

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño, modelado, metodología de fabricación de un tanque de almacenamiento con un sistema de control y distribución de gasolina”

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Mecánico**

Presentado por:

Pilozo Solís Erwin Mauricio

Romero Lara Víctor Andrés

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto lo dedico primero a Dios por permitir cumplir unos de mis objetivos que tiene el ser humano en su desarrollo y vida estudiantil como el obtener un título profesional. A mi madre Magda Lara y mi padre Alfredo Romero, por darme la oportunidad de prepararme que siempre con sus fuerzas, aliento y apoyo generaron energías positivas para que todo se haya logrado con éxito.

También quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento a mi pareja Tatiana Velásquez quien supo darme energías, fuerza como aliento para seguir adelante, finalmente a mi hija Dasha Romero que es y será el motor para seguir en mi vida profesional.

**VICTOR ANDRES ROMERO LARA**

El presente trabajo se lo dedico a mi madre, Roció Solís M, por sus consejos, su apoyo y por inculcar en mí, perseverancia y esfuerzo, cualidades que me han ayudado a seguir adelante, y por siempre decirme que no tema a las adversidades. Familiares, que siempre han tenido palabras de aliento en momentos difíciles. Y a “desconocidos” que me ayudaron en momentos de dificultades durante toda mi etapa de formación profesional.

**ERWIN MAURICIO PILOZO SOLIS**

## **AGRADECIMIENTO**

Mi más sincero agradecimiento a mi familia, por su comprensión y estímulo constante, además de su apoyo incondicional a lo largo de mis estudios.

A mis tutores de tesis Ing. Jonathan León y Freddy Jervis, quienes me brindaron su valiosa orientación y guía en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A mi amigo Pilozo Erwin que es mi compañero de tesis, por los ánimos como también en las comunicaciones realizadas logramos culminar el proyecto.

**VICTOR ANDRES ROMERO LARA**

A todas las personas que de uno u otro modo colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente a los tutores de este trabajo los Ing. Jonathan León y Freddy Jervis, por haberme apoyado y aconsejado, también por compartir sus conocimientos y su paciencia para poder culminar con esta etapa importante en mi vida.

**ERWIN MAURICIO PILOZO SOLIS**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Romero Lara Víctor Andrés y Pilozo Solís Erwin Mauricio* y damos consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Romero Lara  
Víctor Andrés



Piloza Solís  
Erwin Mauricio

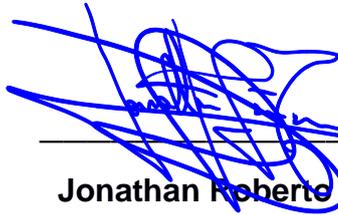
# EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
MIGUEL ANGEL  
QUILAMBAQUI  
JARA

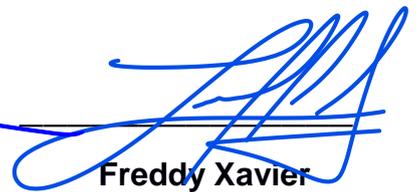
---

**Miguel Ángel**  
**Quilambaqui Jara**  
PROFESOR DE LA MATERIA



---

**Jonathan Roberto**  
**León Torres**  
PROFESOR TUTOR



---

**Freddy Xavier**  
**Jervis Calle**  
PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El presente proyecto pretende establecer una manera de almacenar y abastecer combustible en la isla Quiñonez, ya que por lo general se lo realiza por medio de bidones, los cuales se acumulan en cierto sector de la isla. Debido a la acumulación de estos pequeños recipientes, puede haber gran probabilidad de generar incendios en los alrededores. Teniendo como eje principal el diseño de un tanque de almacenamiento de combustible con su respectivo sistema de distribución para despachos de pequeños yates.

Para ello se realizó una investigación de los posibles artículos académicos y de mercado que intervienen en el diseño de tanques con el sistema de distribución, entre los cuales en este proyecto se utilizaron en su mayoría: API 650 y ASME (VIII, B31.4 y B16.5). Con todo esto se obtuvo que el tanque en su totalidad fue diseñado con acero al carbono, y que el conjunto bomba-motor para el sistema de distribución cumple con tener un sistema antiexplosivo.

Finalmente se tiene el diseño de un tanque horizontal para almacenamiento y distribución de 3700 galones de gasolina, con carga hasta 90 GPM y descarga hasta 15 GPM, además tomando en cuenta los factores ambientales, en caso de fuga de gasolina, toda la presente construcción estará contenida en un duque de 5x5x1.2m.

**Palabras Clave:** Tanque de almacenamiento, Gasolina, Sistema de distribución, acero al carbono.

## **ABSTRACT**

*This project aims to establish a way of storing and supplying fuel on Quiñonez Island, since it is usually done through drums, which are accumulated in a certain sector of the island. Due to the accumulation of these small containers, there may be a great probability of starting fires in the surroundings. Having as the main axis the design of a fuel storage tank with its respective distribution system for small yacht dispatches.*

*For this, an investigation was carried out of the possible academic and market articles that intervene in the design of tanks with the distribution system, among which in this project the majority were used: API 650 and ASME (VIII, B31.4, and B16.5). With all this, it was obtained that the entire tank was designed with carbon steel, and that the pump-motor assembly for the distribution system complies with having an anti-explosive system.*

*Finally, there is the design of a horizontal tank for storage and distribution of 3700 gallons of gasoline, with loading up to 90 GPM and unloading up to 15 GPM, also taking into account environmental factors, in case of gasoline leakage, all this construction will be contained in a 5x5x1.2m duke.*

**Key Words:** *Storage tank, Gasoline, Distribution system, carbon steel.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
ÍNDICE GENERAL .....	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Definición del Problema .....	1
1.2. Justificación del proyecto .....	1
1.3. Objetivos .....	2
1.3.1. Objetivo General .....	2
1.3.2. Objetivos Específicos .....	2
1.4. Marco teórico .....	2
1.4.1. Depósitos de almacenamiento .....	2
1.4.2. Fallos estructurales en depósitos .....	5
1.4.3. Teoría de láminas.....	7
1.4.3.1. Teoría de membranal.....	8
1.4.4. Normas aplicables para tanques de almacenamiento.....	8
1.4.5. Materiales para la fabricación de tanques de almacenamiento.....	9
1.4.6. Soldadura en la fabricación de tanques de almacenamiento .....	10
1.4.7. Inspección en tanques por ensayos no destructivos .....	10
1.4.8. Sistemas de bombeo.....	11
1.4.8.1. Tipos de bombas.....	11

1.4.8.2.	Punto de operación .....	12
1.4.8.3.	NPSH .....	12
1.4.9.	Flujo en tuberías.....	13
1.4.9.1.	Pérdidas lineales.....	13
1.4.9.2.	Pérdidas singulares.....	13
1.4.9.3.	Materiales .....	13
1.4.10.	Válvulas.....	13
1.4.10.1.	Tipos de válvulas .....	13
1.4.10.2.	Coeficiente de perdidas .....	14
1.4.10.3.	Cavitación en válvulas .....	14
CAPÍTULO 2.....		15
2.	METODOLOGÍA .....	15
2.1.	Requerimientos del diseño.....	15
2.2.	Diseño de forma.....	15
2.2.1.	Alternativas del tanque de almacenamiento.....	15
2.2.2.	Alternativas del sistema de distribución.....	17
2.3.	Selección de diseño .....	19
2.3.1.	Los criterios de selección .....	19
2.3.2.	Selección de tanque de almacenamiento.....	21
2.3.3.	Selección del sistema de distribución.....	21
2.4.	Selección de materiales .....	22
2.4.1.	Los criterios de selección .....	22
2.4.2.	Alternativas de material para el tanque de almacenamiento .....	23
2.4.3.	Selección del material para el tanque de almacenamiento .....	23
2.4.4.	Alternativas de material para la tubería del sistema de distribución ....	24
2.4.5.	Selección de material para la tubería del sistema de distribución .....	24
2.5.	Cálculos de diseño.....	25

2.5.1.	Diseño del tanque de almacenamiento de gasolina .....	25
2.5.1.1.	Determinación del espesor de la pared del tanque de gasolina.....	25
2.5.1.2.	Cálculo del volumen del tanque, parte cilíndrica .....	26
2.5.1.3.	Cálculo de la altura o nivel de gasolina en el tanque .....	26
2.5.1.4.	Cálculo del espesor de la pared del tanque .....	28
2.5.1.5.	Diseño de la tapa del tanque .....	29
2.5.1.6.	Cálculo de la presión del anillo del tanque.....	31
2.5.1.7.	Aplicación de elementos finitos en el tanque de almacenamiento ...	32
2.5.1.8.	Diseño del manhole del tanque.....	34
2.5.1.9.	Diseño y selección de boquilla y brida .....	35
2.5.1.10.	Diseño del respiradero o venteo .....	37
2.5.1.11.	Diseño de la oreja de izaje .....	37
2.5.1.12.	Cálculos térmicos del tanque de almacenamiento de gasolina.....	39
2.5.2.	Diseño del sistema de distribución .....	42
2.5.2.1.	Cálculo de la capacidad de la bomba .....	42
2.5.2.2.	Cálculo del cabezal de la red de bombeo .....	42
2.5.2.3.	Cálculo de la potencia de la gasolina.....	47
2.5.2.4.	Cálculo de la potencia de freno.....	47
2.5.2.5.	Selección del motor en la carga y descarga .....	47
2.5.2.6.	Eficiencia de la bomba .....	48
2.5.2.7.	Cálculo del NPSH .....	48
2.5.3.	Sistema de control para carga y descarga .....	49
2.5.4.	Ensamble del tanque y sistema de distribución.....	51
2.5.5.	Simulación con software del tanque y sistema de distribución.....	52
CAPÍTULO 3.....		58
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	58
3.1.	Requerimientos del diseño.....	58

3.2.	Sistema de distribución y control.....	59
3.2.1.	Sistema de distribución .....	59
3.2.2.	Sistema de control.....	60
3.3.	Metodología de fabricación del tanque de almacenamiento .....	60
3.4.	Selección de inspección de prueba de ensayos no destructivos .....	64
3.4.1.	Ensayo no destructivo usando tinta penetrante.....	64
3.5.	Limpieza superficial y pintura .....	65
3.6.	Seguridad en el tanque de almacenamiento .....	66
3.6.1.	Rótulos de peligro .....	66
3.7.	Mantenimiento del tanque y el sistema de distribución .....	68
3.8.	Problemas añadidos al tanque sobre el ecosistema .....	72
CAPÍTULO 4.....		75
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
4.1.	Conclusiones.....	75
4.2.	Recomendaciones .....	76

## BIBLIOGRAFÍA

## APÉNDICES

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
CAD	Computer Aided Design
API	American Petroleum Institute
AISI	American Iron and Steel Institute
SMAW	Shield Metal Arc Welding
TIG	Tungsten Inert Gas
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding
MIG	Metal Inert Gas
GMAW	Gas Metal Arc Welding
NPSH	Net Positive Suction Head
PVC	Polyvinyl chloride
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ASME	American Society of Mechanical Engineers
NPS	Net Promoter Score
BHP	Boiler Horsepower
RPM	Revolución Por Minuto
PSI	Pounds-Force per Square Inch
GPM	Galones Por Minuto
NFPA	National Fire Protection Association

## SIMBOLOGÍA

m	Metro
KPa	Kilo Pascal
bbls	Barriles
Q	Caudal
H <sub>ump</sub>	Cabezal de succión
Pot	Potencia
V <sub>c</sub>	Volumen del cuerpo
r	Radio del tanque
L	Longitud del tanque
H	Nivel del tanque
$t_s$	Espesor del cilindro
P	Presión atmosférica.
S	Esfuerzo máximo del acero al carbono
E	Eficiencia
mm	Milímetros
$\rho_g$	Densidad gasolina
$A_s$	Área superficial del tanque
$K_{aire}$	Conductividad térmica del aire
$\nu_{aire}$	Viscosidad cinemática del aire
$\alpha_{aire}$	Difusividad térmica del aire
$Pr$	Numero de Prandalt
$\sigma$	Constante de Stefan-Boltzmann
$T_{alr}$	Temperatura de los alrededores
$T_{inf}$	Temperatura ambiente
$\varepsilon_{pintura\ gris}$	Emisividad de la pintura gris
$\alpha_s$	Absortividad solar de la pintura gris
G <sub>s</sub>	Irradiación solar
Nu	Número de Nusselt
Ra	Número de Rayleigh
h <sub>prom</sub>	Coeficiente de convección promedio
$K_{aire}$	Conductividad térmica del metal
$T_{s2}$	Temperatura superficial exterior

$T_{s1}$	Temperatura superficial interior
$v$	Velocidad del fluido
$A$	Área transversal de la tubería
$\rho_a$	Densidad aire
$g$	Gravedad
$f$	Factor de fricción
$K$	Perdidas de accesorios
$H_{LT}$	Pérdidas totales
$P_1$	Presión el punto más bajo a nivel del suelo
$P_2$	Presion el punto más alto a nivel del suelo
$\eta$	Eficiencia de la bomba
$NPSHA$	Carga de succión neta positiva disponible
$P_{vapor}$	Presion de vapor gasolina
$t$	tiempo de recorrido desde la bomba hasta la línea de descarga
$^{\circ}C$	grados centígrados

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Depósito cilíndrico vertical, fondo cónico.....	3
Figura 1.2 Depósito cilíndrico vertical, fondo plano. ....	3
Figura 1.3 Depósito esférico.....	4
Figura 1.4 Depósito cilíndrico Horizontal. ....	4
Figura 1.5 Partes de un tanque API 650. ....	4
Figura 1.6 Fallo por soldadura.....	5
Figura 1.7 Fallo por dimensionamiento incorrecto.....	6
Figura 1.8 Fallo por deslizamientos de tierra.....	6
Figura 1.9 Fallo por Corrosión. ....	6
Figura 1.10 Fallo por Cimentación.....	7
Figura 1.11 Esfuerzos internos.....	7
Figura 1.12 Condiciones del comportamiento no membranar.....	8
Figura 1.13 Punto de operación bomba-sistema. ....	12
Figura 2.1 Tanque de almacenamiento vertical.....	16
Figura 2.2 Tanque de almacenamiento horizontal.....	16
Figura 2.3 Tanque de almacenamiento esférico.....	17
Figura 2.4 Sistema de distribución 1. ....	18
Figura 2.5 Sistema de distribución 2. ....	18
Figura 2.6 Sistema de distribución 3. ....	19
Figura 2.7 Esquema del nivel de gasolina.....	26
Figura 2.8 Vista frontal del tanque con el nivel de gasolina.....	27
Figura 2.9 Tipos de tapas en tanque de almacenamiento horizontal. ....	30
Figura 2.10 Tapa plana con cejas. ....	30
Figura 2.11 Medición del anillo del tanque de almacenamiento. ....	31
Figura 2.12 Simulación del tanque de almacenamiento. ....	32
Figura 2.13 Tensión máxima. ....	32
Figura 2.14 Presión máxima en el tanque. ....	33
Figura 2.15 Deformación equivalente que se ejerce en el tanque.....	33
Figura 2.16 Desplazamiento del tanque. ....	33
Figura 2.17 Plano de la brida.....	36
Figura 2.18 Masa total del tanque de almacenamiento de gasolina.....	38
Figura 2.19 Tanque horizontal de almacenamiento de gasolina. ....	39

Figura 2.20 Modelo de interacciones de la pared del tanque de almacenamiento.....	39
Figura 2.21 Diagrama del sistema de carga.....	42
Figura 2.22 Curva de operación de bomba maraca EBARA para carga.....	44
Figura 2.23 Diagrama del sistema de descarga.....	45
Figura 2.24 Motor antiexplosivo THOMPSON.....	48
Figura 2.25 Válvula de control de flujo SINGER 106 RF.....	50
Figura 2.26 Vista Isométrica del Tanque y distribución de gasolina.....	51
Figura 2.27 Vista frontal del Tanque y distribución de gasolina.....	51
Figura 2.28 Vista superior del Tanque y distribución de gasolina.....	52
Figura 2.29 Diagrama del tanque y caudales del sistema de distribución.....	52
Figura 2.30 Diagrama de bloque de la carga del tanque de almacenamiento.....	53
Figura 2.31 Condiciones iniciales para el sistema de carga.....	54
Figura 2.32 Llenado del tanque de almacenamiento. V vs t.....	54
Figura 2.33 Llenado del tanque de almacenamiento. V vs h.....	55
Figura 2.34 Comparación del tiempo y altura de carga del tanque.....	55
Figura 2.35 Diagrama de bloque para el llenado del tanque de un yate.....	56
Figura 2.36 Condiciones iniciales para el llenado del tanque de un yate.....	56
Figura 2.37 Llegada de la gasolina al tanque del yate. q vs t.....	57
Figura 2.38 Llenado del tanque del yate. V vs t.....	57
Figura 3.1 Casquetes del tanque de almacenamiento.....	61
Figura 3.2 Anillos del tanque de almacenamiento.....	62
Figura 3.3 Bisel.....	62
Figura 3.4 Soldadura con proceso MIG.....	62
Figura 3.5 Escotilla o Manhole.....	63
Figura 3.6 Válvula de entrada.....	63
Figura 3.7 Aplicación de grata en las soldaduras del tanque de almacenamiento.....	63
Figura 3.8 Procedimiento final de la aplicación de tinta penetrante.....	64
Figura 3.9 Aplicación de tinta penetrante.....	64
Figura 3.10 Aplicación de granallado al tanque de almacenamiento.....	65
Figura 3.11 Jet Jethane Gal Gris Ral 7035.....	65
Figura 3.12 Jet Duramastic 2 Catalizador.....	65
Figura 3.13 Simbología de riegos.....	66
Figura 3.14 Señales de NFPA704.....	66

Figura 3.15 Rotulación de peligro.....67

Figura 3.16 Tanque de almacenamiento y sistema de distribución.....67

Figura 3.17 Aplicación de inspección al sistema. ....69

Figura 3.18 Enfoque a inspección a tuberías y válvulas del sistema de distribución.....69

Figura 3.19 Ubicación de la instalación del tanque y sistema de distribución. ....72

Figura 3.20 Cubeto.....73

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Código y especificaciones. ....	9
Tabla 1.2 Normas. ....	9
Tabla 1.3 Ventajas y desventaja de soldaduras en tanque de almacenamiento. ....	10
Tabla 1.4 Tipos de inspección en un tanque de almacenamiento. ....	11
Tabla 2.1 Matriz de ponderación para selección de diseño. ....	20
Tabla 2.2 Matriz de selección del tanque de almacenamiento. ....	21
Tabla 2.3 Matriz de selección del sistema de distribución. ....	21
Tabla 2.4 Matriz de ponderación para selección de diseño. ....	22
Tabla 2.5 Matriz de selección del material para el tanque de almacenamiento. ....	23
Tabla 2.6 Características de materiales para tubería del sistema de distribución. ....	24
Tabla 2.7 Matriz de selección de material para tubería del sistema de distribución. ....	24
Tabla 2.8 Dimensiones Típicas y Capacidad Nominal. ....	25
Tabla 2.9 Espesor de la plancha. ....	29
Tabla 2.10 Dimensiones para Entrada de hombre en tanque. ....	34
Tabla 2.11 Dimensiones para Boquilla en mm. ....	35
Tabla 2.12 Dimensiones de la brida. ....	36
Tabla 2.13 Dimensión del respiradero en mm. ....	37
Tabla 2.14 Dimensión de las orejas de izaje en pulgadas. ....	38
Tabla 2.15 Parámetros para selección de válvula de control. ....	49
Tabla 2.16 Rangos de presión en psi. ....	50
Tabla 2.17 Rangos de Caudal y diámetros de tuberías. ....	50
Tabla 3.1 Características del tanque de almacenamiento. ....	58
Tabla 3.2 Características del sistema de distribución: carga y descarga. ....	59
Tabla 3.3 Costo total de fabricación del tanque y sistema de distribución. ....	71
Tabla 3.4 Costo del mantenimiento preventivo. ....	72

## ÍNDICE DE PLANOS

- PLANO 1 Tanque de almacenamiento de gasolina.
- PLANO 2 Tapa del anillo del tanque de almacenamiento de gasolina.
- PLANO 3 Componentes del tanque de almacenamiento de gasolina.
- PLANO 4 Sistema de distribución descarga vista isométrica.
- PLANO 5 Sistema de distribución descarga vista de mediciones.
- PLANO 6 Sistema de distribución carga vista isométrica.
- PLANO 7 Sistema de distribución carga vista de mediciones.
- PLANO 8 Sistema de distribución carga descripción.
- PLANO 9 Sistema de distribución descarga descripción.
- PLANO 10 Tanque de almacenamiento de gasolina y sistema de distribución.

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Para poder almacenar líquidos que son inflamables de manera segura es de vital importancia almacenarlos en un contenedor seguro, de este modo en este documento tomaremos en cuenta el diseño de un tanque de almacenamiento de gasolina con sus sistemas de distribución como también la metodología de la fabricación, para así poder reemplazar los galones de gasolina que se acumulaban y se usaba para el abastecimiento de combustible, aplicando los estándares correspondiente para el diseño de cada elemento, estos estándares se aplican para que la construcción sea seguro y confiable del contenedor de gasolina, estos combustibles son aplicado en el abastecimiento de los pequeños yates en la isla de lo Quiñones.

### 1.1. Definición del Problema

En el ámbito del transporte de yates para la camaronera en la isla de los Quiñones, uno de los problemas más frecuente es en la manera de abastecer el combustible, el cual se lo realiza por bidones y galones de gasolina que se lo acumulan en un cierto sector de la isla.

Estos producen las sobredemandas, debido a la acumulación que se debe de tener en pequeños recipientes y grandes cantidades de los mismo, generando una gran probabilidad de generar incendios en los alrededores.

De este modo se considera el diseño y modelado de un tanque de almacenamiento de gasolina como también su sistema de distribución (abastecimiento y descarga) de gasolina, mostrando la capacidad en la que se tendrá como sus respectivas normas para que sea seguro y confiable.

### 1.2. Justificación del proyecto

Es importante tener en cuenta el ahorro que se tendrá al tener un tanque de almacenamiento de gasolina, porque en la actualidad se abastecen con pequeños galones de gasolina que se lo acumula en un sector, esto aparte de

ser inseguro toma tiempo y dinero en transportarlo y tenerlo en stock, generando en posibles accidentes. Para esto al diseñar un tanque de almacenamiento de gasolina, a largo plazo se generaría un ahorro en la economía, así como también es una manera más segura eficiente y confiable de almacenar y distribuir la gasolina, además de que beneficia en la optimización de tiempo en transportar el combustible.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar un tanque de almacenamiento como su metodología de fabricación, además de un sistema de control tipo hidráulico y distribución de gasolina para despacho de pequeños yates.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Seleccionar los elementos mínimos necesarios que componen el tanque de almacenamiento de gasolina y sus componentes.
2. Seleccionar los elementos mínimos necesarios que componen el sistema de distribución (abastecimiento y descarga de combustible) y sus componentes.
3. Diseñar a detalle los elementos estructurales mecánicos para el tanque y sistemas de distribución y su ensamble usando programa CAD.
4. Realizar un análisis económico del tanque de almacenamiento y sistema de distribución.
5. Simular la integración de todos los sistemas e instrumentos requeridos con la ayuda de un software (Matlab, Simulink o similar).
6. Identificar los problemas añadidos al tanque de almacenamiento sobre el ecosistema.
7. Seleccionar las normas aplicables para el mantenimiento del tanque de almacenamiento y el sistema de distribución.

### **1.4. Marco teórico**

#### **1.4.1. Depósitos de almacenamiento**

Los tanques de almacenamiento son estructuras que contienen un producto sólido, líquido o gas a una presión y temperaturas determinadas.

Su uso más común es en la industria de gases y petroquímicas (González, 2018).

Los tanques de almacenamiento se clasifican en:

1. Tanques Cilíndricos Horizontales: generalmente son de volúmenes relativamente bajos, debido a que presentan problemas por fallas de corte y flexión. Por lo general, se usan para almacenar volúmenes pequeños (León, 1994).
2. Los Tanques Cilíndricos Verticales: nos permiten almacenar grandes cantidades volumétricas con un costo bajo. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas (León, 1994).
3. Tanques Esféricos.

