiedades del material SA-106 Gr. B, se obtienen del código ASME BPVC Section II – Part D-Customary (2015).

Figura 46

Tabla para hallar el esfuerzo mínimo a la fluencia

Table 1A (Cont'd)									
Section I; Section III, Classes 2 and 3;* Section VIII, Division 1; and Section XII									
Maximum Allowable Stress Values S for Ferrous Materials									
(*See Maximum Temperature Limits for Restrictions on Class)									
Line No.	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	Type/Grade	Alloy Desig./ UNS No.	Class/ Condition/ Temper	Size/Thickness, in.	P-No.	Group No.
1	Carbon steel	Plate	SA-515	60	K02401	—	...	1	1
2	Carbon steel	Plate	SA-516	60	K02100	—	...	1	1
3	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CB60	K02401	—	...	1	1
4	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CC60	K02100	—	...	1	1
5	Carbon steel	Wld. pipe	SA-671	CE60	K02402	—	...	1	1
6	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	B60	K02401	—	...	1	1
7	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	C60	K02100	—	...	1	1
8	Carbon steel	Wld. pipe	SA-672	E60	K02402	—	...	1	1
9	Carbon steel	Wld. pipe	SA-134	A283D	K02702	—	...	1	1
10	Carbon steel	Plate	SA-283	D	K02702	—	...	1	1
11	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/B	K03005	—	...	1	1
12	Carbon steel	Wld. pipe	SA-53	E/B	K03005	—	...	1	1
13	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	—	...	1	1
14	Carbon steel	Smls. pipe	SA-53	S/B	K03005	—	...	1	1
15	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	B	K03006	...	...	1	1

Applicability and Max. Temperature Limits								
(NP = Not Permitted)								
(SPT = Supports Only)								
Line No.	Min. Tensile Strength, ksi	Min. Yield Strength, ksi	I	III	VIII-1	XII	External Pressure Chart No.	Notes
1	60	32	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
2	60	32	850	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T2
3	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
4	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
5	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
6	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
7	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
8	60	32	NP	700	NP	NP	CS-2	S6, W10, W12
9	60	33	NP	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	W12
10	60	33	NP	300 (Cl. 3 only)	650	650	CS-2	...
11	60	35	900	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1, W12, W13
12	60	35	900	NP	900	650	CS-2	G3, G10, G24, S1, T1, W6
13	60	35	900	300 (Cl. 3 only)	NP	NP	CS-2	G10, S1, T1
14	60	35	NP	700 (SPT)	900	650	CS-2	G10, T1
15	60	35	1000	700	1000	650	CS-2	G10, S1, T1

Nota: Obtenido de (American Society of Mechanical Engineers, 2015).

A partir de la ecuación (54) y de las figuras (45 y 46) se obtiene:

$$S_{B31.4} = F * E * S_Y \quad (55)$$

$$S_{B31.4} = 0.72 * 1 * 35000 \text{ psi} = 25200 \text{ psi}$$

A partir de la ecuación (52) se obtiene el espesor mínimo requerido

$$t_{B31.4} = \frac{P_d * D_{1o}}{2 * S_{B31.4}} \quad (56)$$

$$t_{B31.4} = \frac{2202.2 \text{ psi} * 1.315 \text{ in}}{2 * 25200 \text{ psi}} = 0.057 \text{ in}$$

A partir de la ecuación (53) se obtiene el espesor nominal para la adquisición de la tubería, aplicando el 12.5% que es la tolerancia de fabricación (Megyesy, 2008).

$$t_{B31.4,m} \geq t_{B31.4} + CA \quad (57)$$

$$t_{B31.4,m} = 0.057 \text{ in} + \frac{1}{8} \text{ in} = 0.182 \text{ in} = 0.182 \text{ in} * 1.125 = 0.205 \text{ in}$$

$$t_{B31.4,f} = 0.250 \text{ in}$$

Como comprobación el alcance de la norma ASME B31.4 nos permite diseñar la línea de descarga, con un criterio optimista se obtiene un valor de espesor similar.

∴ Cumple con Piping Class EP. Petroecuador (Terminal Oyambaro)

Prueba hidrostática

Se presenta la fórmula para determinar la presión de prueba mínima, la presión de diseño se estableció por la ecuación (47) y los esfuerzos a la temperatura de prueba “ST” y esfuerzo a la temperatura de diseño “S” comparten un mismo valor de 20000 psi.

$$P_H = 1.5 * P_d * \frac{S_T}{S}; \quad (ASME B31.3, 2018) \quad (58)$$

$$P_H = 1.5 * 2202.2 \text{ psi} * \frac{20000 \text{ psi}}{20000 \text{ psi}}$$

$$P_H = 3303.3 \text{ psi}$$

Accesorios THD & SW

El alcance del diámetro para los accesorios tipo Threaded y Socket-Welding, al igual que la correlación de las clases 2000, 3000, 6000 y 9000 con la cédula de la tubería, estará bajo la norma ASME B16.11, Anexo 6 (The American Society of Mechanical Engineers, 2017).

Especificación de soldadura

La especificación contiene los lineamientos básicos para las actividades relacionadas con la soldadura del presente proyecto y demás actividades constructivas con el ámbito operativo de EP. Petroecuador.

Esta especificación abarca la fabricación con soldadura de todas las facilidades de superficie y sistemas de transporte propios en instalaciones petroleras donde sean aplicables las normas ASME IX, API 1104 y AWS D1.1.

El alcance cubre tuberías principales y auxiliares de petróleo líquido en los terminales, patio de tanques, estaciones de bombeo, estaciones de reducción de presión, líneas de procesos (agua, gas, gasolina base, sistema contraincendios, etc.) y drenajes.

Procesos de soldadura aceptados por EP. Petroecuador

Para realizar soldaduras en recipientes a presión, tubería de procesos y tanques bajo ASME IX pueden utilizarse los siguientes procesos:

- SMAW: Soldadura de Arco con Electrodo Revestido.
- FCAW: Soldadura de Arco con Fundente de Núcleo.
- GTAW: Soldadura con Arco de Tungsteno Protegido con Gas.
- SAW: Soldadura por Arco Sumergido.

En los proyectos bajo el alcance de ASME IX, la calificación de nuevos procedimientos de soldadura (WPS) debe realizarse en estricto apego al código de referencia y cualquier trabajo o actividad de soldadura dentro de este campo debe estar respaldada por un WPS calificado por un inspector de soldadura con certificación internacional.

Material base

Para tuberías de procesos, en acero al carbono, se define las variantes: SA-53M, 106M, 134, 135, 312M, 333M, 335M, 369M, 376M, 409M, 426M, 451M, 524, 530M, 587, 660, 671, 672, 691, 727M, 731M, 790M, 813M, 814M.

Tubería para procesos, en acero inoxidable, se define la siguiente: SA-182M, 312M, 358M, 790M, 814M.

Los accesorios soldables para procesos en acero al carbono: SA-105M, 181M, 234M, 350M, 420M, 522M, 592M, 216, 352, 217, 351.

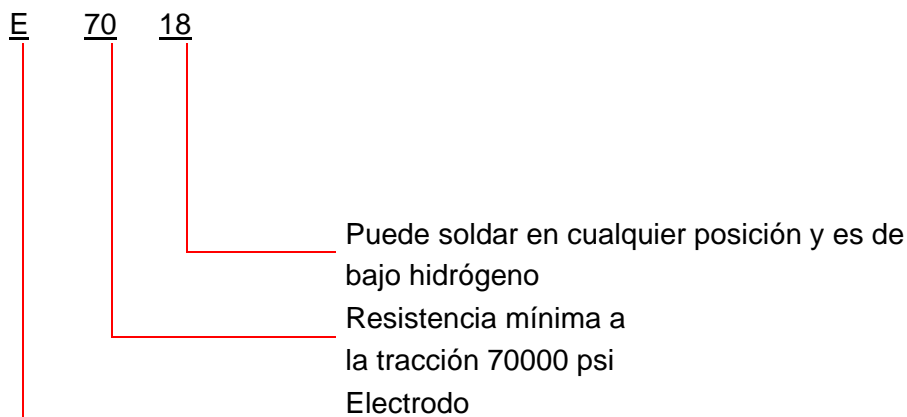
Clasificación de procesos SMAW y GTAW

Proceso SMAW

En general, la calificación para material de aporte en acero al carbono (electrodo), cubierto en el proceso SMAW, se rige bajo los parámetros de AWS A5.1 y ASME SECCIÓN II, parte C, de acuerdo a estos requisitos las pruebas solicitadas para calificar son: Análisis químico, prueba radiográfica, prueba de impacto, prueba de tensión, prueba de soldadura en filete y prueba de humedad.

La especificación del procedimiento de soldadura a utilizar en el proyecto, Sistema de Reinyección, se encuentra en Anexo 7 (PA-ECU-WPS-003), al igual que el registro de calificación de procedimiento en Anexo 7 (PA-ECU-PQR-003).

Material de aporte E7018 (SMAW)

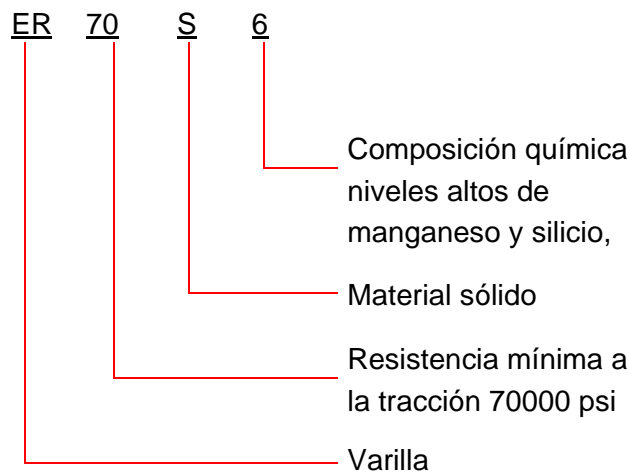


Proceso GTAW

La calificación para material de aporte en acero al carbono (metal de relleno), cubierto bajo el proceso GTAW, se rige bajo los parámetros de AWS A5.18 y ASME SECCIÓN II, parte C, de acuerdo a estos requisitos las pruebas solicitadas para calificar son: Análisis químico, prueba radiográfica, prueba de impacto, prueba de tensión, prueba de doblado y prueba de hidrógeno.

La especificación del procedimiento de soldadura a utilizar en el proyecto, Sistema de Reinyección, se encuentra en Anexo 7 (PA-ECU-WPS-002), al igual que el registro de calificación de procedimiento en Anexo 7 (PA-ECU-PQR-002).