A continuación, se presentan imágenes de algunos tipos de tanques:



**Figura 1.2 Depósito cilíndrico vertical, fondo cónico (CASP, 2021).**



**Figura 1.1 Depósito cilíndrico vertical, fondo plano (CASP, 2021).**



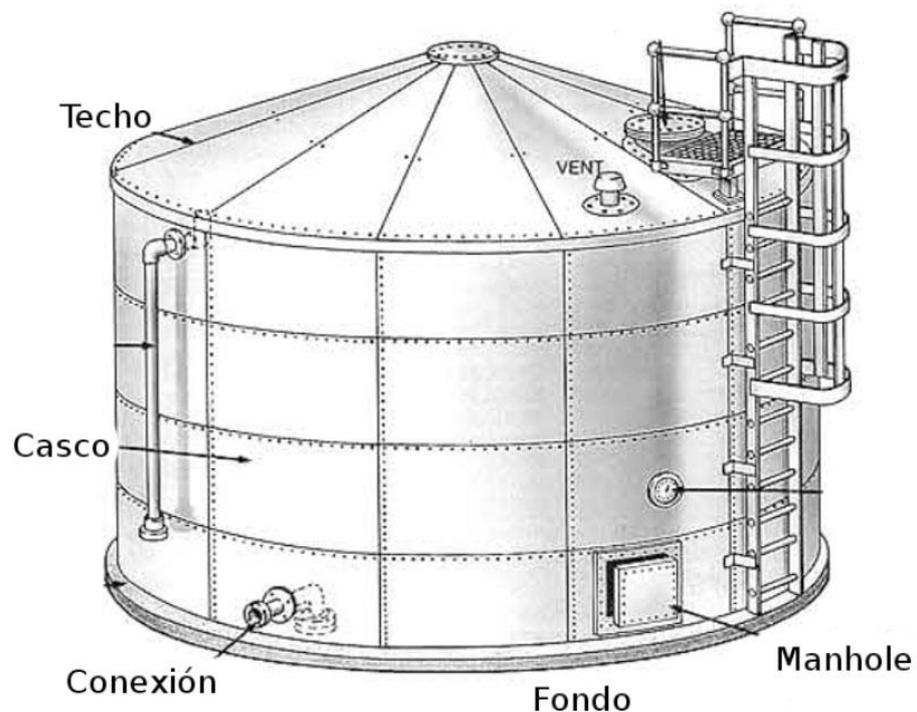
**Figura 1.3 Depósito esférico (ARHENDRIX, 2021).**



**Figura 1.4 Depósito cilíndrico Horizontal (Capurelli, 2021).**

Existen muchas partes que componen un tanque, dependiendo del producto a almacenar y las condiciones de presión y temperatura. A continuación, se mencionan las más importantes:

- Casco
- Fondo
- Techo
- Silletas
- Anillos de viento
- Conexiones



**Figura 1.5 Partes de un tanque API 650 (J2MECH, 2020).**

Para los tanques de baja presión serían tanque de almacenamiento horizontal con los cuales las partes importantes para el diseño serían:

- Cuerpo
- Casquetes
- Medidor de nivel
- Válvula de entrada y salida
- Ventilación
- Escotilla o manhole
- Soportes
- Orejas de izaje

#### **1.4.2. Fallos estructurales en depósitos**

Los fallos en los tanques son: corrosión del acero, deterioro de las paredes si son de hormigón, fluctuaciones de carga, explosión del fluido almacenado, falla interna estructural, formación de grietas, fallos en soldadura o las uniones mecánicas, terreno no uniformes o elevadas presiones de cimentación (González, 2018).

A continuación, se muestran imagen de algunos fallos que experimentan los depósitos de almacenamiento.



**Figura 1.6 Fallo por soldadura (Jaca & Godoy, 2003).**



**Figura 1.7 Fallo por dimensionamiento incorrecto (González, 2018).**



**Figura 1.8 Fallo por deslizamientos de tierra (González, 2018).**



**Figura 1.9 Fallo por Corrosión (Ellison, 2021).**



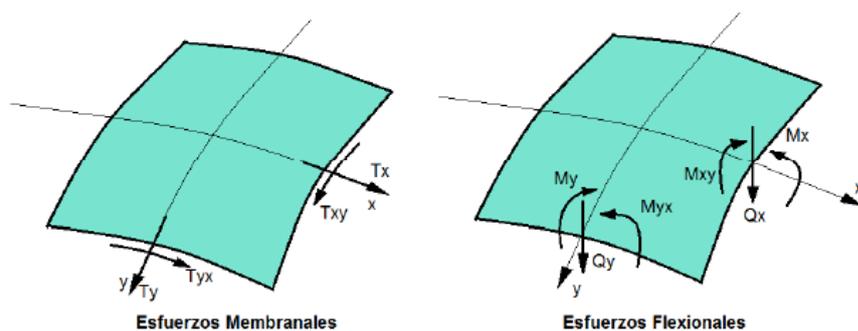
**Figura 1.10 Fallo por Cimentación (Fernandez, 2020).**

### 1.4.3. Teoría de láminas

Las placas son elementos estructurales planos con una dimensión pequeña respecto de las restantes (Riccitelli, 2016).

Entonces, la principal diferencia entre una placa y una lámina es que la superficie media de ésta no es un plano y presenta una cierta curvatura (González, 2018).

Así, una membrana es una placa muy delgada y debido a su gran elasticidad termina adaptándose de forma de cáscara de gran delgadez en comparación con sus dimensiones laterales (Pfluger, 1964).

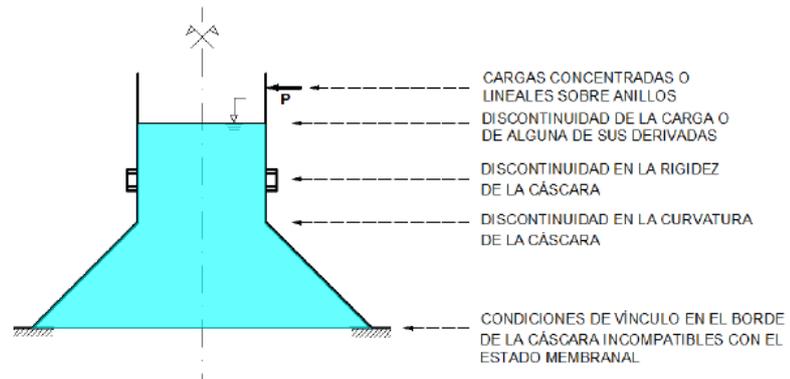


**Figura 1.11 Esfuerzos internos (Riccitelli, 2016).**

Para realizar el estudio de estos esfuerzos, las láminas se pueden equiparar a membranas, siempre que además se analicen sus acciones en el contorno por separado. Para ello, se usa la teoría membranaral junto con la teoría de flexión (González, 2018).

#### 1.4.3.1. Teoría de membranal

Esta teoría supone que los esfuerzos flexionales son nulos y sólo hay esfuerzos membranales.



**Figura 1.12 Condiciones del comportamiento no membranal (Riccitelli, 2016).**

En esta teoría además de los esfuerzos membranales, también se consideran los esfuerzos de flexión. De allí su nombre, teoría de flexión.

En aplicaciones prácticas, frecuentemente se encuentran problemas en donde una cáscara cilíndrica es sometida a las acciones de fuerzas distribuidas simétricamente respecto del eje del cilindro (Pfluger, 1964).

#### 1.4.4. Normas aplicables para tanques de almacenamiento

Existen numerosas normas aplicables para el diseño y la fabricación de un tanque de almacenamiento, en el Ecuador normalmente es usado para el diseño la norma API con lo cual nos muestra los materiales recomendable en la que se deba de usar.

Para este tipo de tanque de almacenamientos se ha usado como referencia la norma API-650 apéndice F que son para Diseños con presiones internas menores de 17 KPa (Oña & Armas, 2019).

**Tabla 1.1 Código y especificaciones (API, 1998).**

12B	Tanque que son emperrados para almacenar líquido de la producción.
12D	Tanque para almacenamiento de líquidos que son soldados con capacidad de 500 hasta un máximo de 1000 bbls.
12F	Tanque para líquidos de producción soldados con capacidad de 60 hasta 500bbls.
12P	Tanque construido de plástico con reforzamiento de fibra de vidrio.
620	Diseño y construcción de grandes tanques de almacenamiento soldados para trabajar a bajas presiones.
650	Tanques soldados de acero para almacenamiento de petróleo.
2000	Venteo de tanques de almacenamiento atmosféricos y de baja presión, ya sean refrigerados o no refrigerados.
2610	Diseño operación, mantenimiento e inspección de estaciones de tanques y terminal.
2551	Medición y calibración de tanque horizontales.
2015	Entrada y limpieza segura de tanque de almacenamiento de petróleo.

Estas normas nos muestran lo siguiente:

**Tabla 1.2 Normas (API, 1998).**

1. Alcance que se tendrá bajo la norma.
2. La referencia bajo la norma.
3. Definición y sus términos.
4. Materiales de fabricación.
5. Diseño.
6. Método de fabricación.
7. Montaje recomendado.
8. Pasos para realizar la inspección.
9. Procedimiento de la soldadura.
10. Comercialización.

#### **1.4.5. Materiales para la fabricación de tanques de almacenamiento**

Para la fabricación, se lo puede realizar con ser inoxidable inoxidables tipo AISI 304, el AISI 316, como el acero estructural naval calidad ASTM131

que es el más usado en el mercado, también se considera que los materiales deben de estar libre de contaminación a la corrosión en este tipo de material tiene una alta resistencia para que no se corroe (API, 1998).

#### 1.4.6. Soldadura en la fabricación de tanques de almacenamiento

En materiales como aceros inoxidable se puede usar estos tipos de soldaduras.

**Tabla 1.3 Ventajas y desventaja de soldaduras en tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

Proceso de soldadura	Ventajas	Desventajas
SMAW. ELECTRODO REVESTIDO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bajo costo del equipo.</li> <li>Sencillo en su uso</li> <li>Aplicable a la mayoría de las posiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>No son para espesores grandes.</li> <li>Se debe de retirar escoria.</li> </ul>
TIG o GTAW.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ideal para espesores finos.</li> <li>Brinda una soldadura de calidad y limpia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo elevado.</li> <li>Dificultad en trabajar con vientos fuertes.</li> </ul>
MIG o GMAW.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mejor calidad y comodidad.</li> <li>Se puede realizar trabajos de varias posiciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Costo elevado.</li> <li>Sistema de enfriamiento de manera rápida.</li> </ul>

#### 1.4.7. Inspección en tanques por ensayos no destructivos

Estas pruebas brindan información para poder detectar y evaluar si se presenta alguna discontinuidad, como también las variaciones y sus dimensionamientos (Canahua & Ticona, 2016).

Se mencionará las más empleadas:

**Tabla 1.4 Tipos de inspección en un tanque de almacenamiento  
(Elaboración propia).**

Tipo de inspección	Ventajas	Desventajas
MODO VISUAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene costo.</li> <li>• Se aplica en mantenimiento correctivo o preventivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere conocimiento y experiencia.</li> <li>• Solo es aplicable en la discontinuidad superficial.</li> </ul>
RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Detecta error en la fabricación.</li> <li>• Se aplica para diversos materiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere 2 horas de inspección.</li> <li>• Se requiere medidas de seguridad.</li> </ul>
TINTAS PENETRANTES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fácil en aplicar.</li> <li>• Alta sensibilidad en superficies abiertas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debe tener una limpieza previa.</li> <li>• Experiencia en su aplicación.</li> </ul>

#### **1.4.8. Sistemas de bombeo**

Es un conjunto de elementos que genera el paso correcto a través de tuberías y que también se encarga del temporal almacenamiento de un fluido en específico, de forma que satisfaga especificaciones las cuales pueden ser la de caudal y de presión, necesarias en los procesos en donde se aplicara el sistema. Entre los elementos más importantes que conforma un sistema de bombeo se encuentran: bombas, tuberías, depósitos de almacenamiento, válvulas e instrumentos para medición (Blanco, Velarde, & Fernandez, 1994).

##### **1.4.8.1. Tipos de bombas**

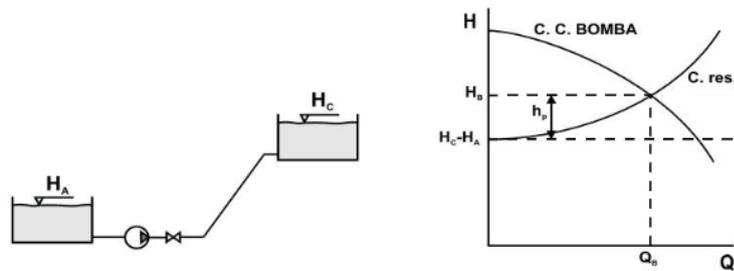
Estas se dividen en dos grandes grupos: bombas de desplazamiento positivo y bombas rotodinámicas.

Bombas de desplazamiento positivo: estas se caracterizan por su operación en volumen, es decir, son dispositivos que movilizan una determinada cantidad de volumen de fluido por unidad de tiempo, sin depender de la presión (White, 2008).

Bombas rotodinámicas: Contienen un elemento de tipo giratorio el cual imparte energía al fluido, en forma de energía cinética, esto se obtiene por el centrífugo que generan los alabes del rodete. Estas bombas se clasifican en: axial, radial y mixta (White, 2008) (White, 2008).

#### 1.4.8.2. Punto de operación

Tomando en base las bombas rotodinámicas, el caudal que se desplaza por la bomba, generara una altura de trabajo, esto está dado por la combinación bomba-sistema. El punto de operación ( $Q$ ,  $H$ , Pot) está determinado por la intersección de la curva de trabajo del sistema con la curva característica de la bomba (White, 2008).



**Figura 1.13 Punto de operación bomba-sistema (Blanco, Velarde, & Fernandez, 1994).**

Cuando el fluido ingresa en el rodete de la bomba se genera una aceleración, y si la presión es lo suficientemente baja, esto producirá burbujas de vapor. Esto puede afectar a la bomba de dos formas diferentes: la primera, la ya descrita cavitación que erosionara el rodete y que puede llevar a la destrucción de esta, lo segundo es que si la cavitación es fuerte esta genera una disminución en la altura de trabajo (Blanco, Velarde, & Fernandez, 1994).

#### 1.4.8.3. NPSH

Para que no se produzca la cavitación, es necesario mantener una presión por encima de la presión de vapor del fluido. Este valor necesario es proporcionado por los fabricantes de bomba como NPSHR (cabezal de succión positivo neto requerido). Para nuestro

uso, debemos asegurarnos de que el NPSHD (cabezal de succión positivo neto disponible) sea mayor al NPSHR (White, 2008).

#### **1.4.9. Flujo en tuberías**

Uno de los elementos principales que componen el sistema de bombeo, son, el conjunto interconectado de tuberías que ayudan al desplazamiento del fluido. Las variables principales que en el diseño del sistema son la pérdida de carga, el diámetro y la velocidad (Blanco, Velarde, & Fernandez, 1994).

##### **1.4.9.1. Pérdidas lineales**

Las pérdidas lineales son aquellas ocasionadas por el efecto de rozamiento entre las paredes y el fluido de trabajo.

##### **1.4.9.2. Pérdidas singulares**

Estas en cambio son pérdidas que se tienen su origen tanto en la salida como en la entrada de las tuberías, válvulas, codos, variación de diámetros y muchas otras. En comparación a las pérdidas lineales suelen ser normalmente pequeñas, salvo en el caso donde las tuberías sean cortas, allí tienen un valor a considerar (Blanco, Velarde, & Fernandez, 1994).

##### **1.4.9.3. Materiales**

Entre los materiales más comunes para tubería se encuentran: hierro, acero, cemento, fibra de vidrio, cobre y diferentes plásticos: PVC

#### **1.4.10. Válvulas**

Las válvulas al igual, que las tuberías y las bombas son elementos importantes para un sistema de bombeo. Sus principales funciones son las de cierre y regulación del fluido de trabajo.

##### **1.4.10.1. Tipos de válvulas**

Existen muchos tipos de válvulas, en este caso presentamos las más representativas las cuales son:

- Válvula de compuerta

- Válvula de mariposa
- Válvula cónica y esférica
- Válvula de aguja y globo
- Válvula antirretorno
- Válvula check en Y

#### **1.4.10.2. Coeficiente de perdidas**

Las pérdidas de carga en las válvulas se generan porque estas al estar parcialmente abiertas generan una disminución en la sección de paso del fluido, esto tiene como efecto una de presión a través de dicha válvula, la cual tiene una expresión matemática para dicha pérdida (White, 2008).

#### **1.4.10.3. Cavitación en válvulas**

Para estos elementos en particular la mayor parte de daños son generados por la cavitación, el cual es la formación de burbujas por un descenso en la presión.

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Se comenzó desde la búsqueda del cliente para proyecto hasta la realización de las conclusiones y recomendaciones de este. La información usada para el proyecto se encontró en diferentes fuentes: libros, tesis, investigaciones científicas, normas, códigos y consultando al cliente o personas con experiencia que aportaron ideas para el proyecto.

### 2.1. Requerimientos del diseño

Para empezar con la selección y cálculos que intervienen el proyecto, se empezó con la información proporcionada por el cliente. Corresponde al almacenamiento de gasolina para un sector de la isla Quiñones, además de control y distribución para su despacho. Además, el cliente ha proporcionado datos indispensables para el diseño del proyecto tenemos:

- Capacidad de almacenamiento: 3700 galones.
- Cubeta de hormigón: 5 x 5 metros.
- Operación a presión atmosférica.
- Velocidad recomendada en tuberías: 1.5 a 3 m/s.
- Sistema de distribución se requiera tener un sistema antiexplosivo.

### 2.2. Diseño de forma

Los modelos que se presentaron a continuación son estructuras basadas en los conceptos investigados en el marco teórico, recomendaciones de expertos y criterio de los estudiantes. Se presenta tres alternativas correspondientes tanto para el tanque de almacenamiento y el sistema de distribución de este, para después escoger la alternativa que se adapte mejor a los requerimientos del diseño.

#### 2.2.1. Alternativas del tanque de almacenamiento

##### Alternativa 1

Para el diseño de un tanque de almacenamiento en esta alternativa tenemos en forma vertical, con lo cual contendrá el cuerpo que será en forma vertical, un medidor de nivel que nos permite identificar la cantidad

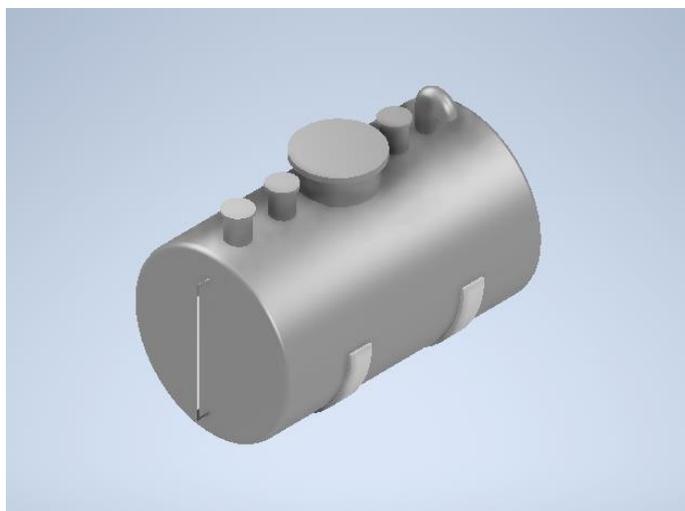
de líquido que en ese caso es gasolina hay dentro, también contiene dos casquetes en este caso sería una superior y otra inferior, la válvula de entrada y salida, una ventilación, sus respectivas orejas de izaje para su montaje y desmontaje, y por último los soportes.



**Figura 2.1 Tanque de almacenamiento vertical (Elaboración propia).**

### **Alternativa 2**

Para esta parte tenemos el mismo componente, con la diferencia en que esta laborado en forma horizontal en estos tipos de tanque son para presiones atmosféricas no tan elevadas, en esto es de fácil transporte y son los más solicitados en el mercado.



**Figura 2.2 Tanque de almacenamiento horizontal (Elaboración propia).**

### **Alternativa 3**

En este modelo se puede almacenar gases, amoníaco, y en este caso sería gasolina, estas son operadas para temperaturas tanto superior como inferior del medio ambiente, estos son ideales para almacenar grandes volúmenes de fluidos.



**Figura 2.3 Tanque de almacenamiento esférico (Elaboración propia).**

#### **2.2.2. Alternativas del sistema de distribución**

Para el sistema de distribución se conforma de dos partes: carga y descarga del sistema. Las tres alternativas tienen en común la zona de carga, la cual estará compuesta por una línea de tuberías, en la cual se encuentran los siguientes elementos: filtro en Y, válvulas check y la bomba. Teniendo como inicio la carga de gasolina y como final el tanque de almacenamiento. A continuación, se expondrá la parte de la descarga del sistema, el cual es donde difieren las alternativas.

#### **Alternativa 1**

El sistema se compone siguiendo el siguiente orden: tanque de almacenamiento, válvula check, filtro en Y, válvula check, bomba, válvula de globo y tubería de descarga. En la zona de descarga para el despacho de combustible, está regulada solo por la válvula de globo, esto influye en un menor costo de elementos, pero se tiene menor control y seguridad para el expendio de la gasolina.

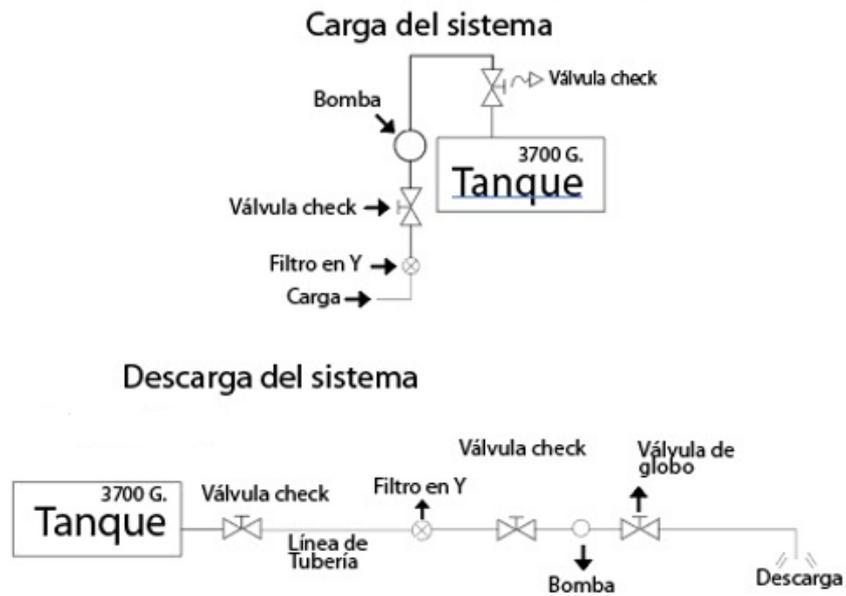


Figura 2.4 Sistema de distribución 1 (Elaboración propia).

### Alternativa 2

Como se puede observar esta alternativa es muy similar a la anterior, con la diferencia en que la zona entre la bomba y la válvula de globo se añadió un contador (caudalímetro), esto es para tener un registro de cuanta gasolina se despacha. Además, en la zona de descarga se añade una pistola automática para una ordenada distribución del combustible. Cabe decir que a mayores elementos se eleva los costos, pero se tendrá un mayor control y seguridad en el sistema.

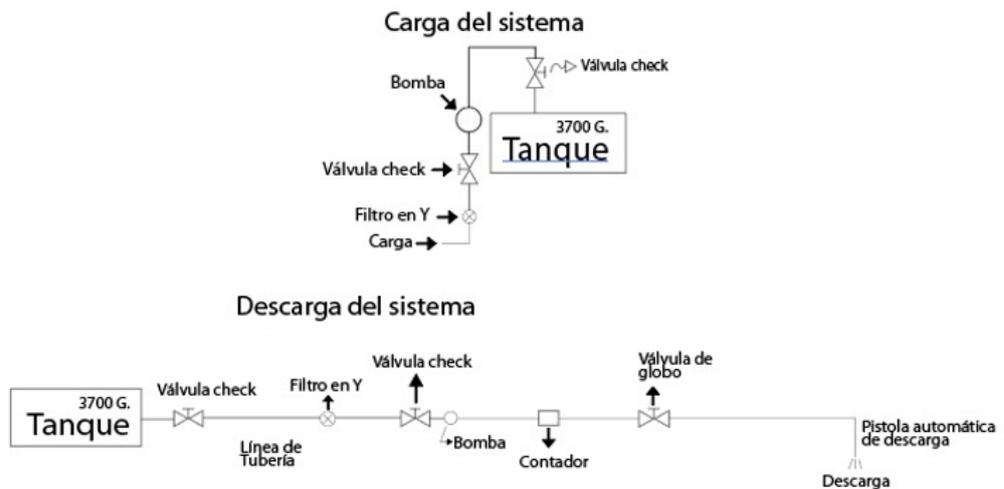


Figura 2.5 Sistema de distribución 2 (Elaboración propia).

### Alternativa 3

En esta alternativa podremos notar un sistema de distribución, en donde pasa el fluido hacia la válvula check, de ahí a través de un filtro en Y, de este modo vuelve a pasar a través de la válvula check, pasando por la bomba directo hacia un recipiente contenedor de 5 galones de capacidad, este recipiente contiene un sensor de nivel que nos detecta cuando el recipiente este en el límite, de este modo pasa a través de una válvula globo y se despacha en la zona de descarga.

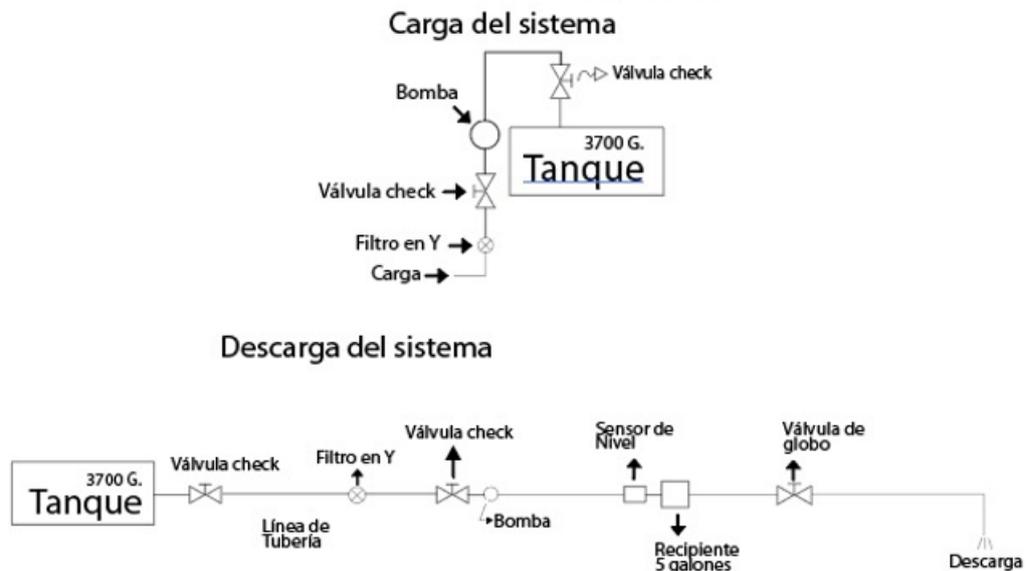


Figura 2.6 Sistema de distribución 3 (Elaboración propia).

### 2.3. Selección de diseño

Se seleccionará la mejor alternativa en base a características indispensable para el diseño. Los valores de ponderación otorgados a las características se basan en la investigación y criterio de ingeniería de los diseñadores:

#### 2.3.1. Los criterios de selección

- Diseño más económico: Se analiza que tan económico es el material.
- Facilidad en manufactura: Se refiere a que tan sencillo es acoplar las diferentes partes del diseño

- Facilidad en transportar y montaje: Se tiene en consideración en que tan complejo sería transportar desde el lugar donde sería fabricado hacia donde este sería instalado.
- Mantenimiento mínimo: Hace referencia al número de acciones mínimas para mantener al diseño en el estado en el que pueda llevar a cabo su función.
- Seguridad: Analiza la manera más confiable y segura para su función.

**Tabla 2.1 Matriz de ponderación para selección de diseño (Elaboración propia).**

Sección 1		Importancia en el diseño	Sección 2		Importancia por alternativa
		Diseño más económico.		0.20	
	Facilidad en manufactura.	0.15		Intermedio	3
	Facilidad en transporte y montaje.	0.15			
	Mantenimiento mínimo.	0.10		Baja	1
	Seguridad	0.40			
	Total	1			

### 2.3.2. Selección de tanque de almacenamiento

**Tabla 2.2 Matriz de selección del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

	Diseño más económico	Facilidad en manufactura	Facilidad en transporte y montaje	Mantenimiento mínimo	Seguridad	Total
	0.20	0.15	0.15	0.10	0.40	1
Alternativa 1	3	3	1	3	3	2.7
Alternativa 2	3	3	5	5	3	3.5
Alternativa 3	1	3	1	3	3	2.2

Para el diseño del cuerpo que es el tanque del almacenamiento, ideal sería la alternativa 2 que es un tanque horizontal, debido a que es ideal para presiones bajas y su comodidad en el transporte, montaje así en su mantenimiento lo hace factible para el diseño.

### 2.3.3. Selección del sistema de distribución

**Tabla 2.3 Matriz de selección del sistema de distribución (Elaboración propia).**

	Diseño más económico	Facilidad en manufactura	Facilidad en transporte y montaje	Mantenimiento mínimo	Seguridad	Total
	0.20	0.15	0.15	0.10	1	1
Alternativa 1	5	5	3	5	1	3.1
Alternativa 2	1	3	5	3	5	3.7
Alternativa 3	3	3	3	3	3	3

Para el sistema de distribución nos da para un mejor planteamiento la alternativa 2 que nos muestra la mejor opción en cuanto a su diseño sea más eficiente y seguro, así como la facilidad en su mantenimiento.

## 2.4. Selección de materiales

Aquí se seleccionarán los materiales más aptos para la construcción del tanque de almacenamiento y de la tubería para el sistema de distribución. Al igual que la sección anterior, los valores de ponderación otorgados se basan en la investigación y criterio de ingeniería de los diseñadores:

### 2.4.1. Los criterios de selección

- Costo en el mercado: Se analiza que tan económico es el material.
- Resistencia a la corrosión: el material elegido debe ser resistente a la corrosión.
- Aplicación en su entorno: Se tiene en cuenta que tan factible sería en el lugar de la instalación.
- Mantenimiento mínimo: Hace referencia al número de acciones mínimas para mantener al diseño en el estado en el que pueda llevar a cabo su función.

**Tabla 2.4 Matriz de ponderación para selección de diseño (Elaboración propia).**

		Importancia en el diseño			Importancia por alternativa	
Sección 1	Costo en el mercado	0.40	Sección 2	Satisfactorio	5	
	Resistencia a la corrosión.	0.30		Intermedio	3	
	Aplicación al entorno.	0.15			Bajo	1
	Mantenimiento mínimo.	0.15				
	Total	1				

## 2.4.2. Alternativas de material para el tanque de almacenamiento

### Alternativa 1

Para el tipo de material en que está construido el tanque de almacenamiento. Esta puede ser en plancha de acero inoxidable AISI 304 debido por la resistencia a la corrosión.

### Alternativa 2

También es común el uso de acero estructural naval calidad ASTM131 en presentación de acero negro, es ideal también para su uso, debido a la resistencia a la corrosión y es común en el mercado industrial.

### Alternativa 3

También para la fabricación del tanque se le puede incluir plancha de acero inoxidable AISI 316 que es la misma rama del anterior a diferencia que tiene un 3% de molibdeno que lo hace más resistente a la corrosión y a altas temperaturas.

## 2.4.3. Selección del material para el tanque de almacenamiento

**Tabla 2.5 Matriz de selección del material para el tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

	Costo en el mercado	Resistencia a la corrosión (Durabilidad)	Disponibilidad en el entorno	Mantenimiento mínimo	Total
	0.40	0.30	0.15	0.15	1
Alternativa 1	1	5	5	3	3.1
Alternativa 2	5	3	5	5	4.4
Alternativa 3	1	5	3	3	2.8

La mejor alternativa en material para la fabricación del tanque sería la alternativa 2 que nos brinda un material común en el mercado económico

y es ideal para la aplicación en el tanque de almacenamiento, contando la característica de resistencia a la corrosión.

#### 2.4.4. Alternativas de material para la tubería del sistema de distribución

**Tabla 2.6 Características de los materiales para la tubería del sistema de distribución (Elaboración propia).**

	Material	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Temperatura de trabajo (°C)	Densidad (Kg/m3)	% de Cromo (Corrosión)
Alternativa 1	ASTM A53	205-240	204	7900	0.40
Alternativa 2	ASTM A106	205-275	>204	7900	0.40

Aquí se exponen las principales características del acero ASTM A53 y el acero ASTM A106, para su selección (Octalacero, 2018).

#### 2.4.5. Selección de material para la tubería del sistema de distribución

**Tabla 2.7 Matriz de selección del material para la tubería del sistema de distribución (Elaboración propia).**

	Costo en el mercado	Resistencia a la corrosión	Aplicación al entorno	Mantenimiento mínimo	Total
	0.40	0.30	0.15	0.15	1
Alternativa 1	5	5	5	5	5
Alternativa 2	3	5	5	5	4.2

Por lo tanto, escogemos la primera opción debido a que es de todos los aspectos es la más factible en la aplicación de las tuberías del sistema de distribución.

## 2.5. Cálculos de diseño

### 2.5.1. Diseño del tanque de almacenamiento de gasolina

Para el diseño nos basaremos en la alternativa 2 que es un tanque de almacenamiento de forma horizontal.

#### 2.5.1.1. Determinación del espesor de la pared del tanque de gasolina

Para determinar el espesor nos basaremos en la capacidad que nos brinda el cliente para así poder plantear el desarrollo:

Volumen total: 3700 Galones o  $14,006 m^3$ .

Teniendo la capacidad de almacenamiento transformado nos dirigimos a la norma API 650 pag284 tabla 6-1.

**Tabla 2.8 Dimensiones Típicas y Capacidad Nominal (API650, 1998).**

Colu mna 1	Colu mna 2	Colu mna 3	Colu mna 4	Colu mna 5	Colu mna 6	Colu mna 7	Colu mna 8	Colu mna 9	Colu mna 10	Colu mna 11
Diá metr o del Esa nque	Capa cidad por m de altura m <sup>3</sup>	Altura del estanque (m) Número de Cursos del Estanque Completo.								
		3,6/2	5,4/3	7,2/4	9/5	10,8/ 6	12,6/ 7	14,4/ 8	16,2/ 9	18/ 10
3	7,07	25	38	51	64	76	-	-	-	-
4,5	15,9	57	86	115	143	172	-	-	-	-
6	28,3	102	153	204	254	305	356	407	-	-
7,5	44,2	159	239	318	398	477	557	636	716	795
9	63,6	229	344	458	573	687	802	916	1031	1145

Escogemos para un diámetro del estanque 3m.

Teniendo en cuenta que la Norma INEN 2266 sección 7.2.1.10. Nos indica que los tanques de combustible de instalación superficial deberán

de estar rodeado por un cubeto o estructura con un volumen igual o mayor al 110% del tanque.

Por lo tanto, una cubeta de 5x5 m, para determinar su altura equivalente la longitud del tanque sería 3 m.

### 2.5.1.2. Cálculo del volumen del tanque, parte cilíndrica

De la ecuación (2). Se obtiene el volumen del cuerpo que es la parte cilíndrica.

$$V_C = \pi * r^2 * h \quad (2.1)$$

Donde:

$V_C$ : Volumen del cuerpo

$r$ : Radio del tanque

$L$ : Longitud del tanque

$$V_C = \pi * (1.5\text{m})^2 * 3\text{m}$$

$$V_C = 21.206 \text{ m}^3$$

### 2.5.1.3. Cálculo de la altura o nivel de gasolina en el tanque

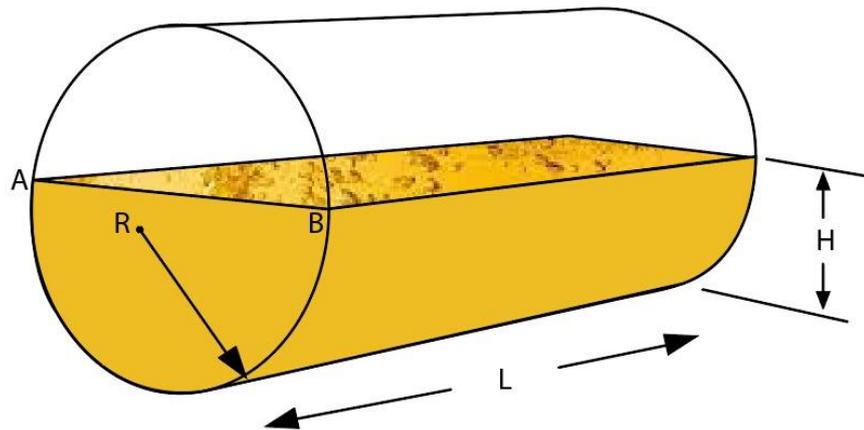


Figura 2.7 Esquema del nivel de gasolina (Elaboración propia).

Donde:

$R$ : Radio del tanque

$L$ : Longitud del tanque

$H$ : Nivel de gasolina

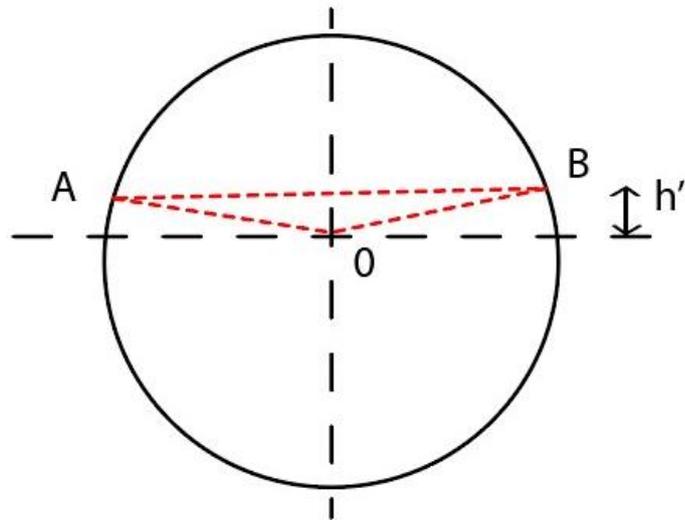
Determinamos el volumen de vacío del tanque mediante la ecuación 2.1.

$$V_l = 14.00602 \text{ m}^3 \quad (2.2)$$

$$V_{vacio} = V_c - V_l$$

$$V_{vacio} = 21.206 \text{ m}^3 - 14.00602 \text{ m}^3$$

$$V_{vacio} = 7.19998 \text{ m}^3 = 7.2 \text{ m}^3$$



**Figura 2.8 Vista frontal del tanque con el nivel de gasolina (Elaboración propia).**

También se puede determinar el área del segmento circular de AB con la siguiente ecuación:

$$V_{vacio} = AB * L \quad (2.3)$$

$$AB = \frac{7.2 \text{ m}^3}{3 \text{ m}^2}$$

$$AB = 2.40 \text{ m}^2$$

Determinamos así el ángulo que tendría en la línea segmentada mediante la ecuación:

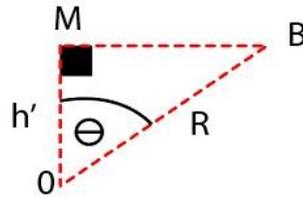
$$A_{segmento\ circular} = \frac{R^2}{2} * (\theta - \sin\theta) \quad (2.4)$$

$$2.40 = \frac{(1.5)^2}{2} * (\theta - \sin\theta)$$

$$(\theta - \sin\theta) = 2.13$$

Asumiendo un ángulo próximo al valor de 2.37 sería:

$$(\theta - \sin\theta) = 150 * \frac{\pi}{180} - \sin(150) = 2.12$$



Con esto podemos determinar a la altura prima  $h''$  mediante la ecuación trigonométrica:

$$h'' = 1.5 \text{ m} * \cos(75) \quad (2.5)$$

$$h'' = 0.39 \text{ m}$$

Así determinamos el nivel de gasolina dentro del tanque mediante la ecuación:

$$H = R + h'' \quad (2.6)$$

$$H = 1.5 + 0.39$$

$$H = 1.89 \text{ m}$$

#### 2.5.1.4. Cálculo del espesor de la pared del tanque

Para determinar el espesor nos basaremos según el código ASME VIII división I para el espesor mediante la ecuación:

$$t_s = \frac{P * R}{S * E - 0.85 * P} \quad (2.7)$$

Donde:

$t_s$ : Espesor del cilindro

P: Presión atmosférica.

R: Radio

S: Esfuerzo máximo del acero al carbono ASTM A131

E: Eficiencia

$$t_s = \frac{101.1325 \frac{N}{cm^2} * 150cm}{4.45 \times 10^4 \frac{N}{cm^2} - 0.85 * 101.1325 \frac{N}{cm^2}}$$

$$t_s = 0.3415cm = 3.4mm$$

**Tabla 2.9 Espesor de la plancha (API650, 1998).**

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9	Columna 10	Columna 11
Diámetro del Estanque	Altura del estanque (m) Número de Cursos del Estanque Completo.									
	1,8/1	3,6/2	5,4/3	7,2/4	9/5	10,8/6	12,6/7	14,4/8	16,2/9	18/10
3	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-
4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-	-	-
6	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	-	-
7,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,3
9	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,7	6,3

Para el espesor mínimo de la plancha en sale 3.4 mm comparado con la tabla de la Norma API 650 el espesor recomendado es de 5 mm. Por oferta del mercado escogemos un espesor de 6 mm.

#### **2.5.1.5. Diseño de la tapa del tanque**

Aplicando la Norma ASME División 1 sección VIII tenemos los diversos tipos de tapas las cuales tenemos:

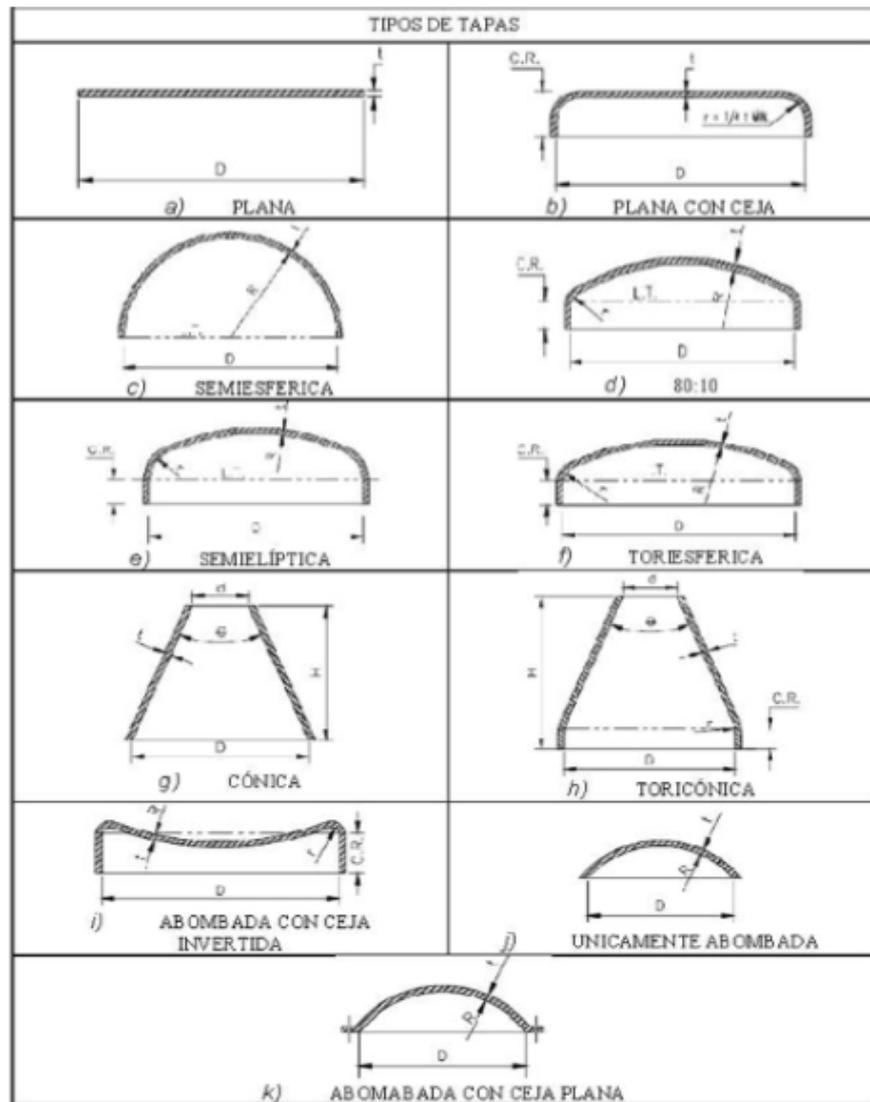


Figura 2.9 Tipos de tapas en tanque de almacenamiento horizontal (ASME, 2020).

Se escoge del tipo plana con cejas debido a que es el más económico en su fabricación, ideal para presión atmosférica, también es el más usado para tanque de almacenamiento.

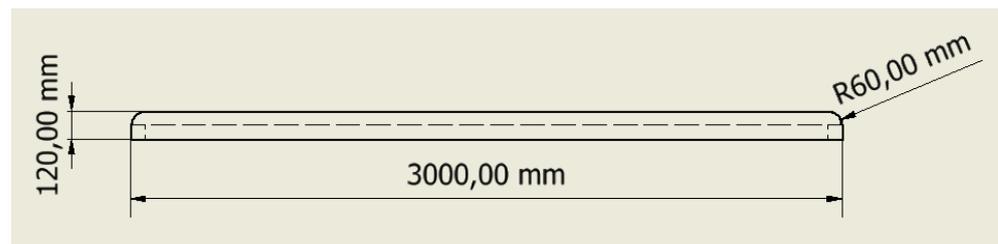


Figura 2.10 Tapa plana con cejas (Elaboración propia).

### 2.5.1.6. Cálculo de la presión del anillo del tanque

Para comenzar a determinar la presión primero debemos de determinar el área superficial del anillo, que se lo determina mediante programa inventor.

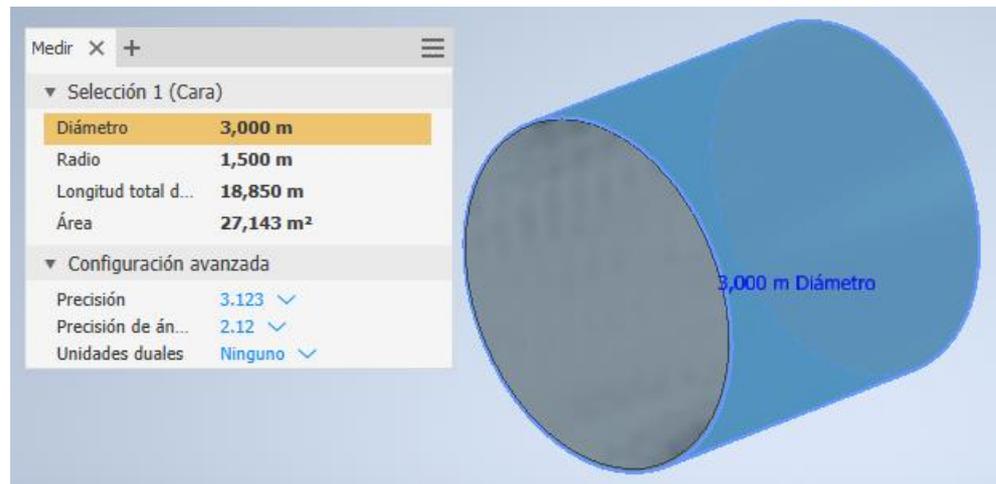


Figura 2.11 Medición del anillo del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).

De este modo podremos calcular la presión usando la ecuación:

$$P = \frac{V_c * \rho_g}{A_s} \quad (2.8)$$

Donde:

P: Presión

$V_c$ : Volumen del cilindro

$\rho_g$ : Densidad gasolina

$A_s$ : Area superficial

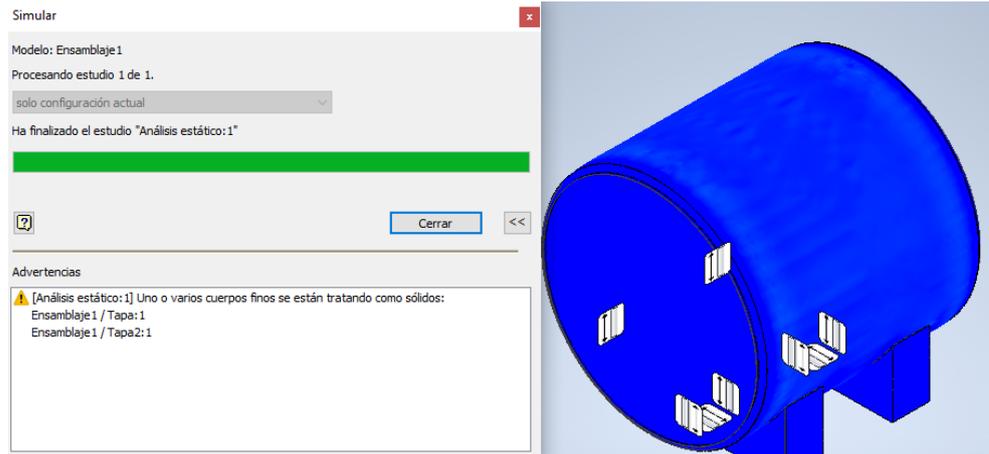
$$P = \frac{21.206 \text{ m}^3 * 720 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{27.143 \text{ m}^2}$$

$$P = 7221.454 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

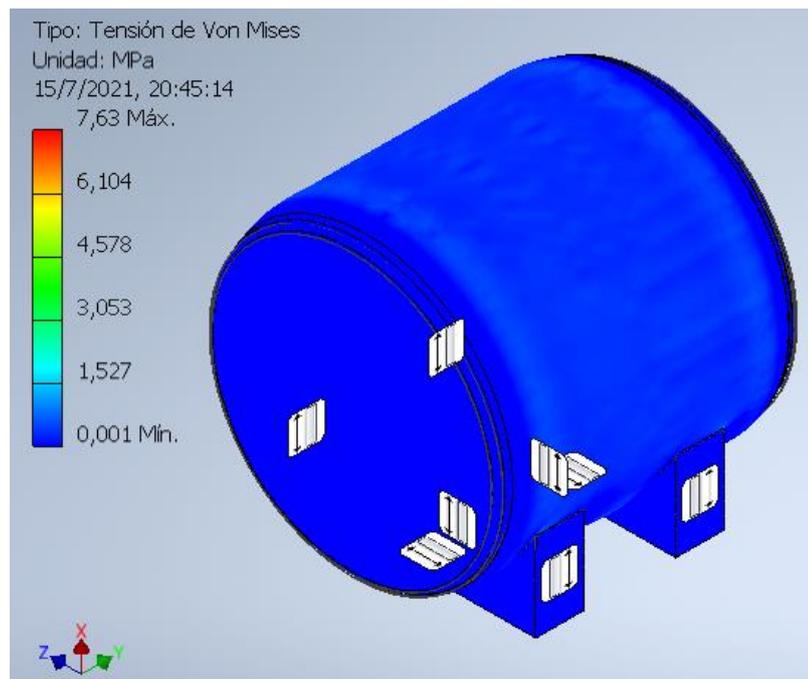
$$P = 7221.454 \text{ Pa} = 0.007221454 \text{ MPa}$$

### 2.5.1.7. Aplicación de elementos finitos en el tanque de almacenamiento

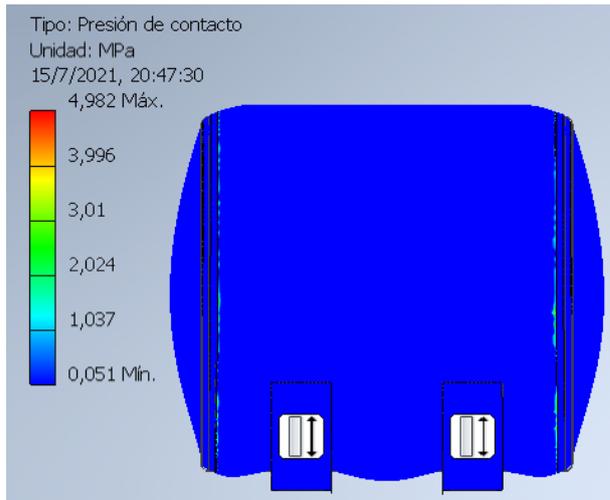
Usando el programa Inventor se logra simular el tanque para poder determinar la presión interna ejercida, detectando los puntos críticos y cuanto se puede desplazar.