Material de aporte ER70S-6 (GTAW)



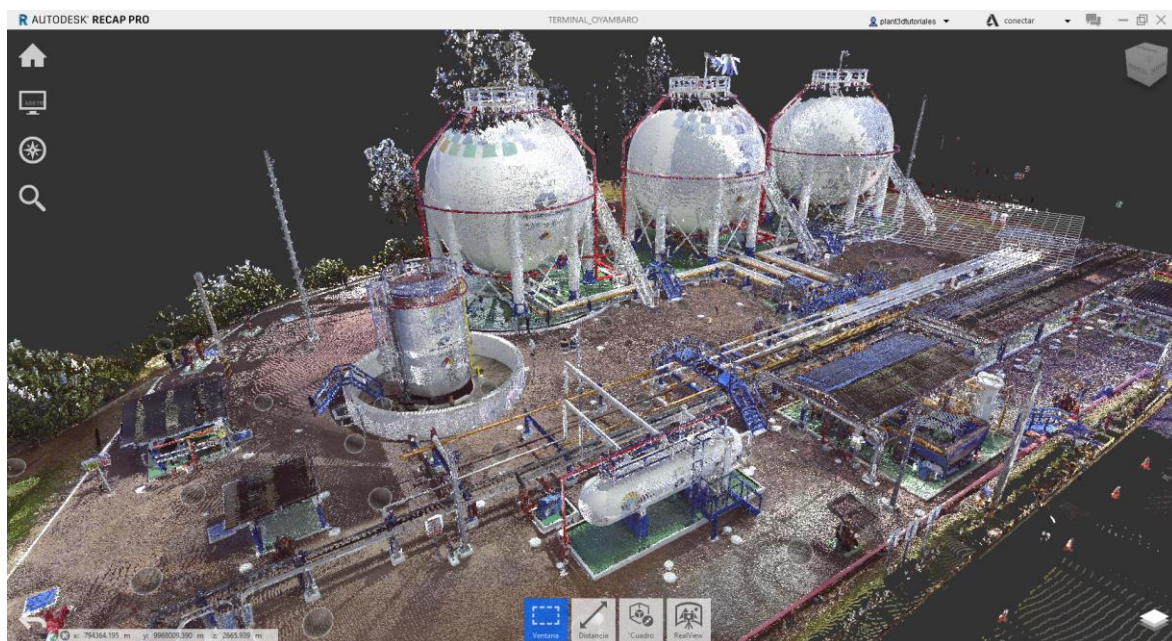
Softwares para el modelado 3D y elaboración de planos

Descripción del Software ReCap Pro

ReCap es un software de Autodesk que significa “Captura de la Realidad”, el cual se encarga de transformar el mundo físico en un activo digital mediante un escáner laser, cuyo producto nativo son las denominadas nube de puntos (Autodesk Inc, 2021).

Figura 47

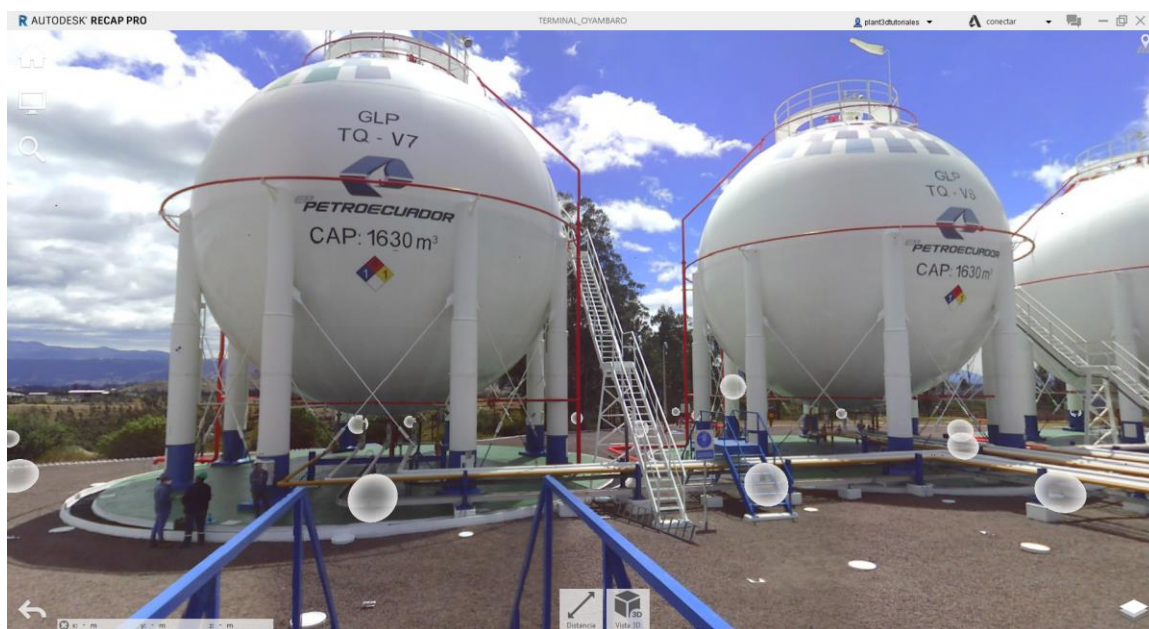
Nube de puntos Terminal Oyambaro



Nota: Elaboración Propia en conjunto con ReCap Pro (Autodesk Inc, 2021).

Figura 48

Real View Terminal Oyambaro



Nota: Elaboración Propia en conjunto con ReCap Pro (Autodesk Inc, 2021).

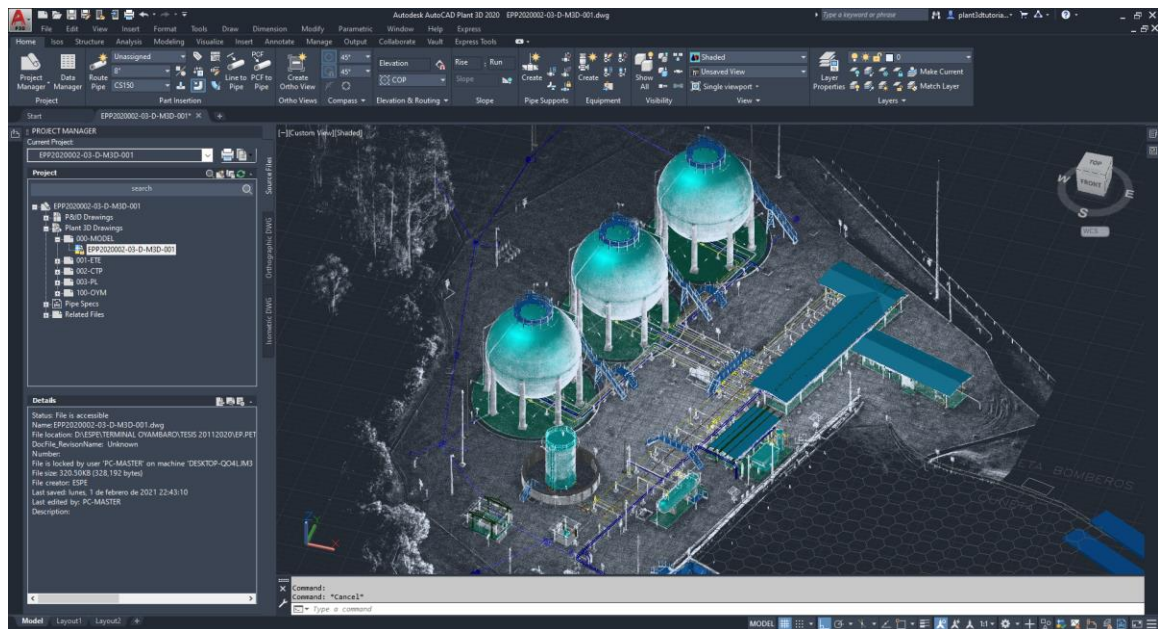
Descripción del Software AutoCAD Plant 3D

AutoCAD Plant 3D es un software que maneja el entorno nativo de Autodesk, siendo una herramienta especializada en levantamientos As-Built para el modelado de Plantas Industriales.

Brindando una solución BIM que permite controlar, coordinar y agilizar los proyectos, con la generación de planos ortogonales e isométricos constructivos (Autodesk Inc, 2020).

Figura 49

Terminal Oyambaro restituído en AutoCAD Plant 3D



Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Levantamiento en campo con escáner laser

Se ejecutó el levantamiento y digitalización Laser Scan 3D, de toda la infraestructura de equipos estáticos, dinámicos, tubería, estructura presente en el área de afectación del proyecto.

Figura 50

Levantamiento Escáner Faro 3D por parte de ECUADRONE S.A.



Nota: Elaboración Propia.

Configuración del proyecto en AutoCAD Plant 3D

Con EP. Petroecuador se estableció para el modelado de las instalaciones el uso del AutoCAD Plant 3D, de la siguiente manera:

- Gestión de carpetas para un enfoque BIM.
- Creación del Proyecto con código “EPP2020002-03-D-M3D-001”.
- División de todas las disciplinas de ingeniería en el Project Manager.
- Cargar los servicios de proceso del Terminal Oyambaro (Anexo 8).
- Configuración de tags de líneas y equipos del Terminal Oyambaro (Anexo 9).

Para un buen uso del modelo 3D se definirán capas “Layer” por cada línea de proceso, equipos, y estructura etc.

Todos los elementos, equipos y tuberías se encuentran georreferenciados en base al levantamiento Laser Scan 3D, adicionalmente este método de trabajo permite crear

vistas y detección de desviaciones desde el punto de vista de construcción, diseño, seguridad y catalogarlos en base a su impacto para un futuro plan de mejoras.

Cargar documento 03-B-81-EP-001 de EP. Petroecuador al Spec editor

El software AutoCAD Plant 3D permite cargar toda la información de Piping Class del Terminal Oyambaro haciendo más expedito la elaboración de los arreglos de tuberías.

Figura 51

Especificación EC1 del Terminal Oyambaro

Autodesk AutoCAD Plant 3D Spec Editor 2020
 File Edit Specs Catalogs Tools Help
 Spec Sheet: D:\ESPE\TERMINAL OYAMBARO\TESIS 20112020\EP.PETROECUADOR\GT\0100-OYM\001A\03-DOCUMENTS AND SPEC\03A ESPECIFICACIONES\EC1.pspk