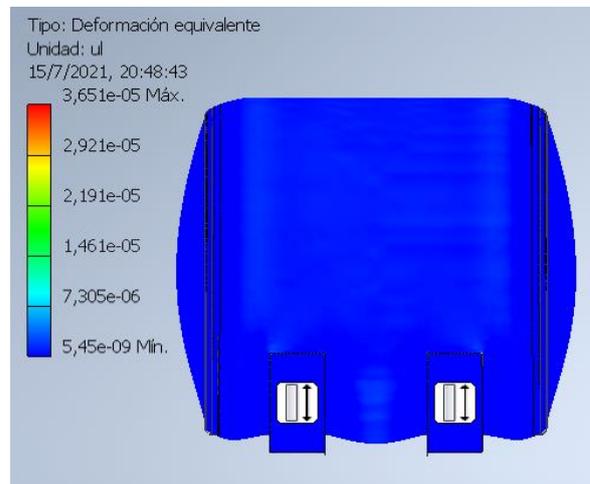
**Figura 2.12 Simulación del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**



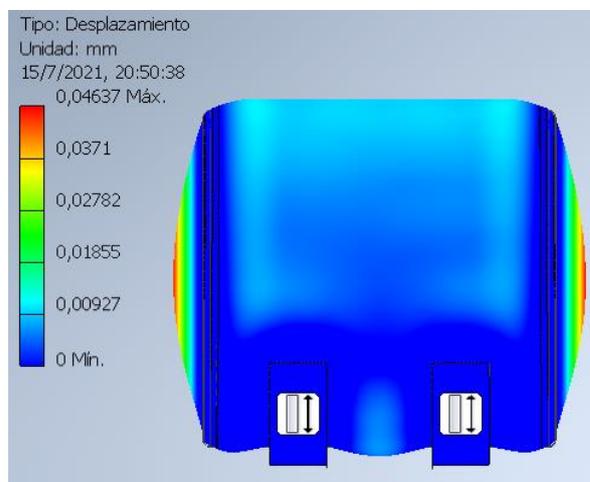
**Figura 2.13 Tensión máxima (Elaboración propia).**



**Figura 2.14 Presión máxima en el tanque (Elaboración propia).**



**Figura 2.15 Deformación equivalente que se ejerce en el tanque (Elaboración propia).**



**Figura 2.16 Desplazamiento del tanque (Elaboración propia).**

### 2.5.1.8. Diseño del manhole del tanque

En esta parte es el cuello de la entrada hombre, la norma API 650 nos indica que el diámetro nominal mínimo debe de ser de 600 mm, será del mismo espesor que el anillo del tanque. En la siguiente tabla muestra la dimensión de entrada hombre con lo cual se seleccionará lo siguiente:

**Tabla 2.10 Dimensiones para Entrada de hombre en tanque (API650, 1998).**

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5	Columna 6	Columna 7	Columna 8	Columna 9
Tamaño de la Entrada de Hombre	Diámetro Del cuello $ID^a$	Diámetro de Plancha de Cubierta $D_c$	Diámetro del Círculo del Perno $D_B$	Número de Pernos	Diámetro del Empaque		Diámetro del Hoyo en la Plancha del Techo o Plancha refuerzo $D_P$	Diámetro Exterior de la Plancha de Refuerzo $D_R$
					Interior	Exterior		
500 (20)	500 (20)	650 (26)	590 (23 <sup>1/2</sup> )	16	500 (20)	650 (26)	515 (20 <sup>5/a</sup> )	1050 (42)
600 (24)	600 (24)	750 (30)	690 (27 <sup>1/2</sup> )	20	600 (24)	750 (30)	615 (24 <sup>5/a</sup> )	1150 (46)

### 2.5.1.9. Diseño y selección de boquilla y brida

Para la boquilla nos basaremos en la norma API 650 que nos muestran el diámetro que debe de tener para su diseño.

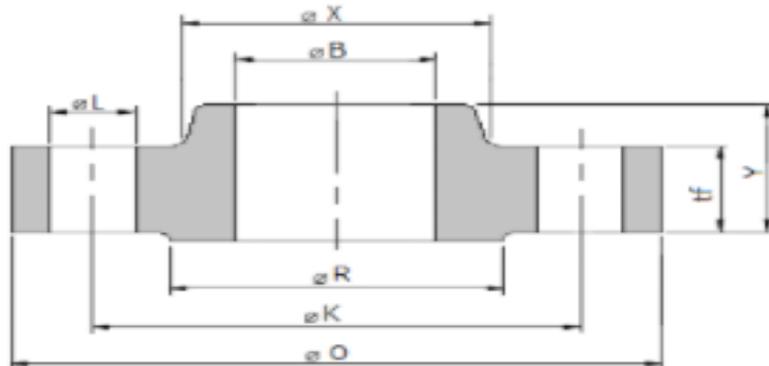
**Tabla 2.11 Dimensiones para Boquilla en mm (API650, 1998).**

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5
Boquilla NPS	Diámetro Exterior del Cuello de Tubería	Diámetro del Hoyo en la plancha del techo o en la plancha de refuerzo $D_p$	Altura mínima de la boquilla $H_R$	Diámetro exterior de la plancha de refuerzo $D_R$
1 1/2	48,3 (1,900)	50 (2)	150 (6)	125 (5)
2	60,3 (2 <sup>3</sup> / <sub>8</sub> )	65(2 1/2)	150 (6)	175 (7)
3	88,9(3 1/2)	92(3 5/8)	150 (6)	225 (9)
4	114,3(4 1/2)	120(4 5/8)	150 (6)	275 (11)
6	168,3(6 5/8)	170(6 3/4)	150 (6)	375(15)
8	219,1(8 5/8)	225(8 7/8)	150 (6)	450(18)
10	273,0(10 3/4)	280 (11)	200 (8)	550 (22)
12	323,8(12 3/4)	330 (13)	200 (8)	600 (24)

En la selección de la brida se debe de cumplir con la norma ASME B16.5 que son bridas de acero al carbono, teniendo en cuenta el NPS (tamaño de la boquilla) de la boquilla, tenemos:

**Tabla 2.12 Dimensiones de la brida (ASME, 2020).**

Dimensiones en pulgadas										
Tamaño Nominal Tubería	$\emptyset$ exterior	Mínimo espesor	$\emptyset$ hub x	Longitud con Hub Y	$\emptyset$ Mínimo agujero B	$\emptyset$ Raising Face R	Taladros			$\emptyset$ Tornillo
							$\emptyset$ Raising Face R.	N <sup>o</sup> tal.	$\emptyset$ tal. L	
1/2 (DN15)	3.5	0.38	1.1	0.56	0.88	1.38	2.38	4	5//88	1/2
3/4 (DN20)	3.88	0.44	1.5	0.56	1.09	1.69	2.75	4	5/8	1/2
1 (DN25)	4.25	0.5	1.94	0.62	1.36	2	3.12	4	5/8	1/2
1 1/4 (DN32)	4.62	0.56	2.3	0.75	1.7	2.5	3.5	4	5/8	1/2
1 1/2 (DN40)	5	0.62	2.5	0.81	1.95	2.88	3.88	4	5/8	1/2
2 (DN50)	6	0.69	3.0	0.94	2.44	3.62	4.75	4	3/4	5/8
2 1/2 (DN65)	7	0.81	3.56	1.06	2.94	4.12	5.5	4	3/4	5/8



**Figura 2.17 Plano de la brida (ASME, 2020).**

### 2.5.1.10. Diseño del respiradero o venteo

Todo tanque de almacenamiento deberá de constar una boquilla que sería de respiradero en forma de cuello de ganso con lo cual teniendo el NPS 2 nos indica las dimensiones siguientes.

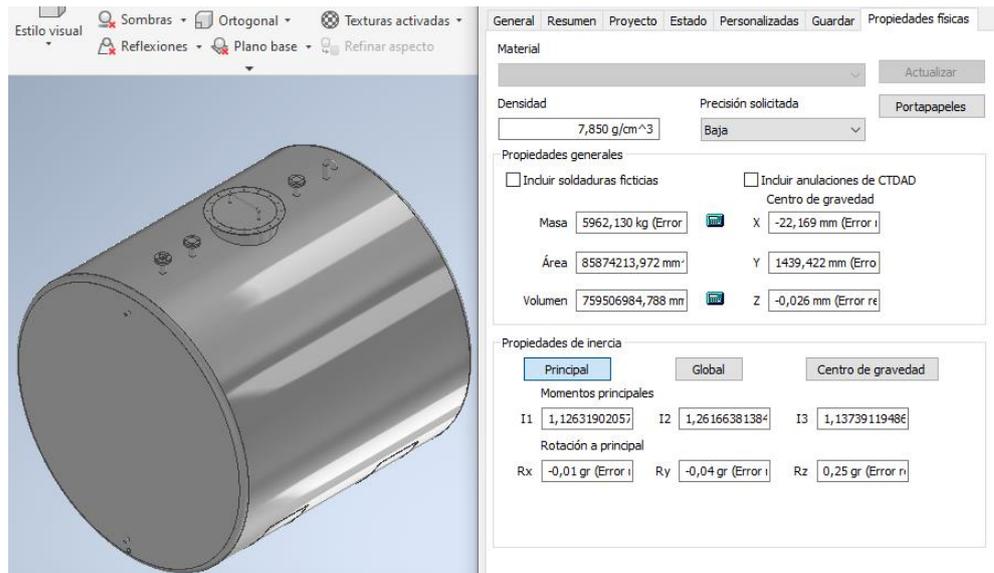
**Tabla 2.13 Dimensión del respiradero en mm (API650, 1998).**

NPS	Diámetro de sumidero mm A	Profundidad de sumidero mm	Distancia del centro de la tubería al cuerpo m C	Espesor de la plancha en el sumidero mm t	Espesor interno mínimo de la tubería mm	Espesor de boquilla de cuello mínima mm
2	610	300	1.1	8	5.54	5.54
3	910	450	1.5	10	6.35	7.62
4	1220	600	2.1	10	6.35	8.56
6	1520	900	2.6	11	6.35	10.97

### 2.5.1.11. Diseño de la oreja de izaje

Para las dimensiones de oreja de izaje aplicando la norma ASME VIII teniendo en cuenta que primero debemos de determinar la masa total del tanque de almacenamiento de gasolina.

Teniendo los puntos para el diseño podemos determinar la masa total usando el programa Inventor, para así poder identificar las medidas recomendables de las orejas del izaje (ASME, 2020).

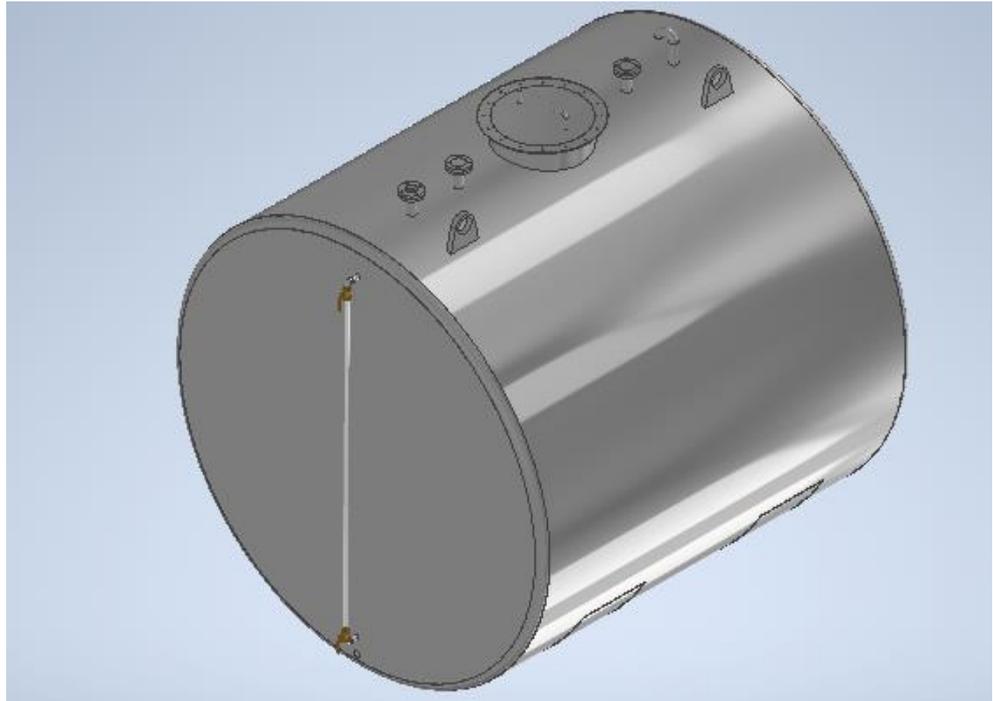


**Figura 2.18 Masa total del tanque de almacenamiento de gasolina (Elaboración propia).**

Teniendo estos datos podremos determinar las medidas de las orejas de izaje recomendadas por la Norma ASME VIII.

**Tabla 2.14 Dimensión de las orejas de izaje en pulgadas (ASME, 2020).**

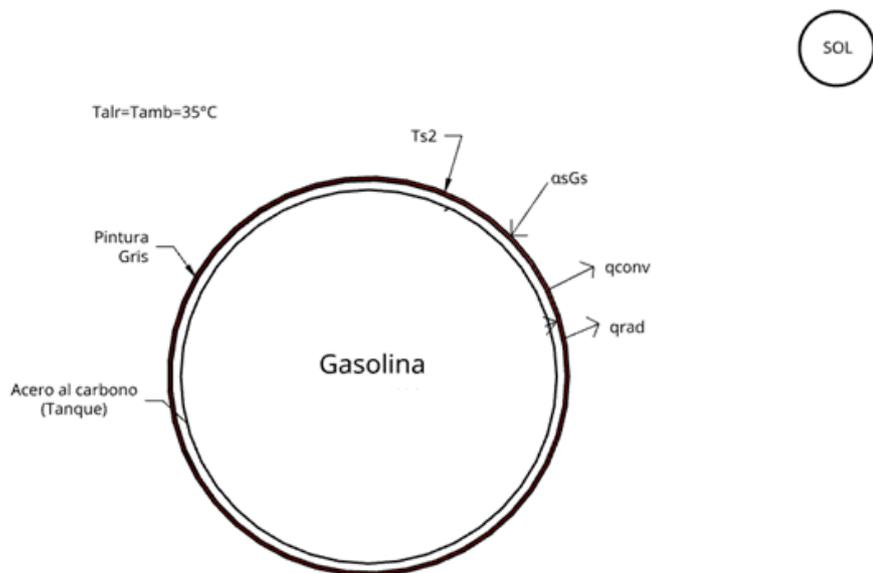
OREJAS DE IZAJE DIMENSIONES EN PULGADAS								
Capacidad Máx. kg	A	B	C	D	F	Diámetro de Barrenos	G	H
2000	3/4	4- 1/2	4- 1/2	1- 1/2	2 - 1/4	1- 1/2	3/4	3/8
4500	3/4	7 - 3/4	7 - 3/4	1- 1/2	2 - 1/4	1- 1/2	3/4	3/8
5800	1	8- 7/16	8 - 7/16	1- 1/2	2 - 1/2	1- 1/2	3/4	3/8
13500	1- 1/2	8 - 3/4	8 - 3/4	1- 1/2	3 - 1/2	1- 1/2	3/4	3/8
24500	9- 3/4	9 - 3/4	9 - 3/4	1-5/8	3 - 1/2	1 - 11/16	3/4	3/8



**Figura 2.19 Tanque horizontal de almacenamiento de gasolina (Elaboración propia).**

**2.5.1.12. Cálculos térmicos del tanque de almacenamiento de gasolina**

Para estos cálculos resulta conveniente modelar el tanque por el método de resistencias térmicas.



**Figura 2.20 Modelo de interacciones de la pared del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

Para estos cálculos resulta conveniente modelar el tanque por el método de resistencias térmicas.

Consideración de la radiación solar en el tanque de almacenamiento de combustible

En balance de energía, resultante es:

$$Q_{almac.} = \alpha s G_s - (Q_{conv} + Q_{rad}) \quad (2.9)$$

$$Q_{almac.} = Q_{ganado} - Q_{perdido} \quad (2.10)$$

Valores y características de los materiales:

$$r_1 = 1.5 \text{ m}$$

$$r_2 = 1.506 \text{ m}$$

$$L = 3 \text{ m}$$

$$T_{inf} = 308 \text{ K}$$

$$T_f = 322 \text{ K}$$

$$K_{aire} = 27.41 \times 10^{-3} \text{ W/m K}$$

$$\nu_{aire} = 17.399 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\alpha_{aire} = 24.72 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 0.7049$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

$$T_{alr} = T_{inf}$$

$$\varepsilon_{pintura \text{ gris}} \approx 0.95 \text{ (TESTO)}$$

$$\alpha_s \approx 0.75 \text{ (Pintura gris), Absortividad solar.}$$

$G_s \approx 4,5 \text{ KW} - \text{h/m}^2 - \text{dia} = 187.51 \text{ W/m}^2$  Irradiación solar, en la isla de los Quiñonez, Guayas, Ecuador (Ordoñez y Vaca, 2020) (Ordoñez & Vaca, 2018)

Para obtener el valor de  $h_{prom}$  se obtiene de:

$$Nu = \frac{h_{prom} * L}{K_{aire}} \quad (2.11)$$

A su vez:

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 Ra^{1/6}}{[1 + (0.559/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2, \text{ para } Ra \leq 10^{12} \quad (2.12)$$

Y también:

$$Ra = \frac{gB(T_{s2} - T_{inf})D^3}{\nu\alpha} \quad (2.13)$$

Reemplazando los valores correspondientes tenemos:

$$Ra = \frac{9.8 * (1/308)(322 - 308)3^3}{17.399 \times 10^{-6} * 24.72 \times 10^{-6}}$$

$$Ra = 2.73 \times 10^{10}$$

$$Nu = \left\{ 0.6 + \frac{0.387 * 7.003 \times 10^{9^{1/6}}}{[1 + (0.559/0.706)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2$$

$$Nu = 311.95$$

Despejamos  $h_{prom}$  de la ecuación 12:

$$h_{prom} = \frac{Nu * K_{aire}}{L}$$

$$h_{prom} = 3.03 \frac{W}{m^2 K}$$

En balance de energía, resultante es:

$$Q_{almac.} = \alpha s G s - (Q_{conv} + Q_{rad})$$

$$0 = Q_{ganado} - Q_{perdido} \quad (2.14)$$

$$2\pi r 2\alpha s G s = 2\pi r 2h_{prom}(T_{s2} - T_{inf}) + 2\pi r 2\varepsilon\sigma(T_{s2}^4 - T_{atr}^4) \quad (2.15)$$

$$2\pi * 1.506 * 0.75 * 187.51 = 2\pi * 1.506 * 3.03 * (T_{s2} - 308) + 2\pi * 1.506 * 0.95 * 5.67 \times 10^{-8} * (T_{s2} - 308^4)$$

$$T_{s2} = 322.38 K = 49.38^\circ C$$

Considerando en este caso el calor por conducción debido al grosor de la pared metálica:

$$K_{metal} = 60.5 \frac{W}{m}$$

$$T_{s2} = 49.38^\circ C = 322.38 K$$

$$Q_{cond} + \alpha s G s = Q_{conv} + Q_{rad}$$

$$\frac{2\pi K_{metal}}{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}(T_{s1} - T_{s2}) + 2\pi r 2\alpha s G s = 2\pi r 2h_{prom}(T_{s2} - T_{inf}) + 2\pi r 2\varepsilon\sigma(T_{s2}^4 - T_{atr}^4)$$

$$\frac{2\pi * 60.5}{\ln\left(\frac{1.506}{1.5}\right)}(T_{s1} - 322.38) + 2\pi * 1.506 * 0.75 * 187.51 = 2\pi * 1.506 * 3.03 * (322.38 - 308) + 2\pi * 1.506 * 0.95 * 5.67 \times 10^{-8} * (322.38 - 308^4)$$

$$T_{s1} = 322.380004 K = 49.380004^\circ C \approx 49.38^\circ C$$

## 2.5.2. Diseño del sistema de distribución

Esta sección se trata sobre los cálculos realizados tanto para el sistema de carga y descarga correspondiente al sistema de distribución que se instalara con el tanque de almacenamiento horizontal (Janna, 2015).

### 2.5.2.1. Cálculo de la capacidad de la bomba

Corresponde a cuanta cantidad de fluido pasara por la bomba, también llamado caudal.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} = A * V \therefore \left[ \frac{m^3}{s} \right] \quad (2.16)$$

Sistema de carga y descarga:

$$Q = A * V$$

$$Q = \frac{\pi}{4} * (0.0508)^2 * 2.8$$

$$Q = 5.675 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 20.43 \text{ m}^3/\text{h} = 89.95 \text{ gpm}$$

### 2.5.2.2. Cálculo del cabezal de la red de bombeo

Sistema de carga:



Figura 2.21 Diagrama del sistema de carga (Elaboración propia).

$$H_{pump} = \left( \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) - \left( \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) + H_{LT} \quad (2.17)$$

Dentro de la velocidad será constante  $V_2 = V_1$ .

$z_1 = 1.15m$  y  $z_2 = 3.5m$ .

$\rho_{gasolina} = 720 \frac{Kg}{m^3}$  y  $\rho_{aire} = 1.2 \frac{Kg}{m^3}$ .

Para el valor de  $P_1$  y  $P_2$ , se la obtiene de la siguiente forma:

$$P_{2,0} = P_2 \quad (2.18)$$

$$P_1 + \rho_{gasolina} * g * h_1 = \rho_{aire} * g * h_2 + \rho_{gasolina} * g * h_3 \quad (2.19)$$

$$P_1 + 720 * 9.8 * 1.85 = 1.2 * 9.8 * 1.12 + 720 * 9.8 * 1.88$$

$$P_1 = 224.851 Pa$$

$$P_2 = 13278.45 Pa$$

Para el cálculo de  $H_{LT}$  que corresponde a la perdida por accesorios se obtuvo:

3 Codos de 90° con  $K=0.95$

1 Válvulas check con  $K=2.5$

1 Entrada de bordes vivos con  $K=0.5$

1 Salida brusca con  $K= 1$

1 Filtro tipo Y con  $K=1.2$  (Referencial)

2 Válvulas de bola  $K=6.9$

2 Uniones universales con  $K=0.08$

Longitud total de la tubería:  $1.5+1+2.35+3+0.5= 8.35m$

Factor  $f$  (Diagrama de Moody) = 0.03

$$H_{LT} = H_L + H_{Lm} \quad (2.20)$$

$$H_{LT} = \left( \frac{fL}{D} + \sum K \right) * \frac{V^2}{2g} \quad (2.21)$$

$$H_{LT} = \left( \frac{0.03 * 8.35}{0.0508} + 22.01 \right) * \frac{2.8^2}{2 * 9.8}$$

$$H_{LT} = 10.77m$$

Entonces para el valor de  $H_{pump}$ :

$$H_{pump} = \left( \frac{13278.45}{720 * 9.8} + 3.5 \right) - \left( \frac{224.851}{720 * 9.8} + 1.15 \right) + 10.77$$

$$H_{pump} = 14.97 \text{ m}$$

$$H_{pump} = 49.11 \text{ ft}$$

Bomba escogida de la marca EBARA modelo 32-125/2.26, con un caudal de  $Q = 20.43 \text{ m}^3/h$  con punto máximo de trabajo de:  $H_{pump} = 15 \text{ m}$  (EBARA, 2020).

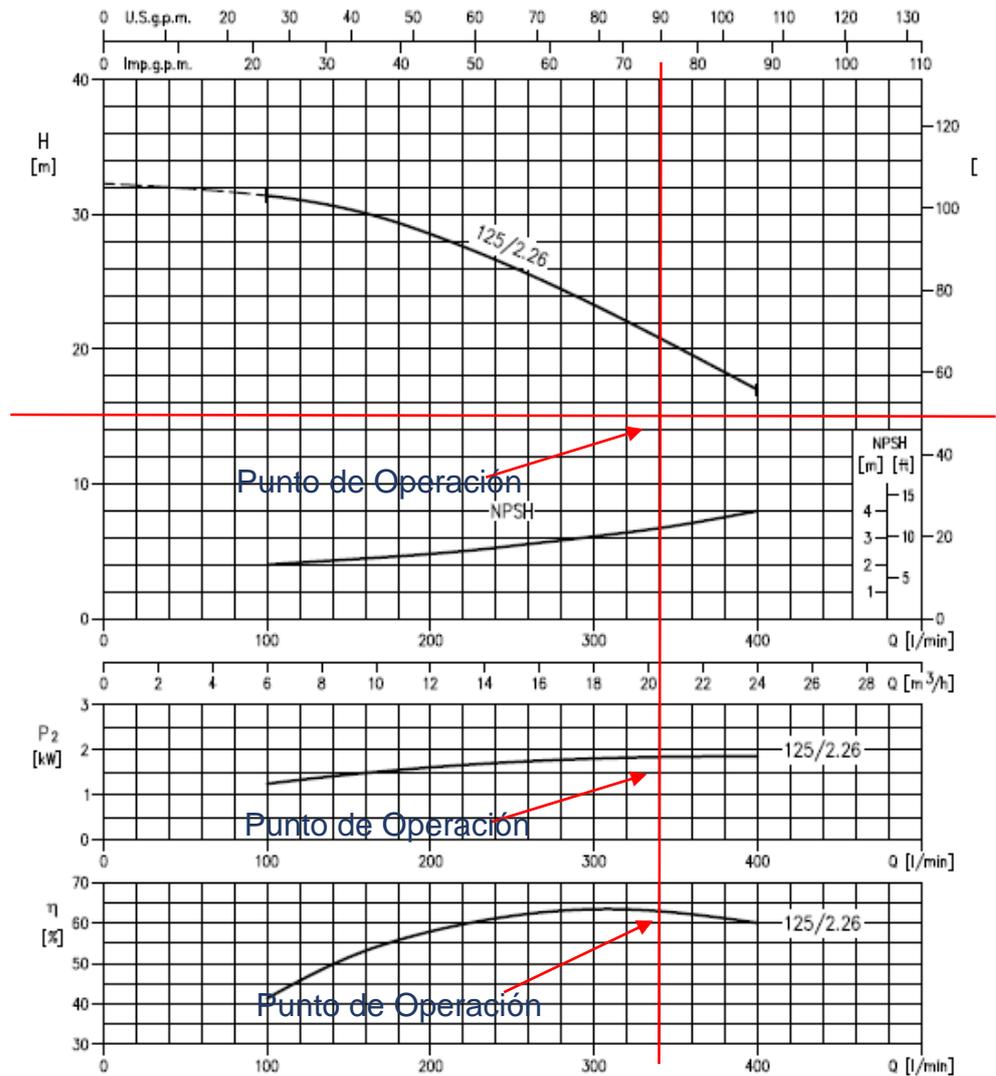


Figura 2.22 Curva de operación de bomba marca EBARA para carga (Elaboración propia).

### Sistema de descarga:

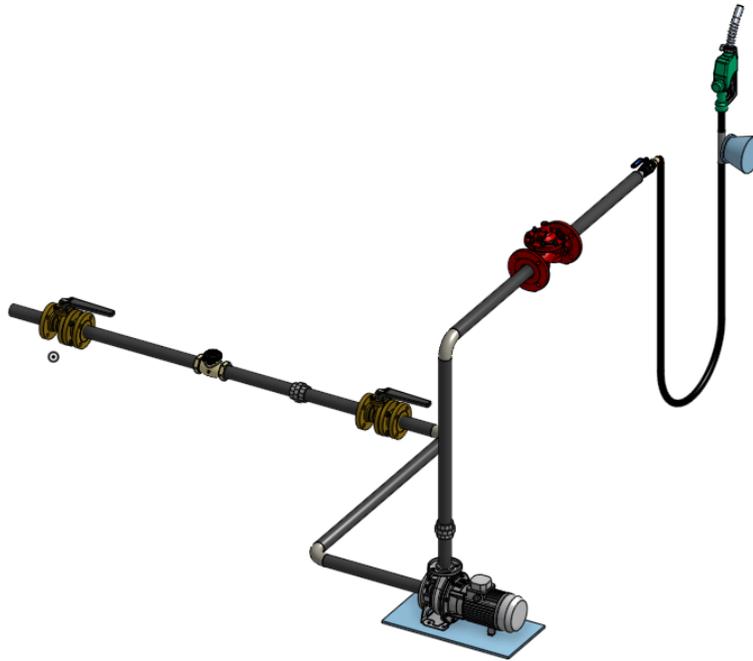


Figura 2.23 Diagrama del sistema de descarga (Elaboración propia).

$$H_{pump} = \left( \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 \right) - \left( \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 \right) + H_{LT} \quad (2.22)$$

Dentro de la velocidad será constante  $V_2 = V_1$ .

$z_1 = 0.2m$  y  $z_2 = 1.2m$ .

$$\rho_{gasolina} = 720 \frac{Kg}{m^3}.$$

Para el valor de  $P_1$  y  $P_2$ , se la obtiene de la siguiente forma:

$$P_1 = P_{1_0} \quad (2.23)$$

$$\rho_{aire} * g * h_1 + \rho_{gasolina} * g * h_2 = \rho_{gasolina} * g * h_3 + P_2 \quad (2.24)$$

$$1.2 * 9.8 * 1.12 + 720 * 9.8 * 1.68 = 720 * 9.8 * 1.2 + P_2$$

$$P_2 = 3400 Pa$$

$$P_1 = 11867.25 Pa$$

Para el cálculo de  $H_{LT}$  que corresponde a la pérdida por accesorios se obtuvo:

3 Codos de 90° con  $K=0.95$

1 Válvulas check con  $K=2.1$

3 Válvula bola con  $K=6.9$

1 Entrada de bordes vivos con  $K=0.5$

1 Salida brusca con  $K= 1$

2 Uniones universales con  $K=0.08$

1 Contador con  $K=1$ (Referencial)

1 Pistola de distribución con  $K=1$  (Referencial)

Longitud total de la tubería:  $2+1+0.5+1+1.5+4= 10m$

Factor  $f$  (Diagrama de Moody) = 0.03

$$H_{LT} = H_L + H_{Lm} \quad (2.25)$$

$$H_{LT} = \left( \frac{fL}{D} + \sum K \right) * \frac{V^2}{2g} \quad (2.26)$$

$$H_{LT} = \left( \frac{0.03 * 10}{0.0508} + 29.31 \right) * \frac{2.8^2}{2 * 9.8}$$

$$H_{LT} = 14.08m$$

Entonces para el valor de  $H_{pump}$ :

$$H_{pump} = \left( \frac{3400}{720 * 9.8} + 2 \right) - \left( \frac{11867}{720 * 9.8} + 0.2 \right) + 14.08$$

$$H_{pump} = 14.68 m$$

$$H_{pump} = 48.16 ft$$

Bomba escogida de la marca EBARA modelo 32-125/2.26, con un caudal de  $Q = 20.43 m^3/h$  con punto máximo de trabajo de:  $H_{pump} = 15 m$ .

### 2.5.2.3. Cálculo de la potencia de la gasolina

Hace referencia a la potencia que suministra la bomba a la gasolina. Tanto para la carga y descarga se escogió la misma bomba se tiene:

$$W_{gasoline,carga} = \rho * g * Q * Hpump \therefore [W] \quad (2.27)$$
$$W_{gasoline,carga} = 720 * 9.8 * 5.675 \times 10^{-3} * 14.97$$

$$W_{gasoline,carga} = 599.44 W$$

$$W_{gasoline,descarga} = \rho * g * Q * Hpump \therefore [W] \quad (2.28)$$
$$W_{gasoline,descarga} = 720 * 9.8 * 5.675 \times 10^{-3} * 14.68$$

$$W_{gasoline,descarga} = 587.83 W$$

### 2.5.2.4. Cálculo de la potencia de freno

Se trata sobre la energía suministrada al eje de la bomba por un motor, también llamado BHP.

**Sistema de carga y descarga:** Este valor se toma en función de las tablas del fabricante, considerando:  $Q = 20.43 \text{ m}^3/\text{h}$  y  $Hpump, cat = 15 \text{ m}$ .

$$\text{BHP} = 2.2 \text{ KW} = 2.95 \text{ HP}$$

### 2.5.2.5. Selección del motor en la carga y descarga

Una vez calculado la potencia que necesita la bomba para funcionar, se procede a escoger el motor idóneo. Para este caso el motor tendrá un sistema antiexplosivo incorporado, que deba cumplir con las condiciones de: 2.2 KWHP, 3600 RPM para la carga y descarga (INDUCOM, 2020).

Esto corresponde a un motor antiexplosivo de marca THOMPSON YBX3 90L-2 (Ver Anexo B).



Figura 2.24 Motor antiexplosivo THOMPSON (Thompson, 2019).

### 2.5.2.6. Eficiencia de la bomba

Es la relación entre la potencia de la gasolina y la potencia de freno. Este valor se toma en función de las tablas y las mismas condiciones anteriores.

Sistema de carga y descarga:

$$\eta = 64\%$$

### 2.5.2.7. Cálculo del NPSH

Sistema de carga:

$$NPSHA = \left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{pump,in} - \frac{P_{vapor}}{\rho g} \quad (2.29)$$

Se conoce:

$$P = P_{1abs} = 101.55 \text{ KPa}$$

$$P_{vapor} \text{ a } T = 24^\circ\text{C de la gasolina} = 68.65 \text{ KPa (Motor Giga, 2021).}$$

$$NPSHA = \left( \frac{101.55 \times 10^3}{720 * 9.8} + \frac{2.8^2}{2 * 9.8} \right)_{pump,in} - \frac{68.65 \times 10^3}{720 * 9.8}$$

$$NPSHA = 5.06 \text{ m}$$

Para que no haya cavitación se debe cumplir que  $NPSHA > NPSH_{pump}$ .  $NPSH_{pump}$ , extraído del catálogo EBARA considerando  $20.43 \text{ m}^3/h$  se tiene el valor de 3.5 m. Se cumple la condición ya que  $5.06\text{m} > 3.5\text{m}$ .

**Sistema de descarga:**

$$NPSHA = \left( \frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} \right)_{pump,in} - \frac{P_{vapor}}{\rho g} \quad (2.30)$$

Se conoce:

$$P = P_{1abs} = 104.73 \text{ KPa}$$

$$P_{vapor} \text{ a } T = 24^\circ\text{C de la gasolina} = 68.65 \text{ KPa}$$

$$NPSHA = \left( \frac{104.73 \times 10^3}{720 * 9.8} + \frac{2.8^2}{2 * 9.8} \right)_{pump,in} - \frac{68.65 \times 10^3}{720 * 9.8}$$

$$NPSHA = 5.51 \text{ m}$$

Para que no haya cavitación se debe cumplir que  $NPSHA > NPSH_{pump}$ .  $NPSH_{pump}$ , extraído del catálogo EBARA considerando  $20.43 \text{ m}^3/h$  se tiene el valor de 3.5 m. Se cumple la condición ya que  $5.51\text{m} > 3.5\text{m}$ .

**2.5.3. Sistema de control para carga y descarga**

En este caso se seleccionará una válvula que regule el caudal de entrada y salida de gasolina del tanque, para esto se necesitará variables necesarias para elegir la válvula correcta.

**Tabla 2.15 Parámetros para selección de válvula de control (Elaboración propia).**

	Díámetro de tubería	Caudal	Diferencia de Presión
Carga	2"	90 GPM	16.6 PSI
Descarga	2"	90 GPM	15.9 PSI

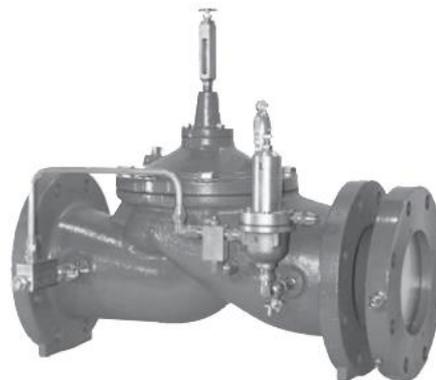
Con dicho estos valores, escogemos la válvula de control de flujo tipo hidráulica marca SINGER modelo 106 RF.

**Tabla 2.16 Rangos de presión en psi (Singer, 2019).**

Tamaño	Estándar		Sistema Diafragma Plano								
Pulgadas	DWG	ANSI	½"	¾"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"
Clasificación de Máxima Presión (Solo Dúctil)											
PSI+	FNPT	600	600	600	600	600	600	600	600	600	-
PSI	150F	-	-	-	-	-	-	250	250	250	250

**Tabla 2.17 Rangos de Caudal y diámetros de tuberías (Singer, 2019).**

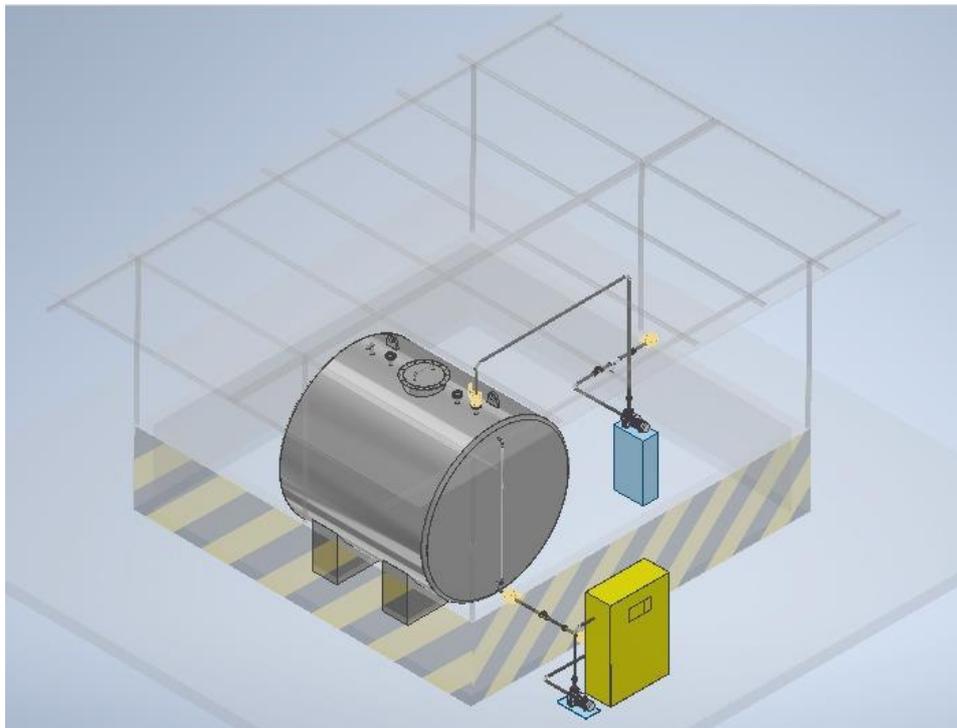
106-RF	Capacidad de Flujo (Ver sección de Válvulas principales)								
Tamaño (pulgadas)	½"	¾"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"
Tamaño (mm)	15mm	19mm	25mm	32mm	40mm	50mm	65mm	80mm	100mm
Máximo Continuo (USGPM)	55	55	125	135	145	240	300	460	800
Máximo Continuo (L/s)	3	3	8	9	9	15	19	29	50



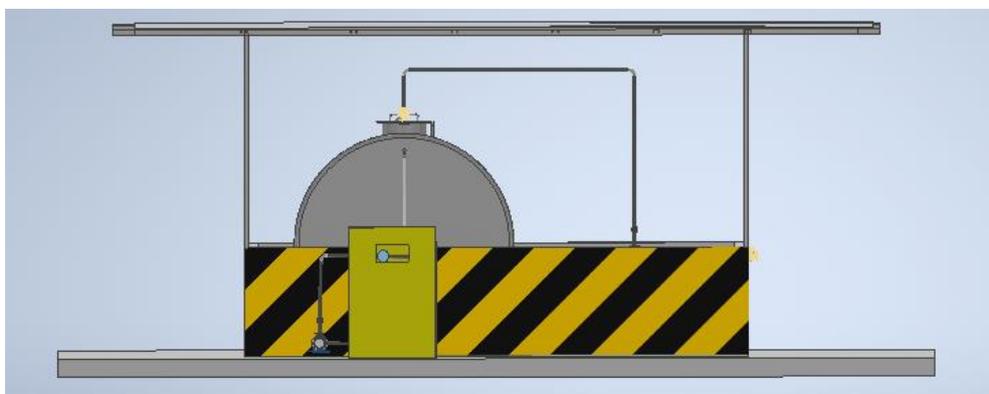
**Figura 2.25 Válvula de control de flujo SINGER 106 RF (Singer, 2019).**

#### 2.5.4. Ensamble del tanque de almacenamiento y sistema de distribución

Todos los tanques de almacenamiento deben de estar contenido por un dique de contención (Cubeto), lo cual se lo realiza mediante la Norma NFPA 30 que recomienda una altura mínima de 1.2 m y de 1.8 m como máximo sobre el nivel de suelo, como también la distancia del tanque de almacenamiento a los muros del cubeto tendrá como mínimo 1m o la mitad del diámetro (NFPA, 2008).



**Figura 2.26 Vista Isométrica del Tanque y distribución de gasolina (Elaboración propia).**



**Figura 2.27 Vista frontal del Tanque y distribución de gasolina (Elaboración propia).**

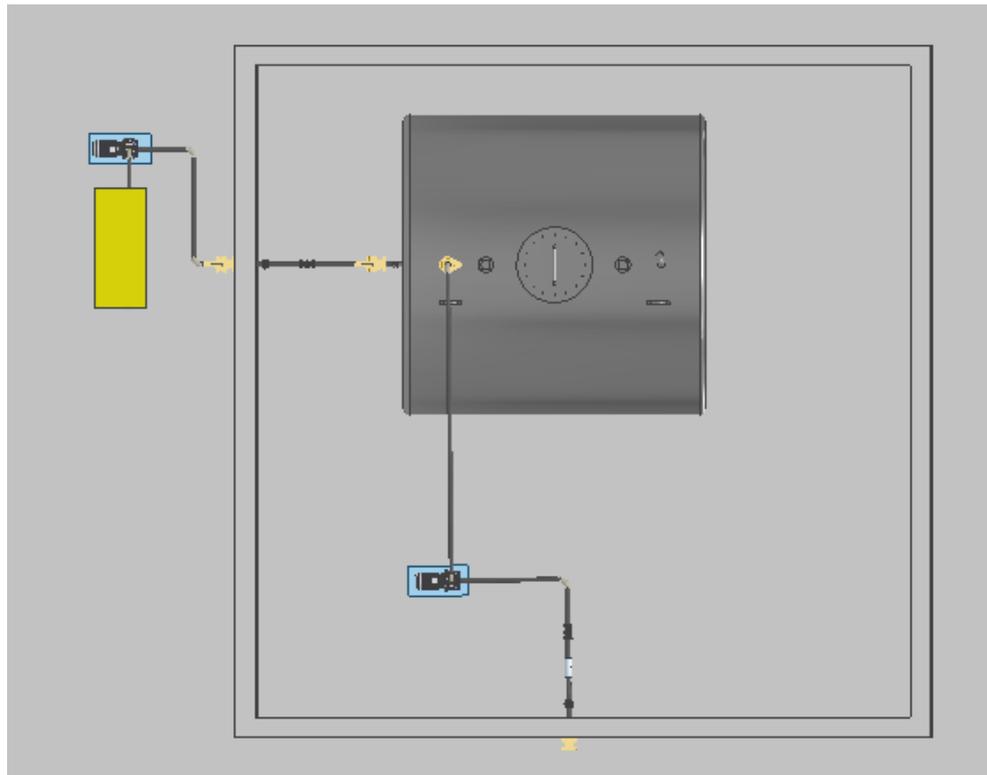


Figura 2.28 Vista superior del Tanque y distribución de gasolina (Elaboración propia).

### 2.5.5. Simulación con software del tanque y sistema de distribución

Para esta sección, partimos con las siguientes condiciones:

- Para el sistema de carga y descarga el caudal es constante.
- Cada sistema trabajara de forma independiente, es decir, primero se carga el tanque y después se descarga.

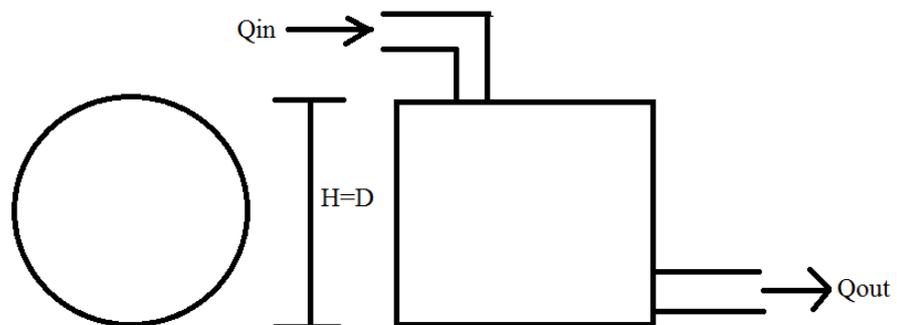


Figura 2.29 Diagrama del tanque, entrada y salida de caudales del sistema de distribución (Elaboración propia).

Entonces se tiene la ecuación que representa el sistema:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (2.31)$$

**Sistema de carga:**

$$Q_{out} = 0$$

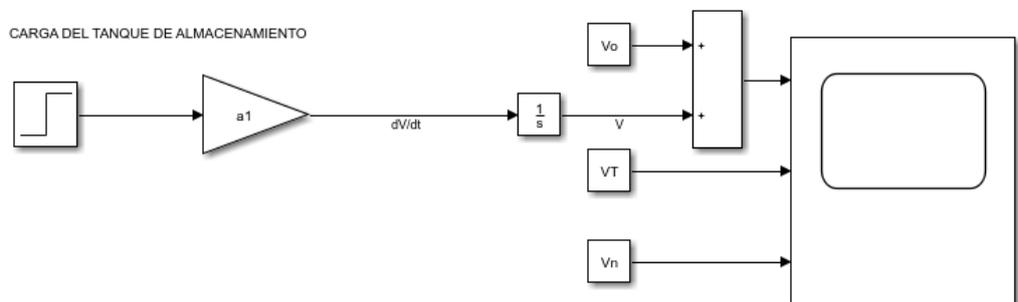
$Q_{in} = q_{in} * a_1$ . Donde  $a_1$  es la abertura de la válvula antes de ingresar al tanque.

$V=A*L$ . Donde  $V$  es el volumen total del tanque horizontal,  $A$  es el área de la base y  $L$  es la longitud del tanque.

El área  $A$  no es constante y varía en función de la altura  $H$  que es igual al diámetro del costado del tanque, esta es representada mediante:

$$A = \left( \cos^{-1} \left( \frac{r-h}{r} \right) * r^2 \right) - \left( (r-h) * \sqrt{2rh-h^2} \right) \quad (2.32)$$

Representado la ecuación 2.32, con la ayuda de la herramienta Simulink de Matlab, tenemos:



**Figura 2.30 Diagrama de bloque de la carga del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

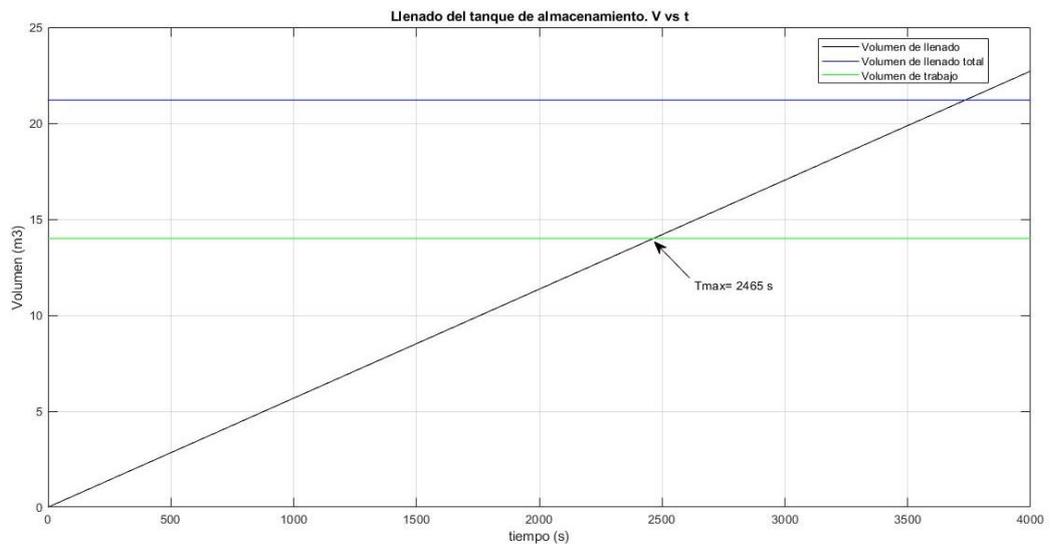
```

%Condiciones iniciales para el sistema de carga del tanque de almacenamiento
q1=0.00568      %caudal de entrada      (m3/s)
a1= 1           %abertura de la valvula
VT=21.206      %volumen total del cilindro (m3)
Vn=14.006      %Volumen de trabajo      (m3)
ho=0           %altura de entrada      (m)
r=1.5          %radio del cilindro     (m)
L=3            %longitud del cilindro   (m)
Vo=((acos((r-ho)./r).*(r.^2))-((r-ho).*((2.*r.*ho)-(ho.^2)).^(1/2))).*L
tresp= 30      %tiempo de respuesta    (s)

```

q1 = 0.0057
a1 = 1
VT = 21.2060
Vn = 14.0060
ho = 0
r = 1.5000
L = 3
Vo = 0
tresp = 30

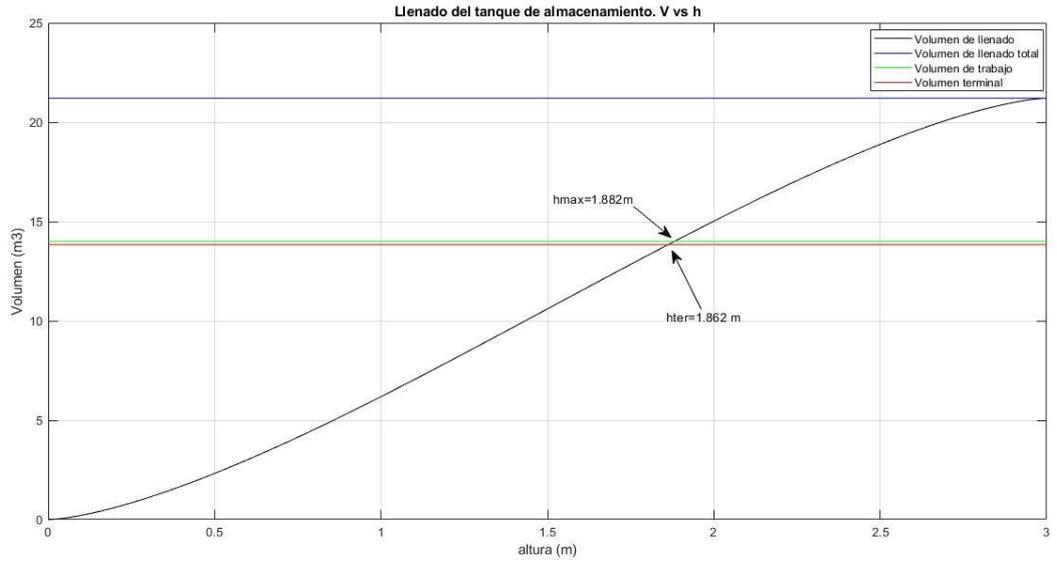
**Figura 2.31 Condiciones iniciales para el sistema de carga (Elaboración propia).**



**Figura 2.32 Llenado del tanque de almacenamiento. V vs t (Elaboración propia).**

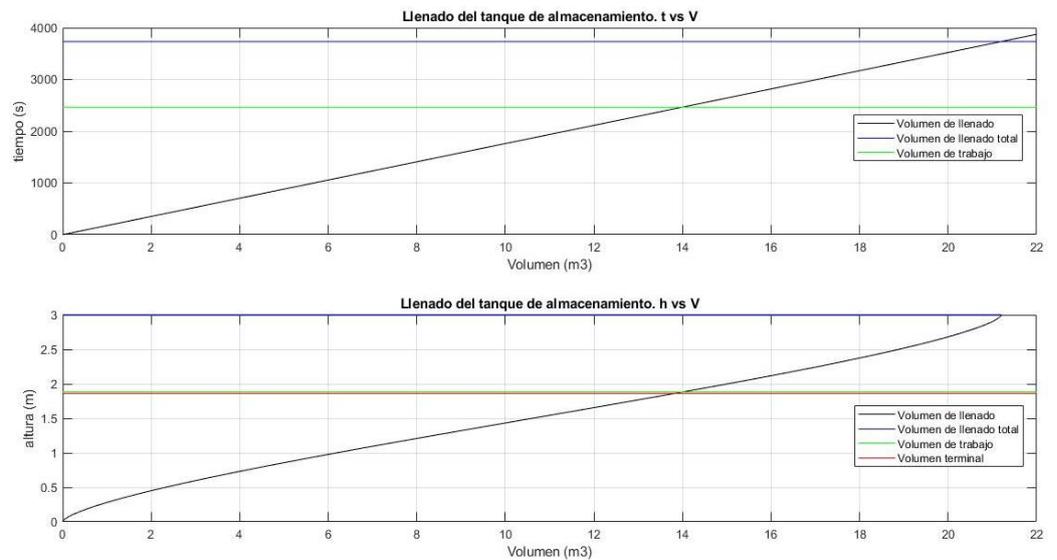
Gráficamente se obtiene que el tiempo de llenado que cubrirá los 14.006 m<sup>3</sup> (3700 galones), es de 2465 s.