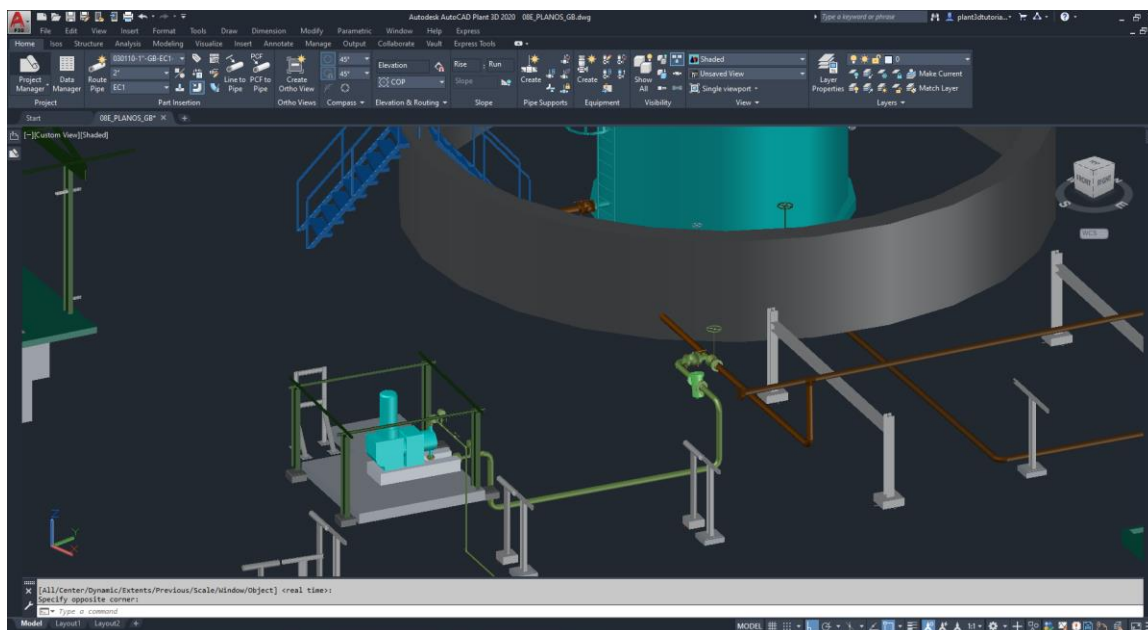
Min Size	To	Max Size	Long Description	Part Use Priority
Spec: EC1				
Description: ANSI 900# CS, RTJ				
File Location: D:\ESPE\TERMINAL OYAMBARO\TESIS 20112020\EP.PETROECUADOR\GT\0100-OYM\001A\03-DOCUMENTS AND SPEC\03A ESPECIFICACIONES\EC1.pspk				
Last Saved: 6/2/2021 9:25:57 PM				
----- Blind Flange -----				
1/2"	to	24"	FLANGE BLIND, 900 LB, RTJ, ASME B16.5, ASTM A105	
----- Bolt Set -----				
1/2"	to	24"	BOLT SET, RF, 900 LB, STUD BOLT	▲
1/2"	to	24"	BOLT SET, RTJ, 900 LB, LUG BOLT	▲
1/2"	to	24"	LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO(2) HEAVY HEX NUTS ASTM-A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	▲
----- Cap -----				
1/2"	to	1 1/2"	CAP, 6000 LB, SW, ASME B16.11, ASTM A105	
2"	to	24"	CAP, BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 80	
----- Coupling -----				
1/2"	to	1 1/2"	COUPLING, 6000 LB, FPT, ASME B16.11, ASTM A105	▲
1/8"	to	4"	COUPLING, F.S, ASTM A-105, 3000 LB, THREADED, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	▲
1/8"	to	4"	HALF COUPLING, 6000 LB, MPTXFPT, ASME B16.11	▲
1/8"	to	3"	UNION, F.S, ASTM A-105, 3000 LB, THREADED, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	▲
----- Cross -----				
1/2"	to	1 1/2"	CROSS, 6000 LB, FPT, ASME B16.11, ASTM A105	
----- Elbow -----				
2"	to	24"	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, SCH 80, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	▲
2"	to	24"	ELL 45 LR, BW, ASME B16.9, ASTM A234 Gr WPB SMLS, Sch 80	▲
1/8"	to	2"	ELBOW 45 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	▲
1/2"	to	2"	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	▲
1/2"	to	2"	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, THREADED ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	▲

Edit Parts... Add Notes to Group Add to Spec Remove from Spec

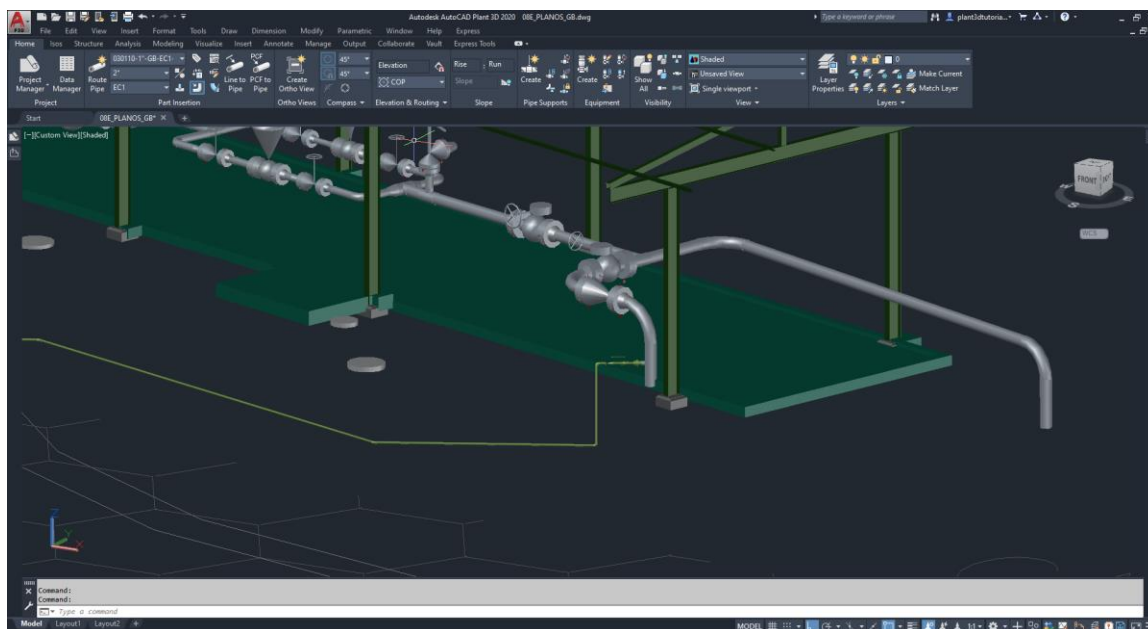
Nota: Elaboración Propia en conjunto con Spec Editor (Autodesk Inc, 2020).

Construcción del ruteo de la tubería y ubicación de la bomba

Luego de realizar el cálculo hidráulico, dimensionamiento de tuberías y accesorios con una presión de 2002 psi y una tasa de flujo de 1328 litros por hora, se colabora las longitudes de tubería y puntos de conexión en la succión con tie-in 01, tie-in 02 "Tanque Slop" y su descarga tie-in 03 "Poliducto SH-Q" (Ver anexo 11), así mismo su ruteo sobre la nube de puntos en el software AutoCAD Plant 3D.

Figura 52*Ubicación de la Bomba Dosificadora*

Nota: Elaboración Propia en conjunto con AutoCAD Plant 3D (Autodesk Inc, 2020).

Figura 53*Línea de descarga conexión Poliducto SH-Q*

Nota: Elaboración Propia en conjunto con AutoCAD Plant 3D (Autodesk Inc, 2020).

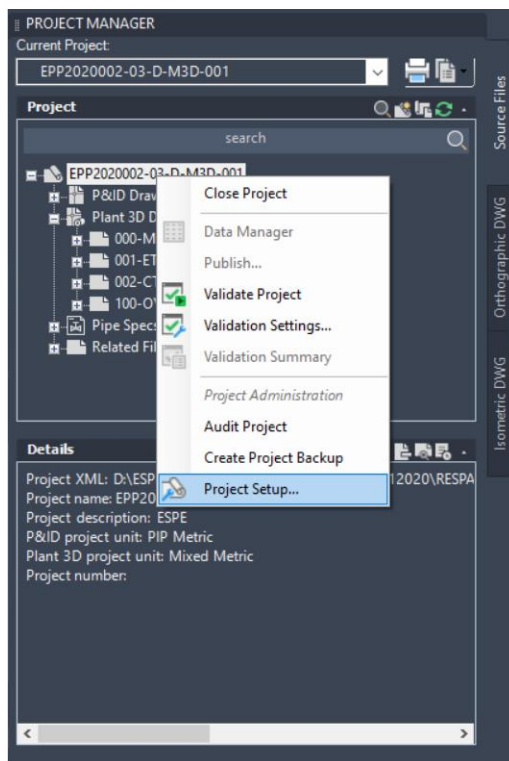
Configuración hoja detalle de planos

Para optimizar la generación de planos constructivos se utilizará el software AutoCAD Plant 3D donde previamente se realizó el ruteo de la ingeniería, modificando las láminas predeterminadas.

En nuestro proyecto “EPP2020002-03-D-M3D-001” daremos click derecho y seleccionaremos la opción Project Setup.

Figura 54

Paso uno: Ingreso a configuración del proyecto

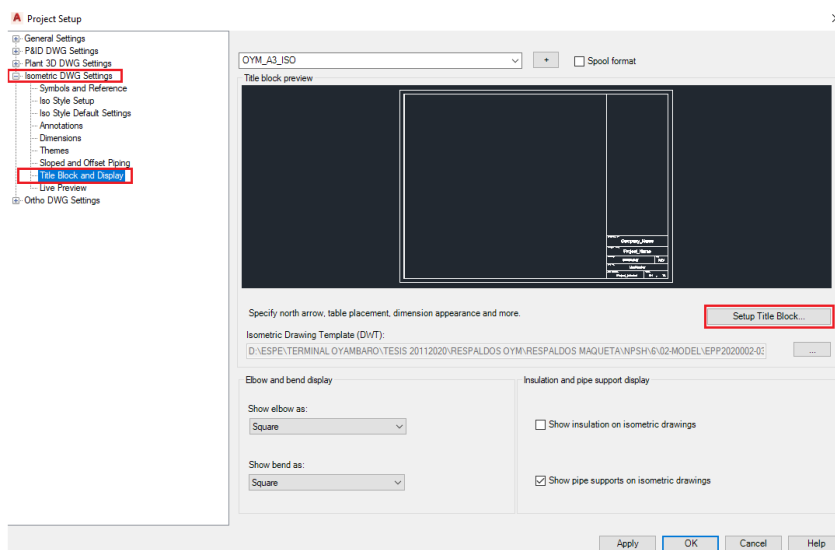


Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

En la configuración principal seleccionamos la pestaña “Isometric DWG Settings >> Title Block and Display >> Setup Title Block”

Figura 55

Paso uno: Ingreso a configuración del proyecto

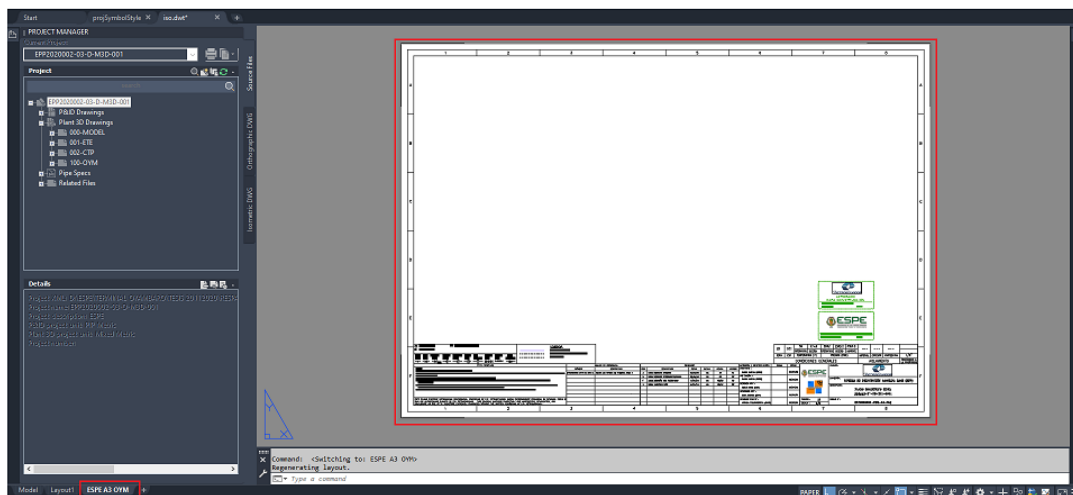


Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Una vez que estemos en el entorno Template, creamos un nuevo layout el cual lo denominamos “ESPE A3 OYM” e insertamos nuestra lámina empresarial copiando con punto base.