Para representar la variación del llenado del tanque respecto a la altura, utilizando la fórmula y Matlab tenemos:



**Figura 2.33 Llenado del tanque de almacenamiento. V vs h (Elaboración propia).**

Gráficamente se obtiene que la altura de llenado que cubrirá los 14.006 m<sup>3</sup> (3700 galones), es de 1.882 m. Pero se considera antes un tiempo de respuesta de 30 s para preparar el finalizado del llenado, lo cual representaría en una altura de 1.862 m (2 personas operando).



**Figura 2.34 Comparación del tiempo y altura de carga del tanque (Elaboración propia).**

### Sistema de descarga:

Para este sistema se conforma del llenado del tanque de un yate promedio de capacidad 30 galones. Partimos calculando el tiempo de recorrido del combustible desde la bomba hasta la salida de la línea para cargar el yate (Roca, 2014).

$$t = \frac{e * d^2 * \pi}{4 * q} \quad (2.33)$$

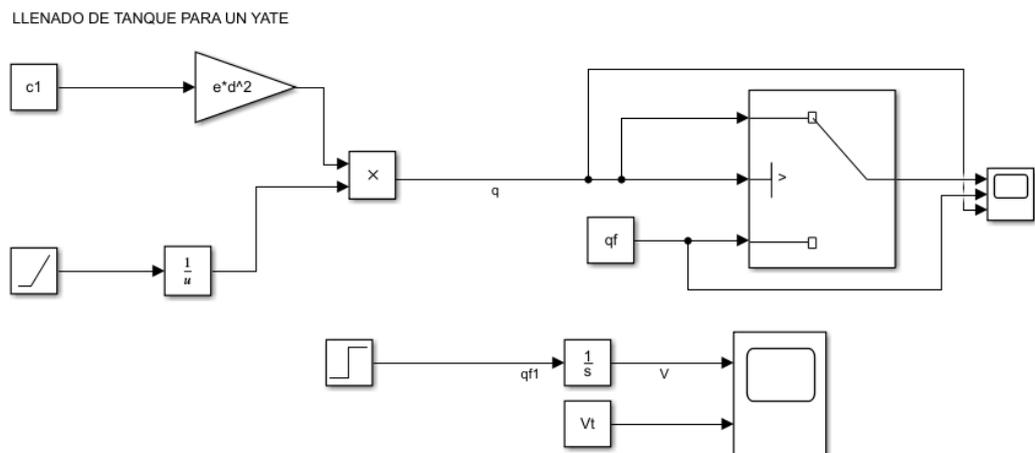
Donde:

t=tiempo de recorrido desde la bomba hasta la línea de descarga

e=distancia que recorre la gasolina

d=diámetro de la tubería

q=caudal de descarga, para este caso se utiliza 15 GPM



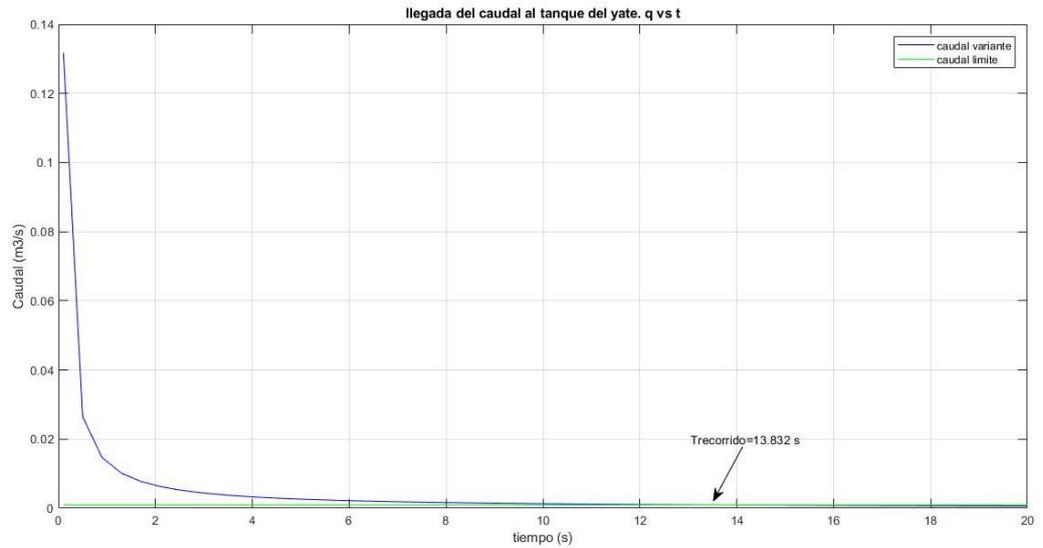
**Figura 2.35 Diagrama de bloque para el llenado del tanque de un yate (Elaboración propia).**

```

%Llenado de tanque para un yate promedio de 30 galones
e=6.5 %Distancia que recorre la gasolina para llegar al tanque del yate
d=0.0508 %diametro de la tuberia (m)
c1=pi/4 %factor constante
qf=0.000946 %caudal de llenado de 15 GPM en m3/s
Vt=0.1136 %volumen de 30 galones en m3
    
```

e = 6.5000
d = 0.0508
c1 = 0.7854
qf = 9.4600e-04
Vt = 0.1136

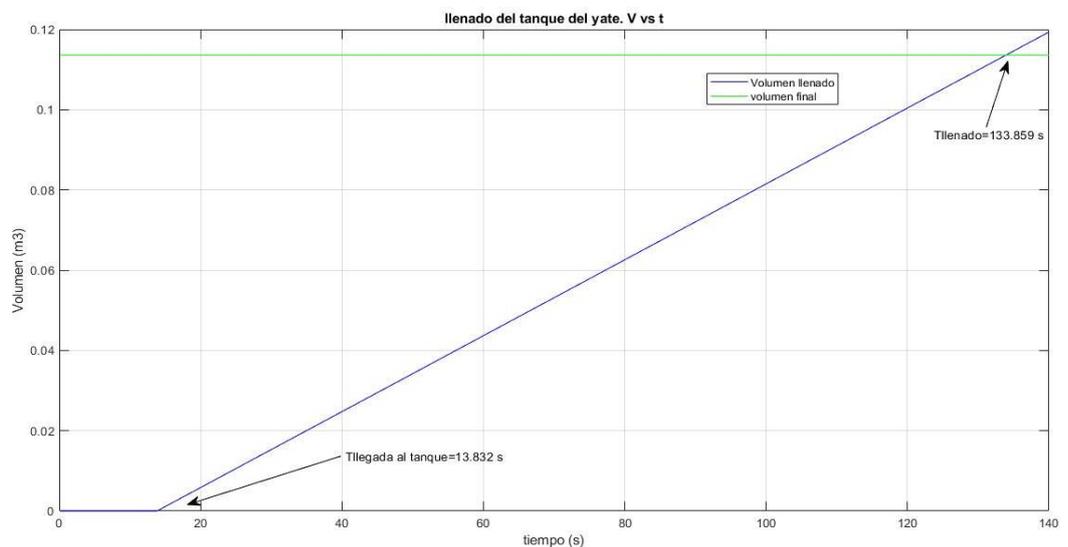
**Figura 2.36 Condiciones iniciales para el llenado del tanque de un yate (Elaboración propia).**



**Figura 2.37 Llegada de la gasolina al tanque del yate. q vs t (Elaboración propia).**

Gráficamente se obtiene que el tiempo de recorrido desde la bomba hasta la descarga es de 13.832 s.

Para representar la variación del tiempo llenado del tanque considerando el resultado anterior, utilizando Simulink y Matlab tenemos:



**Figura 2.38 Llenado del tanque del yate. V vs t (Elaboración propia).**

Gráficamente se obtiene que el tiempo total de llenado del tanque del yate que cubrirá los 0.1136 m³ (30 galones), es de 133.859s.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

De acuerdo con la metodología descrita en el capítulo 2, se presenta los resultados de análisis para el diseño del tanque de almacenamiento con su sistema de control y distribución de gasolina.

Mediante el análisis realizado después de la investigación referente a lo que tiene que ver con diseño de tanques, se seleccionaron los diferentes elementos que intervienen tanque en el tanque como en el sistema de distribución y control. Todo esto con la aplicación de los conocimientos aprendidos y la utilización de software, tendiendo que analizar un plan de mantenimiento para el conjunto total, así también considerando un estudio económico y consideraciones ambientales, para analizar la factibilidad del trabajo en base a estos dos últimos aspectos.

### 3.1. Requerimientos del diseño

Se detalla las características calculadas para el tanque de almacenamiento horizontal:

**Tabla 3.1 Características del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

Características	Descripción	Observaciones
Capacidad	3700 Galones	
Diámetro	3 m	
Longitud	3 m	
Espesor	6 mm	Plancha Naval ASTM 131
Casquete	ASME División 1 sección VIII	Plana con ceja
Manhole	API 650	Tamaño de la entrada hombre
Boquilla	API 650	Conexión con la tubería
Brida	ASME B16.5	Conexión con la tubería
Respiradero	API 650	En contacto con el ambiente
Oreja de izaje	ASME VIII	Soporta capacidad total en kg

Todas las características mencionadas, es en énfasis a las medidas obtenidas en el capítulo anterior, así como también en el empleo de diferentes normas como son: API 650 y ASME VIII, estos valores se encuentran en tablas en la sección 2.5.1.

La máxima presión que soporta el tanque, con respecto al programa Inventor corresponde a 7.63 MPa; y la resistencia del material del tanque corresponde a 220.63 MPa, entonces el Factor de seguridad es 28.92.

En la sección 2.5.1.12 se trató el aspecto de la temperatura en la superficie exterior del tanque, considerando la irradiación proveniente del sol, la cual es un valor promedio de la difusa y la directa, encontrando así que dicha temperatura corresponde a 49.3°C, en la cual se considera que hay energía acumulada en el interior del tanque.

### 3.2. Sistema de distribución y control

#### 3.2.1. Sistema de distribución

A continuación, se detalla las características más relevantes obtenidas para el sistema de carga y descarga:

**Tabla 3.2 Características del sistema de distribución: carga y descarga (Elaboración propia).**

Características	Medidas	Observaciones
Velocidad de la gasolina	3700 Galones	Velocidad recomendada
Caudal	2.8 m/s	
Tubería	88.95 GPM	Acero al carbono ASTM A53
Codo de 90°	2"	Acero al carbono ASTM A234
Válvula Check	2"	Plana con ceja
Filtro Tipo Y	2"	Acero al carbono
Válvula de bola	2"	Acero al carbono
Unión universal	2"	Acero al carbono
Bombas Centrífugas	Catálogo EBARA	Acero inoxidable
Motores	Catálogo THOMPSON	Con sistema antiexplosivo
Contadores	Catálogo SINGER	Medidores de flujo

Para el sistema de carga y descarga se tiene que:

Se necesita un cabezal de bombeo de 15 m, para lo cual se escogió una bomba EBARA modelo 32-125/2.26 de 3600 RPM, con una eficiencia de 64%. Una necesaria potencia de freno (BHP) de 1.5 HP, con un motor antiexplosivo de 3600 RPM marca THOMPSON YBX3 90L-2 de 2.2 KW con eficiencia de 85.6%.

En cuanto al valor del NPSH, referente a la cavitación, en la sección 2.5.2.7 se detalla cómo se estos valores se cumplen tanto para la carga y descarga, los cuales corresponden a 5.06 m y 5.51 m respectivamente, tomando en cuenta las curvas características de la bomba escogida.

### **3.2.2. Sistema de control**

En la tabla 2.16, de la sección 2.5.3, se muestran los parámetros de selección para la válvula de control hidráulica, la cual será una válvula marca SINGER modelo 106RF, la cual se instalará en la sección de descarga, ya que como esta válvula regula el flujo de gasolina, desde un mínimo a un máximo caudal, en nuestro caso el caudal de salida que se requiere es de 15 GPM.

### **3.3. Metodología de fabricación del tanque de almacenamiento**

Al iniciar el proceso de fabricación del tanque, es de vital importancia la correcta selección de materiales, por lo tanto, se usan planchas navales estructurales de calidad ASTM A131 con medidas de 6mm x 1500 x 6000, que se usará para los anillos y los casquetes.

Los casquetes es un conjunto de dos planchas que se forma mediante una máquina ensambladora de tapas, cumpliendo con las medidas especifica en el diseño, formando así las dos caras del cuerpo.



**Figura 3.1 Casquetes del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

El cuerpo del tanque es la que contendrá el combustible que será la gasolina, para formar el cilindro contendrá dos anillos horizontales, con lo cual es realizado mediante una máquina roladora por partes, dando las formas cilíndricas del tanque. Teniendo las partes roladas, se procede a soldar con proceso SMAW Electrodo 7018 con un cordón de soldadura con una separación de 20 cm, esto se realiza para poder unir cada plancha rolada y así formar los dos anillos para luego ser acoplados y formar el cilindro que es el cuerpo del tanque de almacenamiento.

Para su acoplamiento se necesita ser anclado de manera segura, usando equipo de izaje (tecle, faja, cabo). De esta forma se coloca ambos anillos de manera que queden alineados.



**Figura 3.2 Anillos del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

Se procede a soldar en la separación de cada plancha del tanque, usando soldadura con proceso MIG. Para eso se realiza un bisel doble en todas las juntas que se requiere soldar debido a que es ideal para espesores grande, esto se lo realiza tanto en el interior como en el exterior del tanque.



**Figura 3.4 Bisel (Elaboración propia).**



**Figura 3.3 Soldadura con proceso MIG (Elaboración propia).**

De este modo se procede a realizar los accesorios del tanque que sería la escotilla o el manhole, la válvula de entrada y salida, como también la válvula de venteo, de este modo se procede a colocar en el cuerpo del tanque con la media correspondiente con referencia del diseño.



**Figura 3.5 Escotilla o Manhole (Elaboración propia).**



**Figura 3.6 Válvula de entrada (Elaboración propia).**

De este modo cuando ya esté realizado el proceso de soldadura se aplica un tratamiento al metal usando grata para la limpieza de la soldadura quedando listo para la aplicación de la inspección, este procedimiento se usa de acuerdo a la norma API 650.



**Figura 3.7 Aplicación de grata en las soldaduras del tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

### 3.4. Selección de inspección de prueba de ensayos no destructivos

Para la inspección del tanque de almacenamiento está relacionado con el ensayo no destructivos con lo cual consisten en tener que aplicar pruebas de calidad, sin alterar las propiedades físicas y química del estado original del material, permitiendo así la evaluación de la discontinuidad que tendría (Bunge & Magallanes).

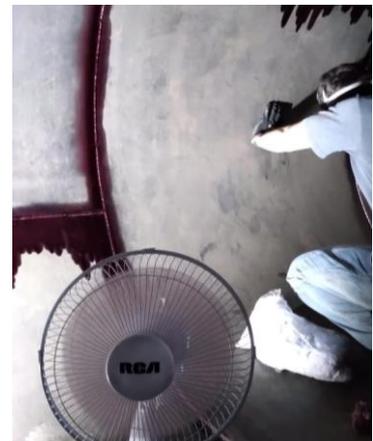
Para poder identificar los resultados se podrá interpretada dependiendo del método de inspección que se aplique.

#### 3.4.1. Ensayo no destructivo usando tinta penetrante

En su uso consiste de acuerdo a la norma API 650 en aplicar un líquido colorido en toda la superficie de la soldadura penetrando así para poder detectar la discontinuidad del material, después se deja secar en un tiempo de 1 hora para poder aplicar el revelador de manera uniforme dejando secar 30 minutos. Luego de este tiempo se puede proceder con el análisis.



**Figura 3.8 Procedimiento final de la aplicación de tinta penetrante (Elaboración propia).**



**Figura 3.9 Aplicación de tinta penetrante (Elaboración propia).**

En la inspección no se presentó ningún fallo como podemos apreciar en la ilustración 9. Las inspecciones se deben de realizarse al menos cada 5 años.

### 3.5. Limpieza superficial y pintura

Cuando se realiza la inspección, el siguiente procedimiento para la limpieza de la superficie del tanque sería en la aplicación de limpieza abrasiva por chorro, que sería el granallado, aplicando en el interior como el exterior del tanque, esto nos permite una protección contra la corrosión permitiendo así el aumentar la vida útil de material.



**Figura 3.10 Aplicación de granallado al tanque de almacenamiento (Elaboración propia).**

De este modo se aplica pintura anticorrosiva una para el fondo que es el Jet Duramastic 2 Catalizador con catalizador y para el acabado sería Jet Jethane Gal Gris Ral 7035 con su catalizador.



**Figura 3.12 Jet Jethane Gal Gris Ral 7035 (Elaboración propia).**



**Figura 3.11 Jet Duramastic 2 Catalizador (Elaboración propia).**

### 3.6. Seguridad en el tanque de almacenamiento

En los tanques de almacenamiento debe de tener como prioridad la seguridad, estando situado en un lugar alejado de toda área industriales como comerciales, aplicando tanto como el rotulado como los factores de seguridad que se debe de tener se basara de acuerdo a la Norma INEN 2266.

#### 3.6.1. Rótulos de peligro

Para los identificadores se selecciona como líquido inflamable y combustible la clase 3 El rombo de la rotulación no debe de ser menor de 250 mm x 250 mm.



Símbolo (llama): negro o blanco;  
Fondo: rojo; Número "3" en el ángulo inferior

Figura 3.13 Simbología de riesgos (INEN, 2019).

Señales de la NFPA 704 es un código con lo cual explica el diamante del material en peligro, con lo cual constan con 4 colores que tiene como significado azul (peligro para la salud), rojo (amenaza de inflamación), amarillo (peligro por reactividad), blanco (indicaciones especiales).



Figura 3.14 Señales de NFPA704 (INEN, 2019).

Teniendo en cuenta la norma INEN 2266 en la rotulación del NFPA 704 son usados para tanque fijos de almacenamiento.



**Figura 3.15 Rotulación de peligro (INEN, 2019).**

Teniendo los parámetros podemos aplicarlo en el diseño como en el tanque de almacenamiento como sus rotulados de seguridad.

Para cubierta, es metálica Steel panel de 0.25 mm de espesor con perfilaría de tubos cuadrados con respecto al plano del diseño, quedando la construcción finalizada.



**Figura 3.16 Tanque de almacenamiento y sistema de distribución (Elaboración propia).**

### **3.7. Mantenimiento del tanque y el sistema de distribución**

En los tanques de almacenamiento es de vital importancia para la seguridad tanto para los usuarios como en el medio ambiente, la funcionalidad y eficiencia y tener una mejor vida útil. En un plan de mantenimiento en lo que esta se basará tanto para inspecciones y los mantenimiento preventivo o correctivos.

#### **Mantenimiento correctivo**

Para los mantenimientos correctivos, son requeridos si en el tanque se presenta una avería, ruptura o fallos, como también cuando ya alcanza su vida útil, también en los cambios de los accesorios que se requiere de las tuberías de cargas y descarga.

Para los procedimientos en el mantenimiento para tanques de almacenamiento, son usadas las normas vigentes con los cuales se usará el API 653.

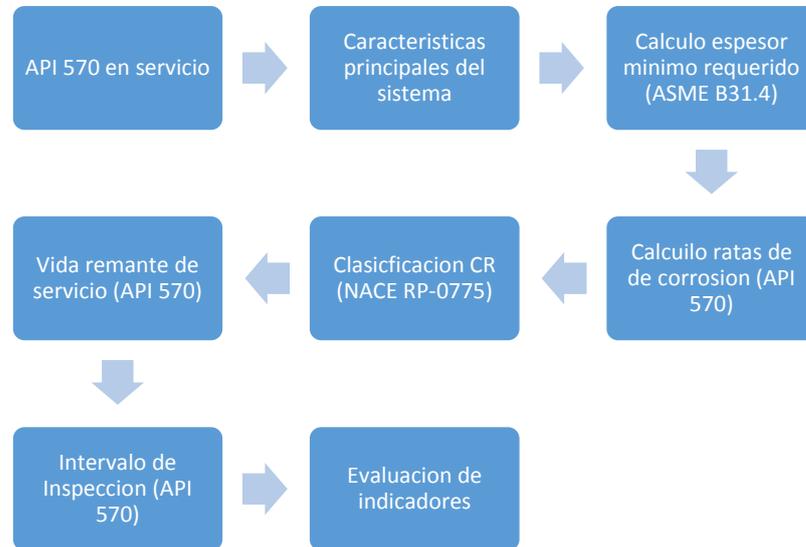
#### **Mantenimiento preventivo**

En los mantenimientos preventivos se requiere al iniciar una limpieza como reparación de componente que no sea de mucha dificultad, para mantener la eficiencia y la durabilidad evitando así posibles fallos a futuros, estos mantenimientos se lo deben de realizar periódicamente, para que siempre este sus accesorios como sus componentes en buen estado.

#### **Sistema de distribución**

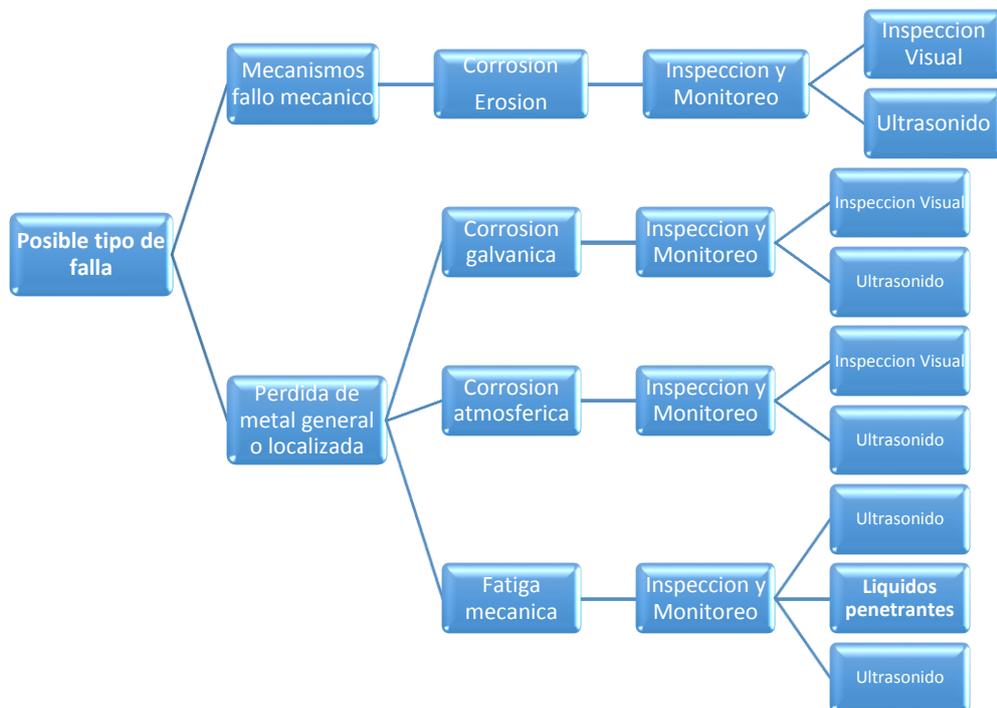
Tomando referencia las normas API 570 y ASME B31.4. Estas dos normas encierran los elementos de la tubería y las válvulas que están en el sistema.

En la siguiente figura se muestra el flujo de paso para la ejecución de la inspección. (API, 1998)



**Figura 3.17 Aplicación de inspección al sistema (Elaboración propia).**

Posteriormente se provee un plan de los diferentes tipos de inspección que pueden intervenir en nuestro sistema, debido a posibles fallas que se puedan presentar.



**Figura 3.18 Enfoque general para inspección de tuberías y válvulas del sistema de distribución (Elaboración propia).**

La inspección visual, es que se puede realizar con mayor facilidad, permitiendo detectar daños mecánicos, perdidas por corrosión externa, deformaciones, condiciones subestándares. Para así poder aplicar la reparación, reemplazo de la tubería o de las válvulas según las indicaciones en ASME B31.4. Para el caso de las bombas y motores, el mantenimiento de estos viene dado por los respectivos catálogos de los fabricantes (ASME, 2020).

### **Análisis Económico**

El análisis abarcara tanto los costos de materiales que se requieren tanto del tanque como los accesorios del sistema de distribución, mano de obra y el mantenimiento que se realiza.

**Tabla 3.3 Costo total de fabricación del tanque y sistema de distribución  
(Elaboración propia).**

Cantidad	Descripción	P/ Unitario	V. Total
10	PLANCHA DE ACERO ESTRUCTURAL NAVAL ASTM 131 6000MMX1500MMX6MM	\$ 688,33	\$ 6.883,30
2	BRIDA DESLIZ (SO) AC FORJ A105 CL 150 RF - 2" - 4H USA PERNO 5/8"X3"	\$ 7,00	\$ 14,00
3	NEPLO NEG C40 2" X 6"	\$ 4,25	\$ 12,75
4	DIPANEL DP5 0,25 MM X 2440 MM	\$ 11,86	\$ 47,44
32	PERNOS ACERO INOXIDABLE UNC 5/8"X3"	\$ 2,46	\$ 78,72
32	TUERCAS ACERO INOXIDABLE 304 5/8"	\$ 0,80	\$ 25,60
6	MECH CODO .150-2"X90° UL/FM	\$ 4,29	\$ 25,74
2	NIBCO V.CHECK Y BRONCE ROSC CL 150 - 2" ASIENTO BRONCE T-433-B	\$ 271,78	\$ 543,56
1	WMCD FILTRO 2" HF 250# TIPO Y CIY-17-N-020	\$ 116,70	\$ 116,70
4	VAL BOLA AC.CARBON 2" 2P 1000#	\$ 26,55	\$ 106,20
4	NUDO (UNION UNIV) 2" AC FORJ CL 3000 A105 ROSC NPT	\$ 21,93	\$ 87,72
4	TUBERÍA ACERO AL CARBÓN SHC40 DE 2"	\$ 10,54	\$ 42,16
1	PISTOLA SURTIDORA DE COMBUSTIBLE MANUAL DE 1"	\$ 44,57	\$ 44,57
1	CONTADOR		\$ -
6	TUBO CUADRADO ACERO AL CARBÓN 75MM X 2MM	\$ 37,30	\$ 223,80
9	PERFIL CANAL G 60X30X10X1,8 MM	\$ 13,64	\$ 122,76
6	KIT JET DURAMASTIC 2 BLANCO 1700 1 GL	\$ 50,00	\$ 300,00
3	JET DURAMASTIC 2 BLANCO 1700 1 GL	\$ -	\$ -
3	JET DURAMASTIC 2 CATALIZADOR 1 GL	\$ -	\$ -
4	KIT JET POX 2000 BLANCO 1700 1GL	\$ 55,00	\$ 220,00
2	JET POX 2000 BLANCO 1700 1GL	\$ -	\$ -
2	JET POX 2000 CATALIZADOR 1 GL	\$ -	\$ -
2	JETPOXY 100 1GL	\$ 18,00	\$ 36,00
1	JETPOL 1 GL	\$ 20,00	\$ 20,00
2	KIT JETHANE GAL GRIS RAL 7035 1 GL	\$ 55,00	\$ 110,00
2	JETHANE GAL GRIS RAL 7035 1GL	\$ -	\$ -
2	JETHANE GAL CATALIZADOR 1/4 GL	\$ -	\$ -
1	CONTADOR DIGITAL PARA COMBUSTIBLE 2 A 35 GPM - 1" MODELO TTAN MAX PRESIÓN 50 PSI, +/- 1% DE PRECISIÓN MARCA FILL RITE PROCEDENCIA ESTADOS UNIDOS.	\$ 317,94	\$ 317,94
2	B.C.EJE LIBRE A/INX EBARA 3PF32-125 2X1. 25 BRID MARCA: EBARA (ITALIA), MODELO: 3PF 32-125 CARCAZA/IMPELLER: ACERO INOXIDABLE AISI 304 CONEXIÓN DE SUCC/DESC: 2 X 1.25" BRIDADA CAUDAL: 80 GPM, PRESIÓN: 23 MCA FLUIDO: GASOLINA	\$ 1.966,73	\$ 3.933,46
2	MOTOR EXPLOSIÓN PROOF THOMPSON-YBX3 90L-2EX. 1,3HP (3600RPM) 220-440V 60HZ.	-	-
4	CARA ACOPLA L100 BUNA-EVERLAST COUPLINGS.	-	-
2	CAUCHO ACOPLA L100 BUNA-EVERLAST COUPLINGS.	-	-
2	BASE BOMBA-INCLUYE GUARD-PRE-ALIN. 3HP	-	-
1	VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO DE 50MM MODELO: 106F-RF.	\$ 2.144,53	\$ 2.144,53
1	MANO DE OBRA DE LA FABRICACIÓN DEL TANQUE Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	\$ 17.000,00	\$ 17.000,00
<b>COMENTARIO:</b>		<b>TOTAL</b>	\$ 32.456,95
*Se requiere 30 días laborables para la culminación del proyecto		<b>DESCUENT</b>	\$ -
		<b>SUB TOTAL IVA 12%</b>	\$ 3.894,83
		<b>GRAN TOTAL</b>	\$ 36.351,78

El costo total de la fabricación e instalación del proyecto sería de \$36.351,78.

**Tabla 3.4 Costo del mantenimiento preventivo (Elaboración propia).**

Costo del Mantenimiento Preventivo del Tanque y Sistema de Distribución			
Cantidad	Descripción	P/ Unitario	Total ( USD)
	INSPECCIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO	-	-
	INSPECCIÓN EN LOS ACCESORIOS DEL TANQUE Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN		
	DESGASIFICACIÓN DEL TANQUE	-	-
	RETIRO DE DESECHOS	-	-
	ILUMINACIÓN EN EL INTERIOR DEL TANQUE	-	-
	LIMPIEZA EN EL INTERIOR DEL TANQUE	-	-
	LIMPIEZA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	-	-
	MONITOREO DE LOS GASES EXISTENTE	-	-
	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA USANDO TINTA PENETRANTE	-	-
	COSTO DE HERRAMIENTAS USADAS	-	-
1	MANO DE OBRA TOTAL	\$ 1.685,00	\$ 1.685,00

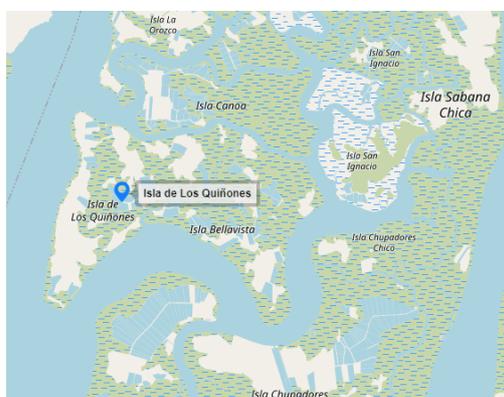
  

COMENTARIO:		TOTAL	\$ 1.685,00
*Se recomienda un mantenimiento preventivo cada trimestre del año. * Se requiere 3 días laborables para la culminación del mantenimiento		DESCUENT	\$ -
		SUB TOTAL IVA 12%	\$ 202,20
		GRAN TOTAL	\$ 1.887,20

Para el mantenimiento estimado se basará a una frecuencia semestral, a un tiempo estimado de 3 días laborables lo cual se considera \$1.887,20 y si fuera correctivo el costo dependerá de las fallas que se presente.

### 3.8. Problemas añadidos al tanque de almacenamiento sobre el ecosistema

El tanque de almacenamiento junto al sistema de distribución será instalado en una cubeta, ubicado en la isla Quiñones al sur de Punta Tambulinero, Golfo de Guayaquil.



**Figura 3.19 Ubicación de la instalación del tanque y sistema de distribución (Google-Maps, 2021).**

Según indicaciones del cliente el sitio donde será instalado el tanque se encuentra, a la edificación más cercana, a aproximadamente 1 km de distancia. Es decir, el contacto con las personas será mínimo, ya sea para: carga y descarga del combustible y mantenimiento del mismo. En su mayor parte estará aislado de las personas, y tendrá más contacto con el ecosistema de la isla.

El tanque y sistema de distribución, está diseñado de tan manera, de que no haya fuga de combustible, ya que se aplicaron las diferentes normas API y ASME, en la sección de juntas de soldadura, además de que se aplicaron capas de pinturas en el tanque para protección, ante la corrosión y fuga de combustible.

El tanque estará instalado en una cubeta de 5x5 m de hormigón y el piso también será del mismo material, en caso de alguna fuga, la gasolina se concentrará en esta área, sin que se esparza al medio circundante, es decir, no tendrá contacto con la flora y fauna de la isla, a excepción del aire ambiente.



**Figura 3.20 Cubeto (Elaboración propia).**

En contacto con las personas puede causar:

- Somnolencia y mareos
- Ligera irritación en la piel (piel y ojos)

En contacto con el ambiente se comporta de modo que:

- Sea intrínsecamente biodegradable, se presentará corrosión por reacciones fotoquímicas en el ambiente.
- Sea toxico para la vida acuática con efectos nocivos de larga duración.
- Contiene componentes con potencial de bioacumulación.
- Si la gasolina ingreso en el suelo, algunos componentes son móviles y pueden contaminar acuíferos, u otra reserva de agua.
- Como la gasolina flota en el agua, forma películas que podrían afectar a la transferencia de oxígeno y perjudicarían a los organismos (Petroecuador, 2014).

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Se diseñó un tanque horizontal para almacenamiento de 3700 galones y distribución de gasolina, carga hasta 90 GPM y descarga hasta 15 GPM.
- La pared del tanque, la tapa, manhole, boquilla, brida, respiradero y oreja de izaje fueron construida con acero al carbono, siguiendo el conjunto de normas: API 650; el cual cubre requerimientos para materiales, diseño, fabricación, montaje y pruebas de tanques soldados no enterrados para presiones internas aproximadas a la atmosféricas. Y ASME (VIII, B16.5); el primero se enfoca en la construcción de recipientes a presión y abarca el diseño, fabricación y la inspección de los mismos; el segundo abarcando las características de las bridas forjadas en acero al carbono.
- La temperatura máxima superficial estimada para el tanque es de 49.38°C, que entra en el rango de trabajo según la norma UN-1203 la cual se aplica para líquidos inflamables o un punto de inflamación inferior o igual a 60°C
- Las válvulas, tubería, codos, filtros, bombas y motores fueron seleccionados de acero inoxidable y al carbono, cumpliendo los requerimientos de la norma API 650 y la norma ASME B 31.4, esta última abarca el diseño, construcción, inspección y mantenimiento de tuberías de transporte de hidrocarburo líquidos.
- Se obtuvo en tiempo de llenado del tanque de aproximadamente de 41.08 min. de los 3700 galones, y un tiempo de descarga para un yate de 30 galones de aproximado de 2.23 min, estos tiempos de operación fueron obtenidos en base a los requerimientos del cliente y de las condiciones de trabajo para este tipo de combustible.
- Para el acabado final, se realizó la técnica del granallado, esto se hizo para preparar la superficie para la aplicación de las pinturas anticorrosivas para incrementar la vida útil del tanque.

- Considerando los factores ambientales, en caso de fuga de gasolina del tanque, esta tendrá consecuencias mínimas para las personas y la naturaleza. Ya que la gasolina estaría contenida en un lugar determinado, dique de contención de 5x5x1.2m.
- El análisis de costo del tanque, sistema de control y distribución fue de \$36,351.78 se incluye la fabricación e instalación, con un mantenimiento preventivo anual estimado de \$1.887,20. Estos valores entran el rango de inversión haciendo que el proyecto viable, además de que todos los materiales son del mercado nacional.

#### **4.2. Recomendaciones**

- Para la zona de la descarga, considerar la utilización de una bomba VIKING Gg4195 de desplazamiento positivo para reducir costos, ya que este tipo de bomba trabaja normalmente para fluidos con densidad y viscosidad mayor al agua.
- Considerar una forma diferente de ensamblaje de la línea de tuberías y accesorios involucrados en el sistema de distribución, esto es para reducir costos de los materiales.
- En la fabricación para la optimización de costo se realizó el sistema de descarga sin el contador y la pistola de distribución, por lo tanto, se considera para una mejor eficiencia de distribución, la aplicación de estos componentes.

# BIBLIOGRAFÍA

- API, I. A. (1998). Código de inspección de tuberías.
- API650. (1998). Estanques de Acero soldados para el almacenamiento de petróleo.
- ARHENDRIX. (2021). Tanques de almacenamiento de la esfera industrial de gas GLP. Obtenido de [https://es.123rf.com/photo\\_28007694\\_tanques-de-almacenamiento-de-la-esfera-industrial-de-gas-lpg.html](https://es.123rf.com/photo_28007694_tanques-de-almacenamiento-de-la-esfera-industrial-de-gas-lpg.html)
- ASME. (2020). Asme B16.5.
- Blanco, Velarde, & Fernandez. (1994). Sistema de Bombeo. Obtenido de [https://issuu.com/bedermauriciocayatopaquispe/docs/sistemas\\_de\\_bombeo](https://issuu.com/bedermauriciocayatopaquispe/docs/sistemas_de_bombeo)
- Bunge, J., & Magallanes, D. (s.f.). Ensayos No destructivos. Obtenido de <https://docplayer.es/14546734-Ensayos-no-destructivos-ing-jorge-bunge-ing-diego-magallanes.html>
- Canahua, H., & Ticona, P. (2016). Aplicación de ensayos no destructivos y control de calidad en la fabricacion de tanques de almacenamiento atmosferico empleando acero astm-A36 según norma api-650. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1914?show=full>
- Capurelli. (2021). Tanques Metalurgica Capurelli. Obtenido de <http://www.capurelli.com/tanques.html>
- CASP. (2021). Silos Conicos. Obtenido de <https://www.casp.com.br/es/almacenaje-de-granos/silos-conicos/>
- EBARA. (2020). Centrifugal Pumps 3 Series. Obtenido de <http://www.ebara.es/productos/bombas-centrifugas-horizontales/series-3-3s-3ls/>
- Ellison, D. (2021). Corroido y corroer de los buques de almacenamiento de productos quimicos en un planta quimica compleja. Obtenido de <https://www.alamy.es/foto-corroido-y-corroer-los-buques-de-almacenamiento-de-productos-quimicos-en-una-planta-quimica-compleja-13402926.html>
- Fernandez, A. (2020). Diseño y Analisis Estructural de deposito elevado de agua. Obtenido de <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/20290/430191.pdf?sequence=1>

- González, D. (2018). Diseño y cálculo de un tanque de almacenamiento de un fluido de alta temperatura. Obtenido de [http://oa.upm.es/51986/1/TFG\\_DAVINIA\\_GONZALEZ\\_DORTA.pdf](http://oa.upm.es/51986/1/TFG_DAVINIA_GONZALEZ_DORTA.pdf)
- Google-Maps. (2021). Ubicacion de la instalacion de almacenamiento y sistema de distribucion.
- INDUCOM. (Septiembre de 2020). Motores explosion proof Thompson. Obtenido de <https://inducom-ec.com/motores-explosion-proof-thompson/>
- INEN. (s.f.). Norma INEN 2266.
- J2MECH. (2020). Obtenido de <http://www.j2mech.com/tanques-api-650/tanques-de-almacenamiento-y-estandar-api-650/>
- Jaca, R., & Godoy, L. (2003). Colapso de un tanque metalico en consteuccin bajo la accion del viento. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/296524945.pdf>
- Janna, W. S. (2015). Design of Fluid Thermal Systems. Cengage Learning.
- León, J. (1994). Diseño y cálculo de recipientes a presión. Obtenido de <https://docplayer.es/57282721-Diseno-y-calculo-recipientes-sujetos-a-presion.html>
- NFPA, N. F. (2008). Código de Líquidos Inflamables y Combustibles.
- Octalacero. (2018). ASTM A53 Especificación de Tubería. Obtenido de <https://www.octalacero.com/astm-a53>
- Oña, C., & Armas, B. (2019). Diseño y desarrollo de un tanque de almacenamiento y distribución simultánea de agua condensada para uso en varios procesos alimenticios. Quito. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17665>
- Ordoñez, F., & Vaca, D. (2018). Mapa Solar del Ecuador. Obtenido de <https://www.epn.edu.ec/mapa-solar-del-ecuador/>
- Petroecuador, E. (2014). Hoja de seguridad de materiales peligrosos. Obtenido de [https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2777/5/MSDS%20COMBU STIBLES.pdf](https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2777/5/MSDS%20COMBU%20STIBLES.pdf)
- Pfluger, A. (1964). Estática Elemental de las Cáscaras. Obtenido de <https://dokumen.tips/documents/estatica-elemental-de-las-cascaras-alf-pfluger.html>
- Riccitelli, J. (2016). Teoría de las cascaras cilíndricas: aplicación al proyecto de silos e hormigón armado. Obtenido de

<https://www.studocu.com/bo/document/universidad-nacional-de-siglo-xx/especiales/teoria-cascaras-cilindricas-silos/4938691>

Roca, A. (2014). Control automático de procesos industriales.

Singer. (2019). Valvulas de Control - Catalogo Singer 106-206.

TESTO. (s.f.). Emisividad de los materiales más importantes. Obtenido de <https://www.testo.com/es-MX/servicio/knowledgeable-thermography-emissivity-table>

Thompson. (2019). Catalogo - Explosion PROOF.

White, F. M. (2008). *Mecánica de Fluidos*. McGraw-Hill.

# **APÉNDICES**

# Apéndice A

## Cotización de productos



**COTIZACIÓN No.**

**00084185**

MAPASINGUE OESTE 3RA AV. No. 114 VIA DAULE KM 4.6

RUC: 0992378638001

PBX GYE: 8028380

SUC. QUITO: 04 6026390

<p><b>Cliente:</b> C019868 - PILOZO SOLIS ERWIN MAURICIO</p> <p><b>R.U.C.:</b> 0927088260</p> <p><b>Teléfono:</b> 967 544 351</p> <p><b>Dirección:</b> -</p>	<p><b>Fecha:</b> Guayaquil, 05 agosto 2021</p> <p><b>Contacto:</b> ERWIN PILOZO</p> <p><b>Atención:</b> ERWIN PILOZO</p> <p><b>Ciudad:</b> -</p>
--	--

Tenemos el agrado de poner a vuestra consideración los precios de los siguientes equipos/servicios.

### CONJUNTO DE BOMBEO EXPLOSION PROOF PARA COMBUSTIBLE (3HP)

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANT	PRECIO	DESC	TOTAL
1	B.C.EJE LIBRE A/INX EBARA 3PF32-125 2X1.25 BRID MARCA: EBARA (ITALIA) , MODELO: 3PF 32-125 CARCAZA/IMPELLER: Acero Inoxidable AISI 304 CONEXION DE SUCC/DESC: 2 x 1.25" bridada CAUDAL: 80 GPM, PRESION: 23 mca FLUIDO: GASOLINA	1.000	2,622.310	25 %	1,966.730
2	MOTOR EXPLOSION PROOF THOMPSON-YBX3 90L-2-EX. 1,3HP(3600RPM) 220-440V 60HZ	1.000			
3	CARA ACOPLA L100 X7/16 -EVERLAST COUPLINGS	2.000			
4	CAUCHO ACOPLA L100 BUNA-EVERLAST COUPLINGS	1.000			
5	BASE BOMBA-INCLUYE GUARD-PRE-ALIN. 3 HP	1.000			

#### CONDICIONES GENERALES DE VENTAS

VALIDEZ DE LA OFERTA: 15 DIAS  
TIEMPO DE ENTREGA: 3 - 5 DIAS  
FORMA DE PAGO: Contado -

<b>SUBTOTAL:</b>	1,966.73
<b>IVA(+):</b>	236.01
<b>TOTAL:</b>	2,202.74

\*Recordamos a nuestros clientes que los pagos los puede realizar por transferencia o cheque a nombre de **Inducom S.A.**

\*Cualquier información adicional no dude en contactarnos, con gusto lo ayudaremos.

\*\*\* Su descuento en esta Cotización es de: **\$866.68** \*\*\*

Si esta cotización es aceptada por favor copiar su orden de compra via electrónica al correo: [ventas1@inducom-ec.com](mailto:ventas1@inducom-ec.com)

Atentamente,

SUCURSAL GUAYAQUIL KM 8,5 VIA DAULE

**Ext.:**

**Móvil:** 042 255 845 - 0998516451

**E-mail:** [atecnico2@inducom-ec.com](mailto:atecnico2@inducom-ec.com)

**IWIAPRODUCTOS C.A.**  
 ALBORADA 4TA ETAPA BLOQUES AFARNOR 410 OFC 001 5B  
 046047546 / 0988912293 RUC: 0992997440001  
 opena@iwia.ec / oficina@iwia.ec  
 GUAYAQUIL - ECUADOR



**PROFORMA**

No. 10001797

Cliente: **PILOZO MAURICIO**  
 Dirección: S/N  
 Ciudad: GUAYAQUIL

Ced/RUC: P1797  
 Código: 18FX

Fecha: **6/Ago/2021**  
 Vendedor: VENDEDOR

CODIGO	DESCRIPCION	CANTIDAD	P.V.P	PARCIAL
VCF50	VALVULA DE CONTROL DE FLUJO DE 50MM MODELO: 106F-RF ISO PN10/16	1.000	2,144.53000	2,144.53
ADM	ADMINISTRATIVO	1.000	20.00000	20.00

Son: **DOS MIL CUATROCIENTOS VEINTE Y CUATRO 27/100 Dólares**

Nota: TIEMPO DE ENTREGA: Inmediato salvo venta previa  
 LUGAR DE ENTREGA: Bodegas del Cliente (Guayaquil - Ecuador)  
 FORMA DE PAGO: Anticipado previo despacho  
 VALIDEZ: 15 Dias calendario.

Suma: 2,164.53  
 Subtotal: 2,164.53  
 + IVA 259.74  
 + Flete: 0.00  
**TOTAL \$2,424.27**

Elaborado por SUPERVISOR  
 6/Ago/2021 16:46:22

Recibido

Información de cotización			
Código	Cotización abierta		
Fecha	02 ago. 2021		
Cliente	Consumidor Final		
Bodega	GUAYAQUIL 2		
Usuario	QUINTANILLA IZURIETA JORGE ENRIQUE		
Comentario	—		
Forma de pago	CONTADO		
Monto subtotal	\$7,696.72		
Monto total	\$8,620.33		
Producto	Precio	Cantidad	Monto
DP5GUM2440025 DIPANEL DP5 0.25x2440	\$11.86	4.0	\$47.44
PEG06003018(10) PERFIL CANAL G 60x30x10x1.8mm	\$13.64	13.0	\$177.32
PNAV1560060 PLANCHA NAVAL 6mmx1500x6000	\$688.33	10.0	\$6,883.30
ECU07502 T.EST.NEG.CU.IMP. 75MM X 2MM	\$37.30	9.0	\$335.70
TSC40200 TUBERIA SIN COST.CED.40 2" 4 tubos de 6 metros	\$10.54	24.0	\$252.96



**COTIZACIÓN No.:** CCL-0000008643

Almacen: CALIFORNIA  
 Forma de pago: CONTADO  
 Fecha del documento: 03-08-2021  
 Términos: CONTADO  
 Usuario: cvera

**Cliente:** CONSUMIDOR FINAL **Dirección:** S/D  
**Identificación:** 9999999999999 **Teléfono:** 00000000000000 **Ciudad:**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT	P. UNIT.	D.FIJO	SUBTOTAL	TOTAL
026-000075-I	Brida deslíz (SO) ac forj A105 cl 150 RF - 2" - 4h usa pemo 5/8"x3"	2.00	7.00	25.00	5.25	10.50
038-000083-I	Neplo neg c40 2" x 6"	3.00	4.25	25.00	3.19	9.57
021-000075-I	Mech Codo .150-2"x90Å" UL/FM	6.00	4.29	25.00	3.22	19.32
961-000121-I	WMcD Filtro 2" HF 250# Tipo Y CIY-17-N-020	1.00	116.70	25.00	87.52	87.52
952-000026-I	Val. bola ac.carbon 2" 2p 1000#	4.00	26.55	25.00	19.91	79.64
025-000080-I	Nudo (union univ) 2" ac forj cl 3000 A105 rosc NPT	1.00	21.93	25.00	16.45	16.45
943-000165-I	Nlbo V.check Y bronce rosc cl 150 - 2" asiento bronce T-433-B	2.00	271.78	25.00	203.83	407.66

Validez de la cotización: 48 Horas Vence: 05-08-2021

Cheques-Depósitos-Transferencias a nombre de TUVAL S.A  
 Cta. Corriente Bco. Internacional 1650604193  
 Cta. Corriente Bco. Pichincha 3116240004  
 Cta. Ahorros Bco. Produbanco 12008315620  
 Cta. Ahorros Bco. Pacifico 1058576234

Esta cotización no incluye los cambios que pudieran darse el impuesto al Valor Agregado (IVA) ni a los tributos al comercio exterior. Disponibilidad de producto sujeto a confirmación. Esta cotización se ajusta al artículo 148 del Código de Comercio.