Figura 56

Paso tres: Creación de nuevo layout empresarial

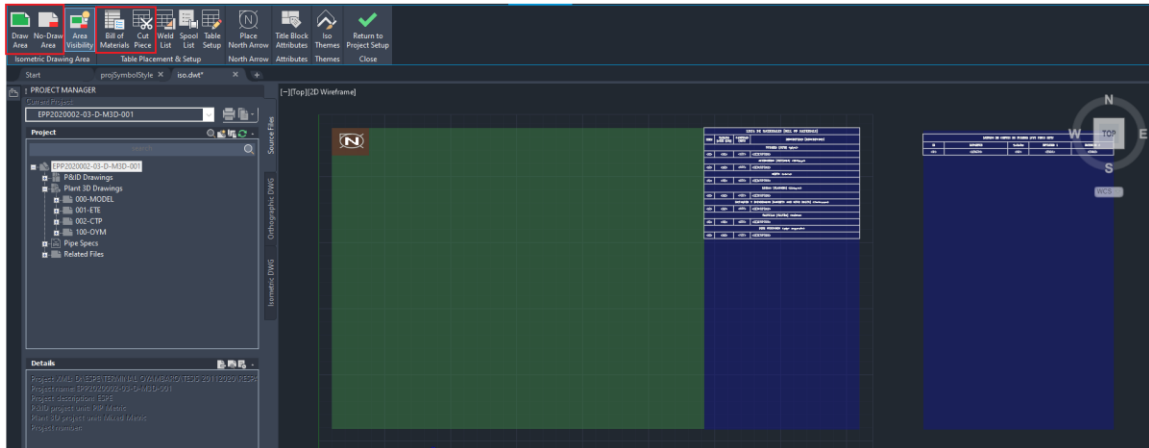


Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Nos cambiamos de pestaña al espacio modelo de trabajo, donde configuramos las áreas permisibles; para dibujar (color verde), las áreas de no dibujo (color rojo) y las áreas de especificaciones, lista de materiales y cortes de tubería (color azul).

Figura 57

Paso cuatro: Áreas dinámicas de dibujo



Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Para lograr un estándar en las tablas de especificaciones, a las requeridas por EP. Petroecuador cambiamos el layer y agregamos títulos diferentes.

Figura 58

Paso cinco: Cambio de formato tablas de especificaciones

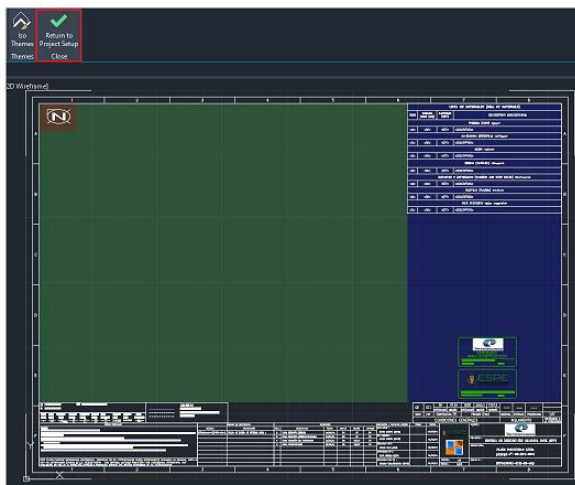


Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Finalmente copiamos con punto base la lámina empresarial al espacio de trabajo, damos click en “Return to Project Setup >> Save the changes to iso.dwt” y seleccionamos en la configuración del proyecto “Live Preview” para obtener una vista preliminar de nuestra lámina dinámica para la generación de isométricos constructivos.

Figura 59

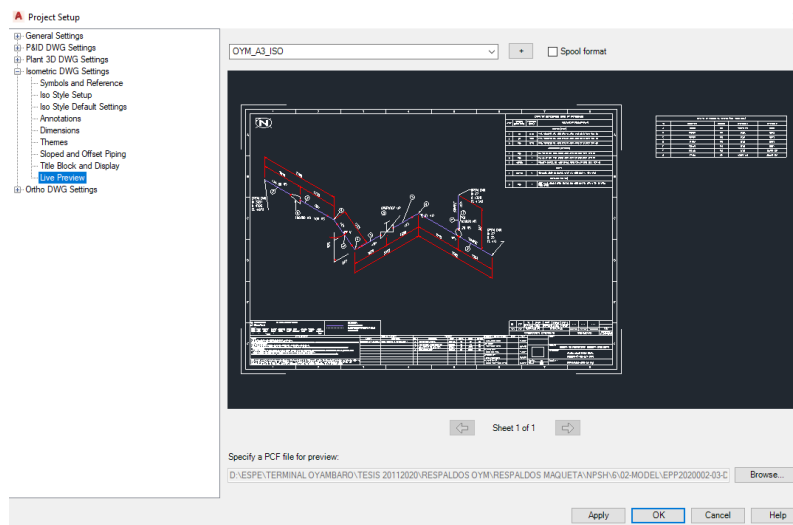
Paso seis: Formato lámina empresarial completo



Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Figura 60

Paso siete: Vista previa formato EP. Petroecuador



Nota: Elaboración Propia en conjunto con (Autodesk Inc, 2020).

Presentación de planos de ingeniería

Toda la información para la construcción de sistemas de tubería, está contenida en dibujos, aparte de las especificaciones, modelo CAD y fotografías.

Plano Plot Plan

Cuando se aprueban los planos de disposición de equipos, se convierten en "planos de implantación" mediante la adición de dimensiones y coordenadas para ubicar todas las disciplinas principales; civil, arquitectura, mecánica, y eléctrica.

Las coordenadas norte y este deben mostrarse en el plano del terreno, se deben mostrar tanto el "norte de la planta" como el "norte verdadero".

Ver anexo 10 (EPP2020002-OYM-30-201-0; PLANO PLOT PLAN)

Plano de Implantación de equipos

Se colocan todos los equipos a lo largo del plano de terreno, como referencia se tiene la parte civil y estructural de las instalaciones, las coordenadas del equipo suelen estar ubicadas en las líneas centrales y las coordenadas de las bombas se dan en la línea central del eje de la bomba y en la cara de la base de la bomba o en la línea central del puerto de descarga.

Ver anexo 11 (EPP2020002-OYM-50-201-0; PLANO LAYOUT DE IMPLANTACIÓN DE EQUIPOS)

Plano modelo 3D

La maqueta digital representada en una vista isométrica a escala más pequeña, sirve para visualizar el área de afectación del proyecto, dando importancia a los puntos de conexión "tie-in" y tubería enterrada.

Ver anexo 12 (EPP2020002-OYM-50-202-1; PLANO MODELO 3D TUBERÍA)

Plano Key Plan

Se produce un "plano de distribución", dividiendo el área del sitio en áreas más pequeñas identificadas por letras o números clave.

Ver anexo 13 (EPP2020002-OYM-50-203-0; PLANO INDICE DE TUBERÍA KEY PLAN)

Planos de ruta

Se realiza una lámina por cada área identificada en el plano de distribución, se debe agregar las dimensiones entre juntas principales en la tubería, el área del dibujo en particular está sombreada en el key plan referencial.

Ver anexo 14 (EPP2020002-OYM-55-201-1; PLANO DE RUTEO DE TUBERÍA ÁREA 1)

Ver anexo 15 (EPP2020002-OYM-55-202-0; PLANO DE RUTEO DE TUBERÍA ÁREA 2)

Ver anexo 16 (EPP2020002-OYM-55-203-0; PLANO DE RUTEO DE TUBERÍA ÁREA 3)

Ver anexo 17 (EPP2020002-OYM-55-204-0; PLANO DE RUTEO DE TUBERÍA ÁREA 4)

Ver anexo 18 (EPP2020002-OYM-55-205-1; PLANO DE RUTEO DE TUBERÍA ÁREA 5)

Plano de elevación y corte

Plano transversal con medidas claves y tags de líneas de tubería, dando énfasis a los cortes realizados en las láminas de ruta y su elevación geográfica in situ.

Ver anexo 19 (EPP2020002-OYM-54-201-1; PLANO DE CORTES Y VISTAS DE TUBERÍA)

Planos isométricos constructivos

Para mostrar claramente todas las dimensiones y alcances de accesorios se debe determinar el mejor aspecto de la tubería, la libertad de extender líneas sin tener en cuenta la escala es de gran ayuda para mostrar las dimensiones isométricas.

Debe contener las dimensiones suficientes y especificación de materiales para que la constructora pueda realizar el montaje y/o fabricación de los carretes (spool).

Ver anexo 20 (EPP2020002-OYM-53-201-0; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 031601-4"-GB-BC1-0001)

Ver anexo 21 (EPP2020002-OYM-53-202-1; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 030004-4"-GB-BC1-0002)

Ver anexo 22 (EPP2020002-OYM-53-203-0; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 030004-4"-GB-BC1-0002)

Ver anexo 23 (EPP2020002-OYM-53-204-1; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 030110-1"-GB-EC1-0001)

Ver anexo 24 (EPP2020002-OYM-53-205-0; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 030110-1"-GB-EC1-0001)

Ver anexo 25 (EPP2020002-OYM-53-206-0; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 030110-1"-GB-EC1-0001)

Ver anexo 26 (EPP2020002-OYM-53-207-1; PLANO ISOMÉTRICO LÍNEA 030110-1"-GB-EC1-0001)

Lista de personal, materiales, equipos y consumibles

Para la ingeniería y construcción del Sistema de Reinyección Gasolina Base (Terminal Oyambaro), con un tiempo de entrega estimado de cinco y dos meses respectivamente, se considera la disponibilidad del presupuesto por parte de la Intendencia de Mantenimiento de Terminales Norte para realizar el trabajo en campo.

Tabla 29*Lista de personal, ingeniería y construcción*

Personal	Cantidad	Días
Jefe de Terminal	1	45
Ingeniero de Diseño	1	90
Supervisor de Proyecto	1	45
Supervisor Mecánico (EPP)	1	45
Supervisor de Soldadura (EPP)	1	30
Analista de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	2	45
Analista de Geomática	1	5
Supervisor Cuadrilla (CDR)	1	45
Inspector QA/QC	1	45
Soldador Calificado	1	20
Dibujante CAD	1	60
Dibujante Planos	1	20
Técnico escáner 3D	2	5
Ingeniero Topógrafo	1	20
Auxiliar de soldadura Tubero	1	20
Técnico de Cuadrilla	4	45
Chofer Autotanque	1	5

Nota: Elaboración Propia.

Después de realizar los cálculos hidráulicos, dimensionamiento de tubería-accesorios y planos isométricos, la cantidad de material necesario para la construcción de las líneas de succión y descarga es el siguiente:

Tabla 30

Lista de materiales

Diam	Descripción	Unidad	Cant.
Listado De Materiales Válvulas (Valves)			
1"	BALL VALVE, 2160 PSI @ 100 °F, SS BODY (ASTM-A351 GR CF8M OR ASTM-A182 F316), 316 SS BALL AND STEM, SOCKED WELD ENDS PER ASME B16.11, FULL PORT, LEVER OPERATED, FIRE SAFE. TEST PER API 598	EA	2
1"	CHECK VALVE, CLASS 1500# (3705# CWP), CS BODY (ASTM-A105), STEEL PLATE COVER, TRIM 12, HF STELLITED SEATS, SOCKET WELD ENDS PER ASME B16.11, HORIZONTAL SWING, SCREWED OR BOLTED COVER. DESIGN PER API 602, TEST PER API 598	EA	2
1/2"	NEEDLE VALVE, 6000 PSI @ 200°F, BAR STOCK BODY (316 SS), TEFLON STEM SEAT, SOFT OR HARD SEATS, THREADED ENDS PER ASME B1.20.1. DESIGN PER MSS SP-105	EA	2
4"	GATE VALVE, CLASS 150#, CS BODY AND BONNET (ASTM-A216 GR WCB OR ASTM-A105), TRIM 8, HF STELLITED SEATS. RF FLANGED ENDS PER ASME B16.5, OS&Y, BOLTED BONNET, FLEXIBLE WEDGE GATE, HAND WHEEL OPERATED. DESIGN PER API 600. TEST PER API 598	EA	1
4"	BALL VALVE, CLASS 150#, CS BODY (ASTM-A216 GR WCB OR ASTM-A105), CS 1 MIL ENP BALL AND STEM, RF FLANGED ENDS PER ASME B16.5, REDUCED PORT, LEVER OPERATED. FLOATING BALL, FIRE SAFE, DESIGN PER API 608, TEST PER API 598	EA	1
Listado De Materiales Tubería De Procesos (Process Pipe)			
2"	PIPE, SCH 160, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	0,4
1"	PIPE, SCH 160, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	88,4
2"	PIPE, SCH 80, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B OR API-5L GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	0,4
4"	PIPE, STD, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B OR API-5L GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	11,1
Listado De Materiales Accesorios (Accessories)			

Diam	Descripción	Unidad	Cant.
2"	ELLBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1
1"	ELLBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	9
1"	ELLBOW 45 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	3
2"x1"	COUPLING REDUCER, F.S. ASTM A-105, 6000 LB, THREADED, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1
2"x1"	COUPLING REDUCER, F.S. ASTM A-105, 6000 LB, SOCKET WELD, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1
2"	UNION, F.S. ASTM A-105, 3000 LB, THREADED, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1
1/2"	HALF COUPLING, 6000 LB, MPT X FPT, ASME B16.11	EA	1
1"x1/2"	REDUCER TEE, F.S. ASTM A-105, 6000 LB, SOCKET WELD, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1
1/2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, POE/TOE, 2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1
2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, POE/TOE, 2-1/2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1
2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, PBE ENDS, 2-1/2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1
1"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, POE/TOE, 4" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1
1"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, PBE ENDS, 4" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1
1/2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, TBE ENDS, 2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1
2"x1/2"	THREDOLET, 3000#, ASTM A105, DIMENSIONS PER MSS-SP-97	EA	1
1/2"	HALF COUPLING, 3000 LB, MPT X FPT, ASME B16.11	EA	1
4"	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, SCH STD, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	EA	5

Diam	Descripción	Unidad	Cant.
4"	STRAIGHT TEE, CS, STD, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	EA	1
2"x1"	CONCENTRIC REDUCER, SCH 80, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	EA	1
Listado De Materiales Bridas (Flanges)			
2"	WELDED NECK FLANGE, SCH 80, 1500LB, RTJ, CS ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	2
1"	SOCKET WELDED FLANGE, SCH 160, 1500LB, RTJ, CS ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	2
4"	WELDED NECK FLANGE, STD, 150LB, RAISED FACE, CS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	6
Listado De Materiales Para Pernos Y Tuercas (Stud Bolts And Nuts)			
7/8" x 5-3/4"	7/8" DIAM 5 3/4" LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO (2) HEAVY HEX NUTS ASTM-A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	8
7/8" X 5"	7/8" DIAM 5" LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO (2) HEAVY HEX NUTS ASTM-A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	4
5/8" X 3-3/4"	5/8" DIAM 3 3/4" LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO (2) HEAVY HEX NUTS ASTM-A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	48
Listado De Materiales Empaques (Gaskets)			
2"	GASKET RING JOINT, R24 OCTAGONAL 316L SSSL MATL, ANNEALED FINISH, 2" ND, ASME B16.20	EA	1
1"	GASKET RING JOINT, R16 OCTAGONAL 316L SSSL MATL, ANNEALED FINISH, 1" ND ASME B16.20	EA	1
4"	GASKET, FLAT, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.21	EA	6
Listado De Materiales Partes Especiales (Special Parts)			
1/2"	ANALOG PRESSURE GAUGE (3000 PSI), PROCESS CONNECTION MPT	EA	2
4"	FLOW METER E TYPE STRAINER, 150 LB, RF, STEEL MODEL	EA	1

Diam	Descripción	Unidad	Cant.
Listado De Materiales Pintura Y Polyken			
-	CINTA PARA PROTECCIÓN MECÁNICA POLYKEN #955-30. ROLLO 6" DE ANCHO X 200' DE LARGO COLOR BLANCO.	RL	1
-	CINTA PARA REVESTIMIENTO ANTICORROSIVA DE TUBERÍA POLYKEN #980-30. ROLLO 6" DE ANCHO x 200' DE LARGO COLOR NEGRO.	RL	1
-	PRIMER # 1027, PORCENTAJE DE SOLIDOS: 30% PESO/GAL: 7.4 LBS, FLASH POINT: 4°C (39.2°F)	GAL	2

Nota: Elaboración Propia.

Los equipos necesarios para la ejecución y puesta en marcha del proyecto son los siguientes:

Tabla 31

Lista de equipo de protección personal

Equipo de Protección Personal					
Artículo	Cant. Por Persona	Duración Actividad (días)	Tipo de Personal Recibe	Total Personal	Cant. Artículos
Camisas	2	45	Todo Personal	22	44
Jean	2	45	Todo Personal	22	44
Botas de Seguridad	1	45	Todo Personal	22	22
Casco	1	45	Todo Personal	22	22
Guantes de Soldadura	1	20	Soldador y ayudante	2	2
Pecheras Soldador	1	20	Soldador y ayudante	2	2
Máscara de Soldadura	1	20	Soldador y ayudante	2	2
Chaqueta de Cuero	1	20	Soldador y ayudante	2	2

Equipo de Protección Personal					
Artículo	Cant. Por Persona	Duración Actividad (días)	Tipo de Personal Recibe	Total Personal	Cant. Artículos
Gorro Protector	1	20	Soldador y ayudante	2	2
Mascarillas kn95	20	45	Todo Personal	22	440
Mascarilla para polvo	2	45	Técnico de cuadrilla	2	4
Mascarilla con filtro	2	45	Técnico de cuadrilla	2	4
Gafas de seguridad	1	45	Todo Personal	22	22
Tapones Auditivos	1	45	Todo Personal	22	22

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 32

Lista de equipo industrial y ofimática

Equipo Industrial y Ofimática		
Ítem	Cantidad	Observación
Generador Vantage 500 Lincoln	1	Suministra energía
Soldadora GTAW, Aspect 375 Lincoln	1	Tubería de una pulgada
Soldadora SMAW, Invertec V205-S	1	Tubería de cuatro pulgadas
Camión Grúa (Pluma Articulada)	1	Transporte de equipos
Amoladora	3	Corte y limpieza de tubería
Pistola de Impacto	2	Montaje y desmontaje
Palas y Picos	4	Zanjas

Equipo Industrial y Ofimática		
Ítem	Cantidad	Observación
Bomba Dosificadora PRIMEROYAL	1	Equipo reinyección gasolina base
Drone UAV	1	Aerofotogrametría
Escáner Láser 3D FARO	1	Captura de la realidad
Estación Total Topográfica	1	Punto de apoyo georreferenciados
Laptop Alto Rendimiento	1	Presentación Terminales
Ordenador Workstation	1	Restitución CAD
Silla Ergonómica	2	Adecuada postura
Pantalla IPS	2	Calidad de imagen

Nota: Elaboración Propia.

Los elementos para preparar la tubería para la soldadura y programas utilizados en la ingeniería, se detallan a continuación:

Tabla 33

Lista de consumibles y softwares

Consumibles y Softwares de Modelado		
Ítem	Cantidad (u) / Peso (Kg)	Observación
Grata 1/4" x 4"	14 unidades	Varios NPS
Disco de corte 7" x 1/8"	3 unidades	N/A
Disco de corte 4-1/2" x 1/8"	20 unidades	N/A
Disco de desbaste 7" x 5/32"	5 unidades	N/A
Disco de desbaste 4-1/2" x 3/16"	15 unidades	N/A
Gas Argón 100%	1 unidad	Tanque de 6 metros cúbicos
Electrodo E7018	1.3 kilogramos	Proceso SMAW

Consumibles y Softwares de Modelado		
Ítem	Cantidad (u) / Peso (Kg)	Observación
Varilla Indura 70S-6	2.3 kilogramos	Proceso GTAW
Recap Pro	1 unidad	Captura de la realidad
Paquete AutoCAD	1 unidad	Contiene a Plant 3D
Civil 3D	1 unidad	Curvas de nivel
Navisworks Manage	1 unidad	Coordinación BIM
SolidWorks	1 unidad	Modelado 3D

Nota: Elaboración Propia.

Pruebas, ensayos destructivos y no destructivos

El trabajo de Inspección Visual de soldadura, tanto en la calificación de procedimientos de soldadura, calificación de soldadores, estará a cargo del inspector certificado CWI-AWS o SCWI AWS de la Contratista.

El requisito fundamental de EP. Petroecuador para las empresas de inspección para ensayos no destructivos y ensayos destructivos, así también su personal técnico, cumpla con las certificaciones vigentes emitidos por organismos de control: ARCH y SAE.

Para tuberías de proceso los criterios de aceptación y rechazo están en función de ASME B31.3, para tuberías de transporte están acordes a ASME B31.4.

En forma general, para todos los campos de aplicación dentro de EP. Petroecuador, los porcentajes de ensayos no destructivos deben aplicarse de acuerdo a lo establecido en los códigos y normas "API 1104, ASME IX, AWS D1.1" que rigen el diseño del proyecto.

EP. Petroecuador recomienda como buena práctica de ingeniería los siguientes ensayos no destructivos.

Para tubería de proceso

Todas las soldaduras que corresponden a tubería enterrada deberían ser inspeccionadas al 100%, utilizando un método de END volumétrico (radiografía o ultrasonido).

Todas las soldaduras que corresponden a tubería aérea se deben inspeccionar de la siguiente manera:

- El 100% de soldaduras realizadas por cada soldador en los dos primeros días de trabajo, si todas las soldaduras por soldador resultan aprobadas, a partir del tercer día de trabajo se reduce el porcentaje de inspección al 20%.
- Si se detectan fallas en las soldaduras, se deberá continuar con el 100% de inspección a las juntas soldadas por el soldador que produjo el defecto, si el soldador supera el 2% de defectos deberá ser retirado de producción.

Todas las juntas de weldolets, sockolets y soldaduras de filete se evalúan mediante tintas penetrantes al 100%, al igual que las soldaduras de drenaje cerrados enterradas.

Las tuberías de drenajes abiertos aéreos o enterrados, deberían ser inspeccionadas al 10%.

Prueba hidrostática

Una vez que la línea ha sido terminada, se verifica su instalación comprobando que esté de acuerdo con los planos isométricos, cuando se deba realizar una prueba de presión luego del montaje, las soldaduras deben dejarse sin pintar.

Una vez liberada la soldadura de las tuberías por medio de los ensayos no destructivos se procede con la respectiva prueba hidrostática, los sistemas se harán por separado dependiendo de la clase según lo especificado en la norma ASME B31.3 se realizará al 1.5 veces de la presión de diseño del sistema.

A continuación, se detalla el procedimiento que debe ser aplicado en la limpieza y pruebas de presión de todas las tuberías de procesos nuevas construidas dentro de EP. Petroecuador, para líneas o spools que por su presión de prueba, condiciones geométricas y ubicación similar pueden ser probadas conjuntamente.

Generalidades (PPH)

Para la ejecución de todas las actividades descritas en este procedimiento es responsabilidad del contratista a cargo de la Intendencia de Mantenimiento, proporcionar personal especializado en estas actividades, de tal forma que las pruebas se realicen de forma segura y eficiente. El personal mínimo de supervisión es:

- Un Supervisor Mecánico, con una experiencia mínima de cinco años en actividades similares.
- Un Supervisor de Control de Calidad, que acredite una experiencia mínima de tres años en funciones similares.
- Un Supervisor de Seguridad industrial con tres años de experiencia en actividades similares.

Excepciones (PPH)

Se listan los accesorios y equipos que no deben incluirse en los paquetes de pruebas de presión de tuberías de proceso, en caso de que existan dudas respecto de instrumentos, equipos o accesorios que no estén cubiertos por este numeral, se debe gestionar una instrucción escrita por EP. Petroecuador, respecto de cómo proceder con tales equipos, accesorios o instrumentos.

- Equipo rotativo, bombas, compresores, etc.
- Accesorios, elementos de alivio de presión, válvulas de seguridad y filtros.
- Instrumentos, incluyendo indicadores de nivel, de presión y medidores de flujo.
- Juntas de expansión y válvulas de control.

Limpieza (PPH)

El objetivo de la limpieza es desalojar todos los residuos que puedan ser dañinos para la operación, tales como: granalla, esquirlas metálicas y escoria de soldadura, antes de iniciar la limpieza se deben verificar los siguientes puntos:

- Se debe inspeccionar y cotejar con los planos isométricos todas las líneas que se vayan a limpiar.
- Las conexiones para instrumentos, drenajes, toma de muestras y demás derivaciones deben estar aisladas por medio de taponos o bridas ciegas, estos elementos deben instalarse en conformidad con el piping class del Terminal Oyambaro.

Instrumentos y Equipos (PPH)

Todos los instrumentos a utilizarse deben estar correctamente calibrados y con su respectivo certificado de calibración vigente, estos instrumentos se listarán en registro "Plan de pruebas de presión en tuberías de proceso". Los certificados de calibración originales deben estar disponibles en el sitio de la prueba y copias de estos documentos deben ser adjuntados al registro arriba mencionado.

El set de instrumentos y equipos debe contener por lo menos: manómetro, termómetros para la temperatura del fluido, ambiente y tubería, registrador múltiple, bomba hidráulica, chanchos de limpieza, compresor de aire, etc.

Ejecución (PPH)

El Contratista debe notificar a EP. Petroecuador o a su representante con 24h de anticipación de modo que la prueba de presión, pueda ser presenciada por su parte.

El sistema de tubería se llena con agua, utilizando un tanque de almacenamiento con la capacidad adecuada de acuerdo con la cantidad de agua requerida para llenar el sistema, no se permite el llenado parcial de sistemas de tubería.

Las válvulas de venteo se mantienen abiertas hasta que el aire se ha eliminado, se recomienda hacer circular el agua para obtener la total eliminación del aire, la presión se incrementa por medio de una bomba manual o a motor.

La bomba debe vigilarse constantemente durante la prueba, cuidando de que no se sobrepase la presión de prueba requerida, una vez que se alcanza la presión requerida, se mantendrá durante cuatro horas, lapso en el que se debe inspeccionar la tubería en busca de cualquier posible fuga de líquido en la tubería, accesorios, juntas soldadas, pernadas y roscadas.

Si la tubería tiene segmentos enterrados o no visibles la duración de la prueba debe ser de ocho horas.

Aceptación, secado y limpieza (PPH)

La prueba se acepta si no se presentan variaciones de presión que indiquen una fuga en el sistema, para pérdidas de presión que obedezcan a decrementos de temperatura deben ser analizadas por EP. Petroecuador o su representante, quien debe aceptar o rechazar la prueba.

Ya aceptada se procede a la limpieza final y secado de la tubería, para lo cual se realiza un soplado de la tubería, utilizando un compresor de aire, de manera que se retire toda el agua de las tuberías.

Cimentaciones y pernos de anclaje

Todas las fundaciones y pernos de anclaje de equipos serán diseñadas y construidas de acuerdo con los planos y cargas suministrados por el fabricante del equipo, para lo cual la Intendencia de Mantenimiento de Terminales Norte tomará la mejor decisión para efectuar la obra civil, tomando en consideración las combinaciones de carga más importantes (Bomba Dosificadora) y otras condiciones basadas en el tipo de subsuelo, que produce los esfuerzos máximos en la cimentación.

Capítulo VI. Análisis Económico

Costos directos

Son gastos que se involucran directamente en la realización del proyecto en todas sus fases: Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle.

Tabla 34

Costos directos de personal, ingeniería y construcción

Personal	Cantidad	Días	C. Unit.	C. Total
Jefe de Terminal	1	45	\$4.800,00	\$4.800,00
Ingeniero de Diseño	1	90	\$7.500,00	\$7.500,00
Supervisor de Proyecto	1	45	\$3.343,50	\$3.343,50
Supervisor Mecánico (EPP)	1	45	\$4.104,00	\$4.104,00
Supervisor de Soldadura (EPP)	1	30	\$2.600,00	\$2.600,00
Analista de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	2	45	\$3.240,00	\$6.480,00
Analista de Geomática	1	5	\$505,33	\$505,33
Supervisor Cuadrilla (CDR)	1	45	\$1.650,00	\$1.650,00
Inspector QA/QC	1	45	\$2.700,00	\$2.700,00
Soldador Calificado	1	20	\$1.600,00	\$1.600,00
Dibujante CAD	1	60	\$1.700,00	\$1.700,00
Dibujante Planos	1	20	\$733,33	\$733,33
Técnico escáner 3D	2	5	\$350,00	\$700,00
Ingeniero Topógrafo	1	20	\$1.300,00	\$1.300,00
Auxiliar de soldadura Tubero	1	20	\$1.200,00	\$1.200,00
Técnico de Cuadrilla	4	45	\$1.050,00	\$4.200,00
Conductor Autotanque	1	5	\$175,00	\$175,00
SUBTOTAL 1	22			\$45.291,16

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 35

Costos directos de materiales

Diam	Descripción	Ud.	Cant.	C. Unit.	C.Total
Listado De Materiales Válvulas (Valves)					
1"	BALL VALVE, 2160 PSI @ 100 °F, SS BODY (ASTM-A351 GR CF8M OR ASTM-A182 F316), 316 SS BALL AND STEM, SOCKED WELD ENDS PER ASME B16.11, FULL PORT, LEVER OPERATED, FIRE SAFE. TEST PER API 598	EA	2	\$85,00	\$170,00
1"	CHECK VALVE, CLASS 1500# (3705# CWP), CS BODY (ASTM-A105), STEEL PLATE COVER, TRIM 12, HF STELLITED SEATS, SOCKET WELD ENDS PER ASME B16.11, HORIZONTAL SWING, SCREWED OR BOLTED COVER. DESIGN PER API 602, TEST PER API 598	EA	2	\$77,00	\$154,00
1/2"	NEEDLE VALVE, 6000 PSI @ 200°F, BAR STOCK BODY (316 SS), TEFLON STEM SEAT, SOFT OR HARD SEATS, THREADED ENDS PER ASME B1.20.1. DESIGN PER MSS SP-105	EA	2	\$84,67	\$169,34
4"	GATE VALVE, CLASS 150#, CS BODY AND BONNET (ASTM-A216 GR WCB OR ASTM-A105), TRIM 8, HF STELLITED SEATS. RF FLANGED ENDS PER ASME B16.5, OS&Y, BOLTED BONNET, FLEXIBLE WEDGE GATE, HAND WHEEL OPERATED. DESIGN PER API 600. TEST PER API 598	EA	1	\$556,67	\$556,67
4"	BALL VALVE, CLASS 150#, CS BODY (ASTM-A216 GR WCB OR ASTM-A105), CS 1 MIL ENP BALL AND STEM, RF FLANGED ENDS PER ASME B16.5, REDUCED PORT, LEVER OPERATED. FLOATING BALL, FIRE SAFE, DESING PER API 608, TEST API 598	EA	1	\$835,00	\$835,00
Listado De Materiales Tubería De Procesos (Process Pipe)					
2"	PIPE, SCH 160, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	0,4	\$13,47	\$13,47

Diam	Descripción	Ud.	Cant.	C. Unit.	C.Total
1"	PIPE, SCH 160, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	88,4	\$11,47	\$1.101,12
2"	PIPE, SCH 80, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B OR API-5L GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	0,4	\$8,36	\$8,36
4"	PIPE, STD, BEVELED ENDS, ASTM A106 GR B OR API-5L GR B, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B36.10	m	11,1	\$10,27	\$123,24

Listado De Materiales Accesorios (Accessories)

2"	ELLBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1	\$45,00	\$45,00
1"	ELLBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	9	\$38,00	\$342,00
1"	ELLBOW 45 DEGREE, LONG RADIUS, 6000 LB, SOCKET WELD ENDS, FS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	3	\$39,00	\$117,00
2"x1"	COUPLING REDUCER, F.S. ASTM A-105, 6000 LB, THREADED, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1	\$62,00	\$62,00
2"x1"	COUPLING REDUCER, F.S. ASTM A-105, 6000 LB, SOCKET WELD, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1	\$65,00	\$65,00
2"	UNION, F.S. ASTM A-105, 3000 LB, THREADED, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1	\$24,00	\$24,00
1/2"	HALF COUPLING, 6000 LB, MPT X FPT, ASME B16.11	EA	1	\$19,15	\$19,15
1"x1/2"	REDUCER TEE, F.S. ASTM A-105, 6000 LB, SOCKET WELD, DIMENSIONS PER ANSI B16.11/ANSI B1.20.1	EA	1	\$25,00	\$25,00
1/2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, POE/TOE, 2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1	\$3,00	\$3,00

Diam	Descripción	Ud.	Cant.	C. Unit.	C.Total
2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, POE/TOE, 2-1/2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1	\$3,50	\$3,50
2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, PBE ENDS, 2-1/2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1	\$3,50	\$3,50
1"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, POE/TOE, 4" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1	\$4,50	\$4,50
1"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, PBE ENDS, 4" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1	\$4,50	\$4,50
1/2"	PIPE NIPPLE, SCH 160, CS ASTM A106 GR B, TBE ENDS, 2" LG ASTM A733, ASME B36.10	EA	1	\$3,00	\$3,00
2"x1/2"	THREADOLET, 3000#, ASTM A105, DIMENSIONS PER MSS-SP-97	EA	1	\$12,30	\$12,30
1/2"	HALF COUPLING, 3000 LB, MPT X FPT, ASME B16.11	EA	1	\$15,25	\$15,25
4"	ELBOW 90 DEGREE, LONG RADIUS, SCH STD, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	EA	5	\$39,00	\$195,00
4"	STRAIGHT TEE, CS, STD, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	EA	1	\$56,00	\$56,00
2"x1"	CONCENTRIC REDUCER, SCH 80, BUTT WELDING, ASTM-A234 WPB, SMLS, DIMENSIONS PER ANSI B16.9	EA	1	\$41,00	\$41,00

Listado De Materiales Bridas (Flanges)

2"	WELDED NECK FLANGE, SCH 80, 1500LB, RTJ, CS ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	2	\$425,00	\$850,00
1"	SOCKET WELDED FLANGE, SCH 160, 1500LB, RTJ, CS ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	2	\$350,00	\$700,00
4"	WELDED NECK FLANGE, STD, 150LB, RAISED FACE, CS, ASTM A105, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	6	\$39,20	\$235,20

Diam	Descripción	Ud.	Cant.	C. Unit.	C.Total
Listado De Materiales Para Pernos Y Tuercas (Stud Bolts And Nuts)					
7/8" X 5-3/4"	7/8" DIAM 5 3/4" LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO (2) HEAVY HEX NUTS ASTM-A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	8	\$5,87	\$46,96
7/8" X 5"	7/8" DIAM 5" LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO (2) HEAVY HEX NUTS ASTM- A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	4	\$5,25	\$21,00
5/8" X 3-3/4"	5/8" DIAM 3 3/4" LONG STUD BOLTS, FULL LENGTH THREADED, ASTM-A193 GR B7, WITH TWO (2) HEAVY HEX NUTS ASTM-A194 GR 2H, FLOUCARBON COATED, DIMENSIONS PER ANSI B16.5	EA	48	\$2,80	\$134,40
Listado De Materiales Empaques (Gaskets)					
2"	GASKET RING JOINT, R24 OCTAGONAL 316L SSTL MATL, ANNEALED FINISH, 2" ND, ASME B16.20	EA	1	\$11,12	\$11,12
1"	GASKET RING JOINT, R16 OCTAGONAL 316L SSTL MATL, ANNEALED FINISH, 1" ND ASME B16.20	EA	1	\$8,53	\$8,53
4"	GASKET, FLAT, 1/8" THK, RF, 150 LB, ASME B16.21	EA	6	\$5,36	\$32,16
Listado De Materiales Partes Especiales (Special Parts)					
1/2"	ANALOG PRESSURE GAUGE (3000 PSI), PROCESS CONNECTION MPT	EA	2	\$175,00	\$350,00
4"	FLOW METER E TYPE STRAINER, 150 LB, RF, STEEL MODEL	EA	1	\$450,00	\$450,00
Listado De Materiales Pintura Y Polyken					
-	CINTA PARA PROTECCIÓN MECÁNICA POLYKEN #955-30. ROLLO 6" DE ANCHO X 200' DE LARGO COLOR BLANCO.	RL	1	\$450,00	\$450,00
-	CINTA PARA REVESTIMIENTO ANTICORROSIVA DE TUBERÍA POLYKEN #980-30. ROLLO 6" DE ANCHO x 200' DE LARGO COLOR NEGRO.	RL	1	\$580,00	\$580,00

Diam	Descripción	Ud.	Cant.	C. Unit.	C.Total
-	PRIMER # 1027, PORCENTAJE DE SOLIDOS: 30% PESO/GAL: 7.4 LBS, FLASH POINT: 4°C (39.2°F)	GAL	2	\$100,57	\$201,14
SUBTOTAL 2					\$8.242,41

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 36

Costos directos equipo de protección personal

Artículo	Cant. Artículos	C. Unit.	C. Total
Camisas	44	\$12,50	\$550,00
Jean	44	\$10,50	\$462,00
Botas de Seguridad	22	\$115,00	\$2.530,00
Casco	22	\$5,50	\$121,00
Guantes de Soldadura	2	\$6,25	\$12,50
Pecheras Soldador	2	\$22,00	\$44,00
Máscara de Soldadura	2	\$19,00	\$38,00
Chaqueta de Cuero	2	\$35,00	\$70,00
Gorro Protector	2	\$3,00	\$6,00
Mascarillas kn95	440	\$0,25	\$110,00
Mascarilla para polvo	4	\$0,85	\$3,40
Mascarilla con filtro	4	\$1,25	\$5,00
Gafas de seguridad	22	\$3,00	\$66,00
Tapones Auditivos	22	\$0,60	\$13,20
SUBTOTAL 3			\$4.031,10

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 37*Costos directos equipo industrial y ofimática*

Ítem	Cantidad	Días	Costo/Día	C. Total
Generador Vantage 500 Lincoln	1	20	\$55,00	\$1.100,00
Soldadora GTAW, Aspect 375 Lincoln	1	-	-	\$3.800,00
Soldadora SMAW, Invertec V205-S	1	-	-	\$1.900,00
Camión Grúa (Pluma Articulada)	1	5	\$320,00	\$1.600,00
Amoladora	3	-	-	\$165,20
Pistola de Impacto	2	-	-	\$270,00
Palas y Picos	4	-	-	\$28,00
Bomba Dosificadora PRIMEROYAL	1	-	-	\$56.875,83
Drone UAV	1	1	\$70	\$70,00
Escáner Láser 3D FARO	1	5	\$80	\$400,00
Estación Total Topográfica	1	2	\$80	\$160,00
Laptop Alto Rendimiento	1	-	-	\$1.050,00
Ordenador Workstation	1	-	-	\$2.027,00
Silla Ergonómica	2	-	-	\$135,00
Pantalla IPS	2	-	-	\$565,00
SUBTOTAL 4				\$70.146,03

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 38*Costos directos consumibles y softwares*

Ítem	Cantidad (u) / Peso (Kg)	C. Unit.	C. Total
Grata 1/4" x 4"	14 unidades	\$6,25	\$87,50
Disco de corte 7" x 1/8"	3 unidades	\$2,50	\$7,50
Disco de corte 4-1/2" x 1/8"	20 unidades	\$2,00	\$40,00
Disco de desbaste 7" x 5/32"	5 unidades	\$3,50	\$17,50
Disco de desbaste 4-1/2" x 3/16"	15 unidades	\$3,00	\$45,00
Tanque Gas Argón 100% (6m3)	1 unidad	\$270,00	\$270,00
Electrodo E7018	1.3 kilogramos	-	\$5,53
Varilla Indura 70S-6	2.3 kilogramos	-	\$39,58
Recap Pro (anual)	1 unidad	\$340,00	\$340,00
Paquete AutoCAD (anual)	1 unidad	\$1.775,00	\$1.775,00
Civil 3D (anual)	1 unidad	\$2.430,00	\$2.430,00
Navisworks Manage (anual)	1 unidad	\$970,00	\$970,00
SolidWorks	1 unidad	\$5.490,00	\$5.490,00
SUBTOTAL 5			\$11.517,61

Nota: Elaboración Propia.

Costos indirectos

Comprenden costos de producción que no constituyen materiales ni mano de obra directa en el proyecto.

Tabla 39

Costos indirectos personal administrativo

Personal	Cantidad	C. Unit.	C. Total
Subgerente de Transporte	1	\$4.244,22	\$4.244,22
Superintendente de Poliductos y Terminales	1	\$3.744,90	\$3.744,90
Intendente de Mantenimiento de Terminales	1	\$3.712,50	\$3.712,50
Secretaria	1	\$708,00	\$708,00
SUBTOTAL 6	4		\$12.409,62

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 40

Costos indirectos alimentación, transporte y hospedaje

Ítem	Cantidad de personas	Días	C. Unit.	C. Total
Alimentación	1	90	\$9,00	\$810,00
	1	60	\$9,00	\$540,00
	11	45	\$9,00	\$4.455,00
	1	30	\$9,00	\$270,00
	4	20	\$9,00	\$720,00
	4	5	\$9,00	\$180,00
Transporte	11	45	\$3,00	\$1.485,00
	1	30	\$3,00	\$90,00
	4	20	\$3,00	\$240,00
	4	5	\$3,00	\$60,00

Ítem	Cantidad de personas	Días	C. Unit.	C. Total
Hospedaje	2	20	\$8,00	\$320,00
	2	5	\$8,00	\$80,00
SUBTOTAL 7				\$9.250,00

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 41

Misceláneos

Ítem	C. Total
Complementos de oficina y papelería	\$125,00
Internet	\$240,00
Otros	\$100,00
SUBTOTAL 8	\$465,00

Nota: Elaboración Propia.

Costo total

La inversión total del proyecto es la suma de los costos directos e indirectos.

Tabla 42

Costo total del proyecto

Costos Directos		
Orden	Ítem	Costo
1	Subtotal 1	\$45.291,16
2	Subtotal 2	\$8.242,41
3	Subtotal 3	\$4.031,10
4	Subtotal 4	\$70.146,03
5	Subtotal 5	\$11.517,61

TOTAL COSTOS DIRECTOS		\$139.228,31
Costos Indirectos		
Orden	Ítem	Costo
6	Subtotal 6	\$12.409,62
7	Subtotal 7	\$9.250,00
8	Subtotal 8	\$465,00
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		\$22.124,62
COSTO TOTAL SIN IVA		\$161.352,93

Nota: Elaboración Propia.

VAN & TIR

Este apartado consiste en medir la rentabilidad para la inversión del proyecto de reinyección de gasolina base de EP. Petroecuador, mediante el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y Período de Recuperación de la Inversión (PRI), siendo estos indicadores económicos.

Valor Actual Neto (VAN)

Es el valor actual de la ganancia después de haber recuperado la inversión, para el presente proyecto se determina un tiempo de 10 años.

- Si VAN > 0; Proyecto rentable
- Si VAN < 0; Rechazo del proyecto
- Si VAN = 0; Decisión de EP. Petroecuador

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (59)$$

VAN = Valor Presente – Inversión Inicial

Donde:

f: Flujo neto; (f = Ingresos – Costos)

t: Período (años)

lo: Inversión inicial

i: Tasa de descuento

Con una inversión inicial de 180.715,28 dólares americanos incluido IVA, se obtienen los flujos para el proyecto “Reinyección de Gasolina Base” en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador, considerando que la tasa de descuento para las empresas públicas del Ecuador es del 10%.

Tabla 43

Flujos Monetarios Reinyección EP. Petroecuador

Año	Ingresos	Costos Operativos	Flujo Neto	Valor Presente	VAN Acumulado
0	OYAMBARO (Inversión)		-\$180.715,28	-\$180.715,28	-\$180.715,28
1	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$41.743,87	-\$138.971,41
2	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$37.948,98	-\$101.022,43
3	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$34.499,07	-\$66.523,36
4	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$31.362,79	-\$35.160,57
5	\$113.510,94	\$46.529,73	\$66.981,21	\$41.590,06	\$6.429,49
6	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$25.919,66	\$32.349,15
7	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$23.563,33	\$55.912,48
8	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$21.421,21	\$77.333,68
9	\$74.814,26	\$28.896,00	\$45.918,26	\$19.473,82	\$96.807,51
10	\$74.814,26	\$46.529,73	\$28.284,53	\$10.904,91	\$107.712,42
TOTAL	\$786.839,28	\$324.227,46	\$462.611,82	\$107.712,42	

Nota: Elaboración Propia.

Aplicando las fórmulas del programa Excel y validando con la ecuación (59), se obtiene un Valor Actual Neto de 107.712,42 dólares americanos.

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa porcentual de beneficio o pérdida que tendrá el capital invertido en el proyecto, tomando su valor cuando VAN se iguala a 0.

- Si $TIR > i$; Realizar inversión
- Si $TIR < i$; Rechazo de inversión
- Si $TIR = i$; Umbral del 10%

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{f_t}{(1 + TIR)^t} - I_0 \quad (60)$$

Donde:

f: Flujo neto; (f = Ingresos – Costos)

t: Período (años)

lo: Inversión inicial

TIR: Tasa interna de retorno

Período de Recuperación de la Inversión (PRI)

Predice el tiempo en que la inversión inicial será recuperada.

$$PRI = A + \left| \frac{I_{i-1}}{f_i} \right| \quad (61)$$

$$I_i = -I_0 + f_i$$

$$I_i = -I_{i-1} + f_i$$

Donde:

A: Año inmediato anterior en que se recupera la inversión (Cambio de signo)

lo: Inversión inicial

f: Flujo neto

li: Inversión transitoria

i: Período (años)

Utilizando la información de la tabla 43, las fórmulas del programa Excel y validando sus respuestas con la ecuación (60 y 61) se obtiene la Tasa Interna de Retorno y el Período de Recuperación de la Inversión.

Tabla 44

Resultados del VAN, TIR y PRI

VAN	TIR	PRI
107.712,42 dólares	22.82%	1436 días

Nota: Elaboración Propia.

La realización del proyecto es factible considerando los resultados de la tabla 44.

Capítulo VII. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La ingeniería desarrollada en este proyecto permite eliminar el uso de autotanques para el transporte y su custodia militar, mediante un sistema de alta presión para la reinyección de las interfaces recuperadas de gasolina base al poliducto Shushufindi – Quito en el Terminal Oyambaro de EP. Petroecuador.
- Se identificaron y validaron las restricciones de diseño por parte de EP. Petroecuador en la Ingeniería Conceptual, mediante la toma de datos con transmisores de presión, movimiento de producto con ayuda del departamento TICs, ubicación geográfica actualizada mediante puntos monumentados y propiedades de la gasolina base resultantes del informe de laboratorio de ensayos, siendo necesario una tasa de flujo mayor a 1250 l/h, temperatura de diseño de 117.64 °F, presión a vencer en el Poliducto SH-Q de 1300 psi, caudal del Poliducto SH-Q de 10800 Bls/día, tiempo de partida promedio en el Poliducto SH-Q de 22 horas y un MOPRO de 57 m^3 mensuales.
- Se elaboró el Piping Class (Documento de Clases y Especificaciones de Tubería) para el Terminal Oyambaro, que contiene la nomenclatura de equipos, válvulas y líneas de proceso, actualizando los códigos del fluido y la clasificación de presión nominal, de esta manera se garantiza la óptima procura y construcción de materiales en la ingeniería.
- Una vez realizada la identificación de los criterios del cliente, mediante la matriz de selección bomba hidráulica (Tabla 24), se escogió la bomba dosificadora marca Milton Roy – Serie PrimeRoyal R, para cumplir las condiciones de alta presión, menor costo y una tasa de flujo pequeña con valores de 2002 psi, \$63.700,93 y 1328 l/h respectivamente; la cual permite transferir la gasolina

base del Tanque Slop hacia el Terminal de Productos Limpios El Beaterio a través del Poliducto SH-Q.

- En la Ingeniería Básica después de analizar los parámetros de diseño del sistema de alta presión, para efectuar la adecuada transferencia de custodia entre el Terminal Oyambaro y el Terminal de Productos Limpios El Beaterio, se utilizará el “Procedimiento Estándar para la Medición Manual de Petróleo y productos de Petróleo” MPMS 3.1A, por el método de aforo (sondeo).
- Se generó una nube de puntos texturizada debido a la emergencia sanitaria a causa del “Covid-19”, ocupando la tecnología escáner láser Focus3D de la marca FARO, estación total (RTK) y vuelo de dron, el cual permitió obtener una realidad aumentada y un levantamiento en campo del Terminal Oyambaro con una precisión de ± 1 mm para efectuar el modelado 3D y generación de maqueta inteligente.
- La línea de succión 030004-4”-GB-BC1-0002, se diseñó con diámetros mixtos de cuatro y dos pulgadas para evitar que la bomba dosificadora cavite, con una velocidad de ingreso de 0.256 m/s para el diámetro de 2 pulgadas cédula 160, de esta manera el NPSH disponible es mayor que el NPSH requerido con valores de 6.333 m y 5.326 m respectivamente, los resultados se determinaron mediante las ecuaciones (18, 28 y 34).
- La línea de descarga 030110-1”-GB-EC1-0001, con una velocidad de 1.1 m/s, presión de diseño de 2202.2 psi y temperatura de diseño de 117.64°F, en una distancia de 88.5 metros desde la bomba dosificadora hasta el Poliducto SH-Q ti-en 03, se diseñó bajo ASME B31.3 obteniendo una tubería de NPS 1”, espesor 0.25”, Sch.160 y material ASTM 106 Gr. B la cual cumple con el Piping Class de

EP. Petroecuador (Terminal Oyambaro) y se encuentra disponible en el mercado ecuatoriano.

- En la Ingeniería de Detalle se contemplan las Bases y Criterios de Diseño, cálculos hidráulicos y mecánicos, donde se obtiene el espesor de la pared en tuberías, dimensionamiento de accesorios y cédula para el material, todos los planos de ingeniería (entregables) fueron desarrollados y aprobados para construcción, también se determinó la cantidad de personal utilizado, lista de materiales, equipos, consumibles y programas.
- Para realizar el proyecto se obtuvo una inversión inicial de \$180.715,28, con un período de 10 años se obtiene un VAN positivo de \$107.712,42, un TIR del 22.82% que indica que es altamente rentable, por consecuencia se supera el requisito de las empresas públicas del Ecuador con una tasa mayor al 10%, donde el período de recuperación de la inversión se completa a los 1436 días de la puesta en marcha.

Recomendaciones

- Se debe validar el Piping Class con los resultados obtenidos por las normas ASME B31 "Diseño de Sistemas de Tuberías", que manejen temperaturas y presiones de diseño que se encuentren en el límite para un cambio de SPEC (Clasificación de presión nominal).
- Para obtener el NPSH requerido en una bomba dosificadora, se debe solicitar al fabricante la ecuación de la misma ya que involucran variables como longitud de tubería (succión) y cadencia (pulsaciones), a diferencia de una bomba centrífuga donde toda esta información se encuentra en la gráfica de rendimientos.

- Las pruebas, END y especificación de soldadura, deben ser realizadas de acuerdo a los procedimientos vigentes por parte de EP. Petroecuador, además de normas que rigen el proyecto y fiscalizada por una compañía terciaria.
- Todos los planos de ingeniería deben estar georreferenciados y sus entregables (.dwg) salvados en versiones anteriores, con el fin de utilizarlos en adecuaciones futuras para la mejora continua de las empresas públicas y privadas.
- Todos los proyectos que se realicen a futuro en Ecuador, deben optar por el uso de una metodología BIM, incitando una cultura colaborativa de personas y softwares, que mejore el proceso de diseño (modelado), para aumentar rendimientos y reducir costos mediante la comprobación rápida de interferencias y generación automática de la documentación (planos).

Referencias

- Agencia de Control y Regulación Hidrocarburífero. (2016). Tecnologías para la medición dinámica de Hidrocarburos. Líquidos en transferencia de custodia. *Recurso La Revista Hidrocarburífera del Ecuador*, 67.
- American Petroleum Institute. (2012). *Manual of petroleum measurement standards Cap 2.2A*. Washington: API.
- American Petroleum Institute. (2013). *Manual de estándares de medición de petróleo Cap 3.1A*. Washington: API.
- American Society for Testing and Materials. (2000). *Viscosidad cinemática de fluidos transparentes. opacos y cálculos de viscosidad dinámica ASTM D445-15*. Pensilvania: U.S.A.
- American Society for Testing and Materials. (2005). *Método de Prueba Estándar para Densidad, Densidad Relativa, Gravedad API del Petróleo y Productos Líquidos de Petróleo ASTM D-1298*. Pensilvania: U.S.A.
- American Society of Mechanical Engineers. (2018). *Process Piping*. New York: U.S.A.
- American Society of Mechanical Engineers. (2019). *Pipeline Transportation Systems for Liquids and Slurries*. New York: U.S.A.
- American Society of Mechanical Engineers. (2015). *ASME Boiler and Pressure Vessel Committee on Materials*. New York: Thomson Scientific.
- Autodesk Inc. (2020). *Autocad Plant 3D*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/autocad/included-toolsets/autocad-plant-3d>
- Autodesk Inc. (2021). *Recap Pro*. Obtenido de <https://www.autodesk.com/products/recap/overview?term=1-YEAR>

- Cengel, Y., & Cimbala, J. (2006). *Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones* (Primera ed.). México: McGraw-Hill.
- Dany, Y. (2013). *Análisis del estado técnico operativo del Terminal de GLP de Oyambaro de EP. Petroecuador*. Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica Equinoccial, Ciencias de la Ingeniería, Quito.
- Díez, P. F. (2000). *Turbinas Hidráulicas*. Obtenido de <http://libros.redsauce.net>
- Ecopetrol . (2013). *Manual de medición de hidrocarburos y biocombustibles* . Bogotá: Corporativo de normas y estándares.
- Emerson. (2017). *La guía del ingeniero para medición de tanques* . Texas.
- Emica Pumps. (2021). *Soluciones de bombeo*. Vizcaya.
- EP. Petroecuador. (2020). *Informe Estadístico*. Quito: Publicaciones Subgerencia de Planificación y Control de Gestión.
- EP.Petroecuador. (2019). *Balance de Movimiento de Productos*. Quito.
- EP.Petroecuador. (2019). *EP. Petroecuador, Misión, Visión, y Valores*. Obtenido de <https://www.eppetroecuador.ec/?p=3729>
- Gerencia de Comercialización Nacional EP. Petroecuador. (2019). *Precios de venta a nivel de terminal para las comercializadoras calificadas y autorizadas a nivel nacional*. Quito.
- Giles, R. V. (1994). *Mecánica de los Fluidos e Hidráulica* (Tercera ed.). México: McGraw-Hill.
- Idealex.press. (2018). *Upstream, Midstream y Downstream, tres conceptos que debes manejar en Oil & Gas*. Obtenido de <https://idealex.press/upstream-midsteam-y-downstrem-tres-conceptos-que-debes-manejar-en-oil-gas/>
- Impoferri. (2019). *Importadora Ferretera Industrial*. Obtenido de Catálogo de productos: <https://imporferri.com/>

- McCabe, W., Smith, J., & Harriott, P. (1998). *Operaciones unitarias en Ingeniería Química* (Cuarta ed.). Madrid: Mc Graw Hill.
- Megyesy, E. (2008). *Pressure Vessel Handbook*. Oklahoma: PV Publishing Inc.
- Milton Roy. (2019). *Ficha Técnica Dosing Pump*. Pont Sant Pierre.
- Milton Roy. (2020). *Milton Roy Tecnología de bombas dosificadoras*. Obtenido de <http://www.venkom.com.mx/catalogos/mroy.pdf>
- Milton Roy. (2021). *Primeroyal Series Metering Pumps*. USA: Milton Roy LLC.
- Moncada, D. (2012). *CIATEQ*. Obtenido de Evaluación de sistemas de medición de flujo: <https://es.slideshare.net/PilarCortes2/25-evolucion-de-sistemas-de-medicion-de-flujo-ciateq>
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de fluidos* (Sexta ed.). México: Pearson.
- Mott, R., & Untener, J. (2015). *Applied Fluid Mechanics* (Seventh ed.). Dayton: Pearson Education.
- Ochoa, K. (2018). *Estudio de las pérdidas energéticas en el poliducto Shushufindi-Quito y su influencia sobre las propiedades del GLP*. Tesis de Pregrado, Escuela Politécnica Nacional, Ingeniería Química y Agroindustria, Quito.
- Oscullo, D. (2015). *Ingeniería conceptual, básica y de detalle de una red de ductos entre plataformas petroleras bajo la norma ASME B31.4*. Sangolqui.
- Pozo, K. E. (2018). *Estudio de las pérdidas energéticas en el poliducto Shushufindi-Quito y su influencia sobre las propiedades del GPS*. Quito.
- Sherwood, D., & Whistance, D. (1976). *The Piping Guide*. New York: American Society of Mechanical Engineers.
- TechnipFMC. (2018). *2" Steel Model C2 Specifications*. Houston.

The American Society of Mechanical Engineers. (2017). *Forged fittings socket-welding and threaded*. New York.

Zubicaray , M., & Álvarez , J. (2003). *Bombas Teoría, Diseño y Aplicaciones* (Tercera ed.). Limusa: Noriega.

Anexos