<b>SUBTOTAL 0%</b>	0.00
<b>SUBTOTAL 12%</b>	630.66
<b>DESCUENTO</b>	0,00
<b>IMPUESTOS</b>	75.68
<b>TOTAL</b>	706.34

Observaciones:



PROPUESTA

**KEYSA SOLUCIONES INDUSTRIALES S.A.**

RUC: 0993302406001

Dirección: La Jota Etapa Gema 9-18

Cel#0983318141

email: ventas@keysa.com - keysa.ec@gmail.com

Fecha: 3-ago

N.º de Proforma: # KEYSA-03-08-21

Equipos y suministros para Estaciones de servicio

Señores	SR. ERWIN PILOSO	REF.#
Ruc	* 0927088260	
Fecha:	Guayaquil 04 de Agosto Del 2021	
Att.	SR. ERWIN PILOSO	Tel./Cel:
Email:	<a href="mailto:epiloso@espol.edu.ec">epiloso@espol.edu.ec</a>	*983 967544361
Dirección:	Guayaquil	

\*Keysa suministros industriales S.A.\* se complace en presentar la oferta según detalle:

Cant.	Cod.	Descripción	PVP	PVP - DSCT	Subtotal	
1.00		CONTADOR DIGITAL PARA COMBUSTIBLE 2 a 35 GPM - 1" MODELO TT10AN Max presión 50 psi , +/- 1% de precisión Marca Fill Rite Procedencia Estados Unidos	\$ 327.78	\$ 317.94	\$ 317.94	
						
Atentamente					Subtotal	\$ 317.94
Ing. Marianella Figueroa					Iva 12%	\$ 38.15
0983318141 					Total	\$ 356.10





FECHA : Quito, 4 de Agosto de 2021

EMPRESA : CONSUMIDOR FINAL

ATENCION:

TELEFONO: /

DIRECCION:

VENDEDOR: 01

COMENTARIOS:

**P R O F O R M A No. 00000908**

ORD.	CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	P.UNIT.	DESC.	T O T A L
1	1227755	PERNO HEX INOX A304 UNC 5/8 X 3	32	2.4600		78.72
2	2507700	TUERCA HEX INOX 304 UNC 5/8	32	0.8000		25.60
BASE IMPONIBLE SIN IVA						0.00
BASE IMPONIBLE CON IVA 12 %						104.32
DESCUENTO						10.43
IMPUESTO [ I.V.A ]						11.27
SUMAN CIENTO CINCO 16/100			<b>TOTAL PROFORMA</b>			<b>105.16</b>

**FIRMA AUTORIZADA**

**RECIBI CONFORME**

FRANCISCO XAVIER AMORES MURGUEITIO

RUC:1715923932001

TEL: 023264296

WHATSAPP: 0983001604

contabilidad@globalpernos DIR: AV 6 DE DICIEMBRE N48-64 Y MANUEL

COMERCIAL: PYQ S.A.  
 TIENDA GUAYAQUIL ECUADOR  
 ECUADOR

Fecha de Impresión: 20/05/2021  
 Hora de Impresión: 14:13:11

**PEDIDO**  
**5001-0000050647**

COTIZADO A: S.K.C INGENIERIA  
 DIRECCION: MANABI / MANTA / CUIDADELA DEL SOL # 15 MZ J2  
 DIRECC. DESP: GUAYAS/ GUAYAQUIL URDESA CENTRAL TODOS LOS SANTO

N° O/C :  
 FORMA DESPACHO : PARCIAL  
 FECHA ENTREGA :

ATENCION:  
 FAX:  
 RUC: 1391836791001

EMBARQUE:  
 TELEFONO: 0959905812

CLIENTE	VENDEDOR	CONDICION VENTA		DESCTO%	HORA	FECHA	
1391836791001	50000061	MELISSA VARGAS	COE CONTADO CONTRA	0.00	11:49:54	20/05/2021	
	50000061	MELISSA VARGAS					
CODIGO ARTICULO	CERT H. TECN	H. U.M. PROM	CANT. DESCRIPCION ARTICULO	STOCK ACTUAL	PRECIO UNIT.	DES%	PRECIO VENTA
					SIN IGV		SIN IGV
K2489000101	UNI		6.00 KIT JET DURAMASTIC 2 BLANCO 1700 1 GL		50.00	0.00	300.00
2489000101	UNI		3.00 JET DURAMASTIC 2 BLANCO 1700 1 GL	15.00			
2490999901	UNI		3.00 JET DURAMASTIC 2 CATALIZADOR . 1 GL	15.00			
K2753000101	UNI		4.00 KIT JET POX 2000 BLANCO 1700 1 GL		55.00	0.00	220.00
2753000101	UNI		2.00 JET POX 2000 BLANCO 1700 1 GL	45.00			
2754999901	UNI		2.00 JET POX 2000 CATALIZADOR . 1 GL	274.00			
3260999901	UNI		2.00 JETPOXY 100 . 1 GL	678.00	18.00	0.00	36.00
3262999901	UNI		1.00 JETPOL . 1 GL	177.00	20.00	0.00	20.00
K2374820501	UNI		2.00 KIT JETHANE GAL GRIS RAL 7035 1 GL		55.00	0.00	110.00
2374820501	UNI		2.00 JETHANE GAL GRIS RAL 7035 1 GL	26.00			
2375999903	UNI		2.00 JETHANE GAL CATALIZADOR . 1/4 GL	1,900.00			

VALOR VENTA	DESCUENTO TOTAL	VALOR NETO	IMPTO	12.00 %	PRECIO VENTA
686.00	0.00	686.00		82.32	US\$ 768.32

OBSERVACIONES: CLEINTE RETIRA EN OFICINA

Ruc: 0992829060001

Tel: 0995957368

Guayaquil, 14/8/2021

CLIENTE : CONSUMIDOR FINAL

RUC: 99999999999999

DIRECCIÓN: S/D

TELEFONO: 0000000000

ASUNTO: MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y SU SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDA D	PRECIO UNIT	PRECIO TOTAL
1	INSPECCIÓN EN EL ÁREA DE TRABAJO	1		
2	INSPECCIÓN EN LOS ACCESORIOS DEL TANQUE Y SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN			
3	DESGASIFICACIÓN DEL TANQUE			
4	RETIRO DE DESECHOS			
5	ILUMINACIÓN EN EL INTERIOR DEL TANQUE			
6	LIMPIEZA EN EL INTERIOR DEL TANQUE			
7	LIMPIEZA EN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN			
8	MONITOREO DE LOS GASES EXISTENTE			
9	INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA USANDO TINTA PENETRANTE			
10	COSTO DE HERRAMIENTAS USADAS			
11	MANO DE OBRA PARA TRABAJOS DE MEDICIÓN, LIMPIEZA, MONITOREO, INSPECCIÓN			\$ 1685,00
<b>SUBTOTAL GENERAL</b>				<b>\$ 1.685,00</b>
			<b>IVA</b>	<b>\$ 202,20</b>
			<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.887,20</b>

VIGENCIA DE LA OFERTA: 21 DÍAS

TIEMPO DE ENTREGA : 2 días laborables

FORMA DE PAGO: 100% CONTRE ENTREGA (CREDITO)

RUC: 1311464489001

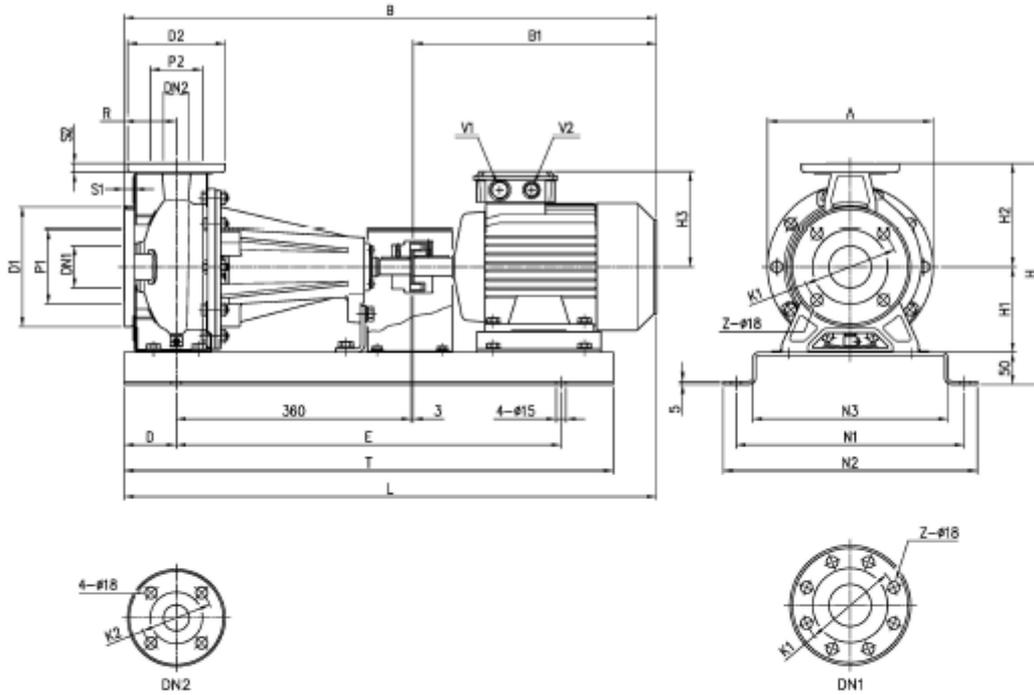
# Apéndice B

## Especificaciones de productos

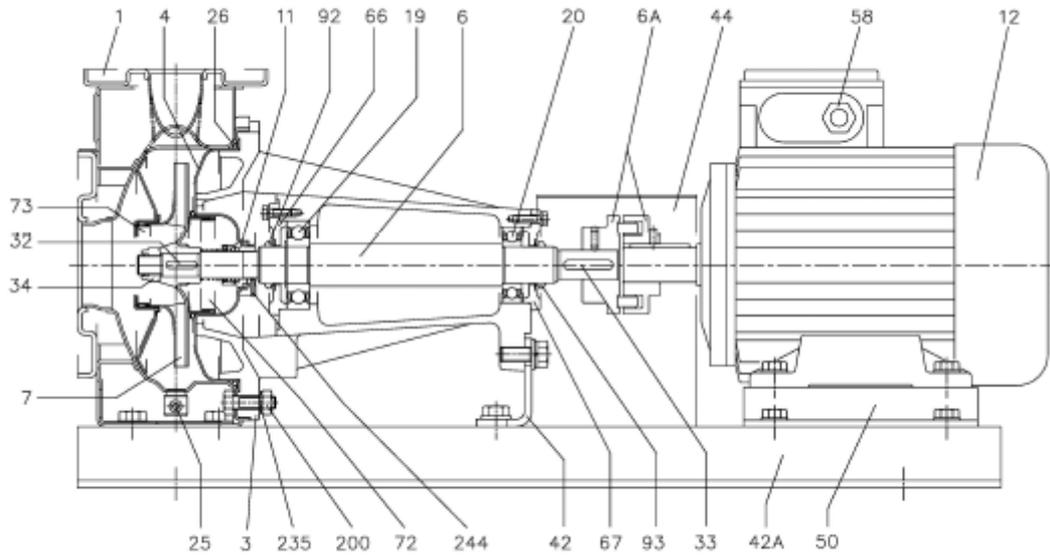
### Datos técnicos

Nombre de la bomba

3P 32-125/2.26



Dimensiones		mm						
1	A	213	H2	140				
2	B	760	H3	148				
3	B1	317	L	760				
4	D	80	N1	300				
5	Dia D1	165	N2	340				
6	Dia D2	140	N3	250				
7	Dia DN1	50	R	80				
8	Dia DN2	32	S1	16				
9	Dia K1	125	S2	14				
10	Dia K2	100	T	710				
11	Dia P1	95	V1	M25x1,5				
12	Dia P2	75	V2	M20x1,5				
13	E	550	Weight P&M	52,5 kg				
14	H	302	Z	4				
15	H1	112						



N°	PART NAME	MATERIAL		DIMENSIONS	STANDARD	Q.TY	
		3P	3LP				
1	Casing	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)			1	
3	Support	Cast iron EN-GJL-200-EN 1561				1	
4	Casing cover	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)			1	
6	Shaft - Part in contact with liquid	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)			1	
6A	Flexible coupling	Cast iron EN-GJL-250-EN 1561				1	
7	Impeller	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)			1	
		[6]	EN 1.4401 (AISI 316)				
11	Mechanical seal	[5]	-			1	
12	Motor	-	-			1	
19	Bearing	-	-			1	
20	Bearing	-	-			1	
25	Drain plug	EN 1.4401 (AISI 316) / PTFE		R 1/8" L=8	DIN 906	1	
26	O-ring	32-125, 40-125 32-160, 40-160, 50-125, 65-125 32-200, 40-200, 50-160, 65-160, 65-200	NBR/FPM/EPDM	FPM/EPDM	158.11x5.34 183.52x5.34 227.96x5.34	OR 6625 OR 6720 OR 6895	1
32	Key	Up to 11 kW 15 kW and above	EN 1.4401 (AISI 316)		8x8x25 8x7x30	UNI 6604	1
33	Key		C 40		8x7x40	UNI 6604	1
34	Impeller nut	Up to 11kW 15 kW and above	EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)	M16x1.5 M20x1.5	UNI 7474	1
42	Pump support		Fe 37 Zncate			EBARA DRAWING	1
42A	Base		Fe 37 Zncate				1
44	Protection		Fe 37 Zncate				1
50	Foot		Aluminium / Zncate steel				1
58	Fastening nut		-				1
66	Impeller side bearing cover		Cast iron EN-GJL-200-EN 1561				1
67	Motor side bearing cover		Cast iron EN-GJL-200-EN 1561				1
72	Casing ring [1]		EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)			1
73	Casing ring (not for 65 version)		EN 1.4301 (AISI 304)	EN 1.4404 (AISI 316L)			1
92	V-ring		-		VS - 0030		1
93	V-ring		-		VS - 0030		1
200	Screw	32-125, 40-125 32-160, 32-200, 40-160, 40-200, 50-125, 50-160, 65-125, 65-160, 65-200	Stainless steel A2 70 class ISO 3506/1		M 8x30 M 10x35	UNI 5739	8 [2]
235	Washer	32-125, 40-125 32-160, 32-200, 40-160, 40-200, 50-125, 50-160, 65-125, 65-200, 65-160	EN 1.4301 (AISI 304)		M 10,5x21	UNI 6592	8 [2]
244	Pin	[3]	/	EN 1.4301 (AISI 304)	4x15		1

# VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO



Nota: Mostrado con placa de orificio ensamblado

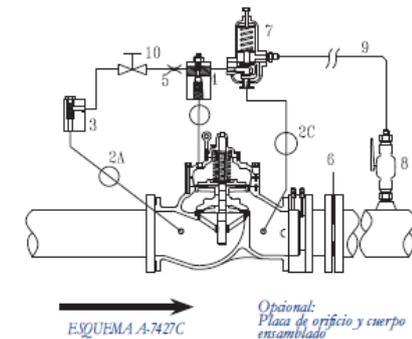
- LIMITA EL FLUJO CON EXACTITUD A UN MÁXIMO PRE ESTABLECIDO
- LÍMITE DE FLUJO FÁCILMENTE AJUSTABLE
- PLACA DE ORIFICIO INCLUIDA

## VÁLVULA DE CONTROL DE FLUJO

1. Válvula principal - 106-PG o 206-PG con indicador de posición X107
2. Válvulas aislantes - A, B, C - estándar de 4" (100mm) y mayor
3. Filtro - malla 40 - estándar de 4" (100mm) y mayor
4. Estabilizador de flujo modelo 26
5. Restricción fija
6. Placa de orificio - estilo de paleta - cabe dentro del patrón de tornillos
7. Piloto regulador de flujo modelo 160-RF - rango de resorte estándar 2 a 20 lb./pulg<sup>2</sup> (1.37 a 1.37 bar) -especificar para 25 a 50 lb./pulg<sup>2</sup> (1.72 a 3.4 bar)
8. válvula de bola de 1/2 " (15mm) y accesorios abocinados – para Conexión aguas abajo de la línea de detección con el cabezal - instalación en campo
9. Tubo de detección 3/8" (9.5 mm) - suministro e instalación por otros proveedores
10. OPCIONAL: Control de velocidad de cierre - modelo 852-B
11. OPCIONAL: Placa de orificio y cuerpo ensamblado

Los materiales estándar para los componentes del sistema piloto son:

- ASTM B-62 bronce o ASTM B-16 latón
- Guarnición de acero inoxidable AISI 303/316 o 18-8



Cuando se incluye opción de placa de orificio y cuerpo ensamblado (elemento 11), aumenta la longitud total de instalación del ensamblado de la válvula. Añada 1 - 1/4 " (32mm) a la dimensión publicada "A" para el modelo y tamaño de válvula. El ensamblado se suministra con un empaque de cara completa, pero los pernos, tuercas y arandelas serán suministrados por otros proveedores.

## TAMAÑOS Y MATERIALES DE LAS VÁLVULAS:

Materiales de la Válvula					
	Estándar		Opcional		
	Dúctil		Bronce	Acero	Acero Inoxidable
<b>Tamaños Disponibles</b>	Rosca	Brida	Brida & Rosca	Solo Brida	Brida & Rosca
Globo	1/2 a 3" (15-80mm)	1-1/2" a 24" (40-600mm)	1/2" a 6" (15-150mm)	2" a 8" (50-200mm)	2" a 8" (50-200mm)
Angulo	1" a 3" (25-80mm)	2" a 12", 16" (50-300mm, 400mm)	N/A	N/A	N/A
<b>Componentes de la Válvula</b>					
1. Cuerpo y Bonete	Hierro Dúctil ASTM A 536 - 65/45/12		Bronce ASTM B62	Acero Fund. ASTM A216	Acero Inox. AISI 316
2. Anillo de Asiento	Acero Inoxidable AISI 316				
3. Disco Retenedor	Latón B16 / Bronce B62 / Hierro gris A48 o Hierro dúctil A536				Acero Inox. AISI 316
4. Eje	Acero Inoxidable AISI 316				
5. Tuerca del Eje	Latón B16		Acero Inoxidable AISI 316		
6. Resorte	Acero Inoxidable AISI 302				
7. Cojinetes guía	Latón B16 o Bronce SAE 660				Acero Inox. AISI 316
8. Diafragma	EPDM		Buna o Viton (Tamaños Limitados)		
9. Disco Elástico	EPDM		Buna o Viton (Tamaños Limitados)		
10. Recubrimiento	Epoxico por electro fusión aprobada por NSF61				
11. Sujetadores	Acero Inoxidable AISI 18-8		Acero Inoxidable AISI 316		

\* Nota: Opción en Acero Inoxidable - Solo en Rosca - 2" (50mm)

# EXPLOSION PROOF

**THOMPSON**  
Electric Industries INC.



## IEC High Efficiency Three Phase Explosion-proof Induction Motor

IEC / CENELEC / DIN Design

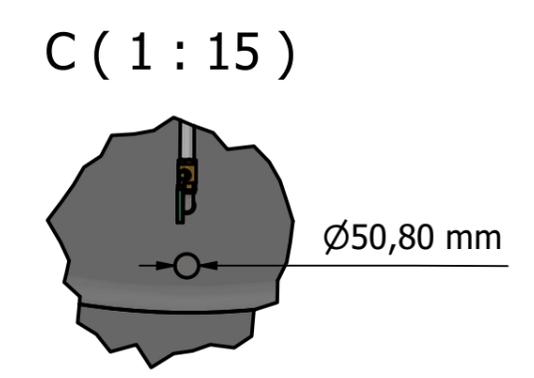
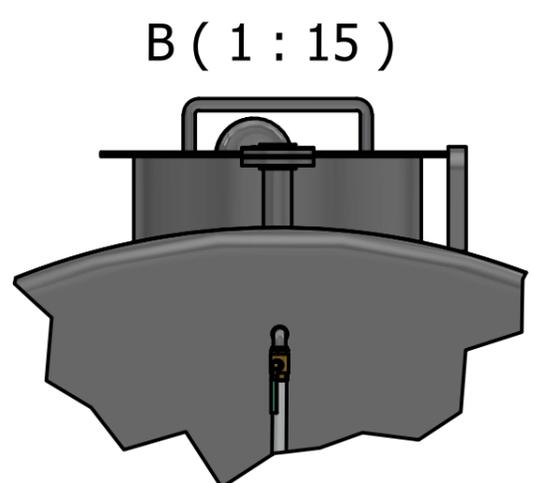
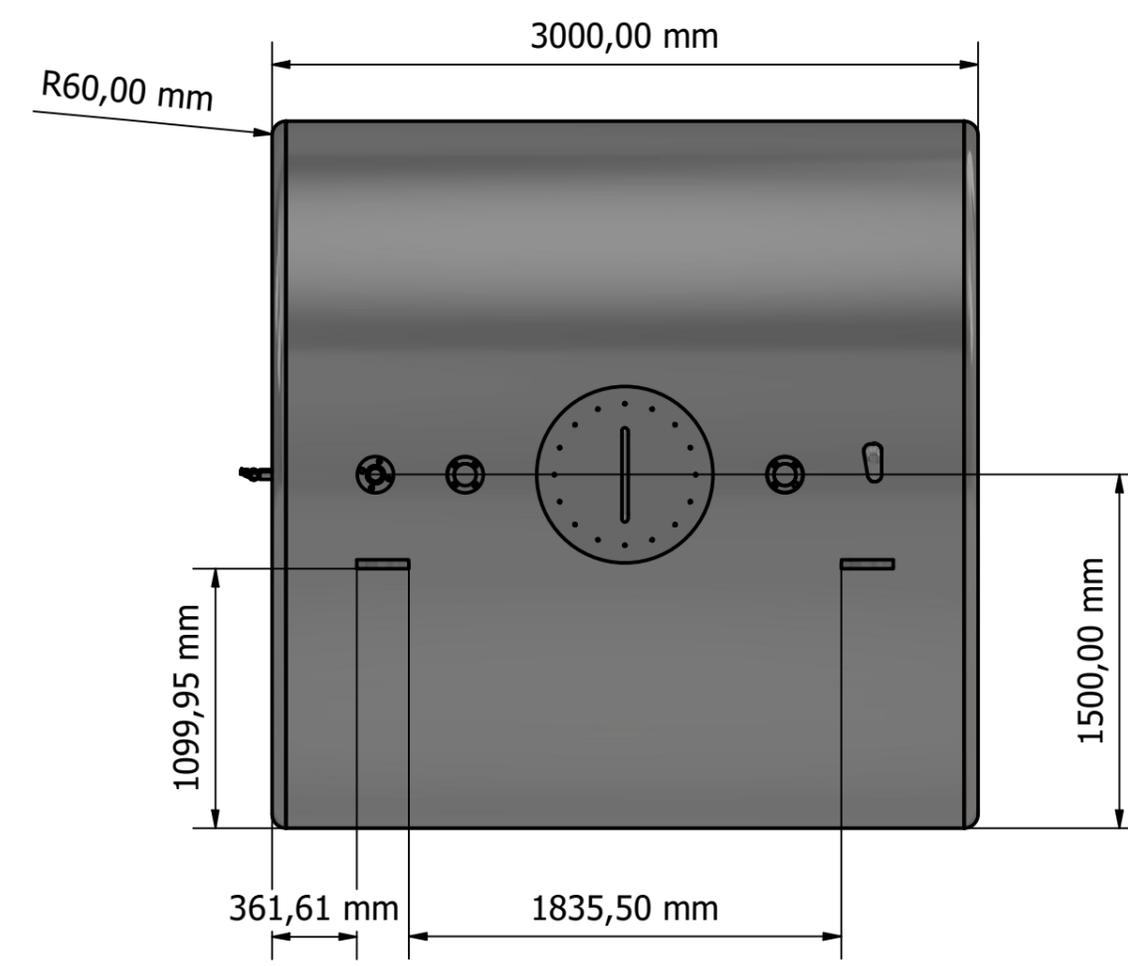
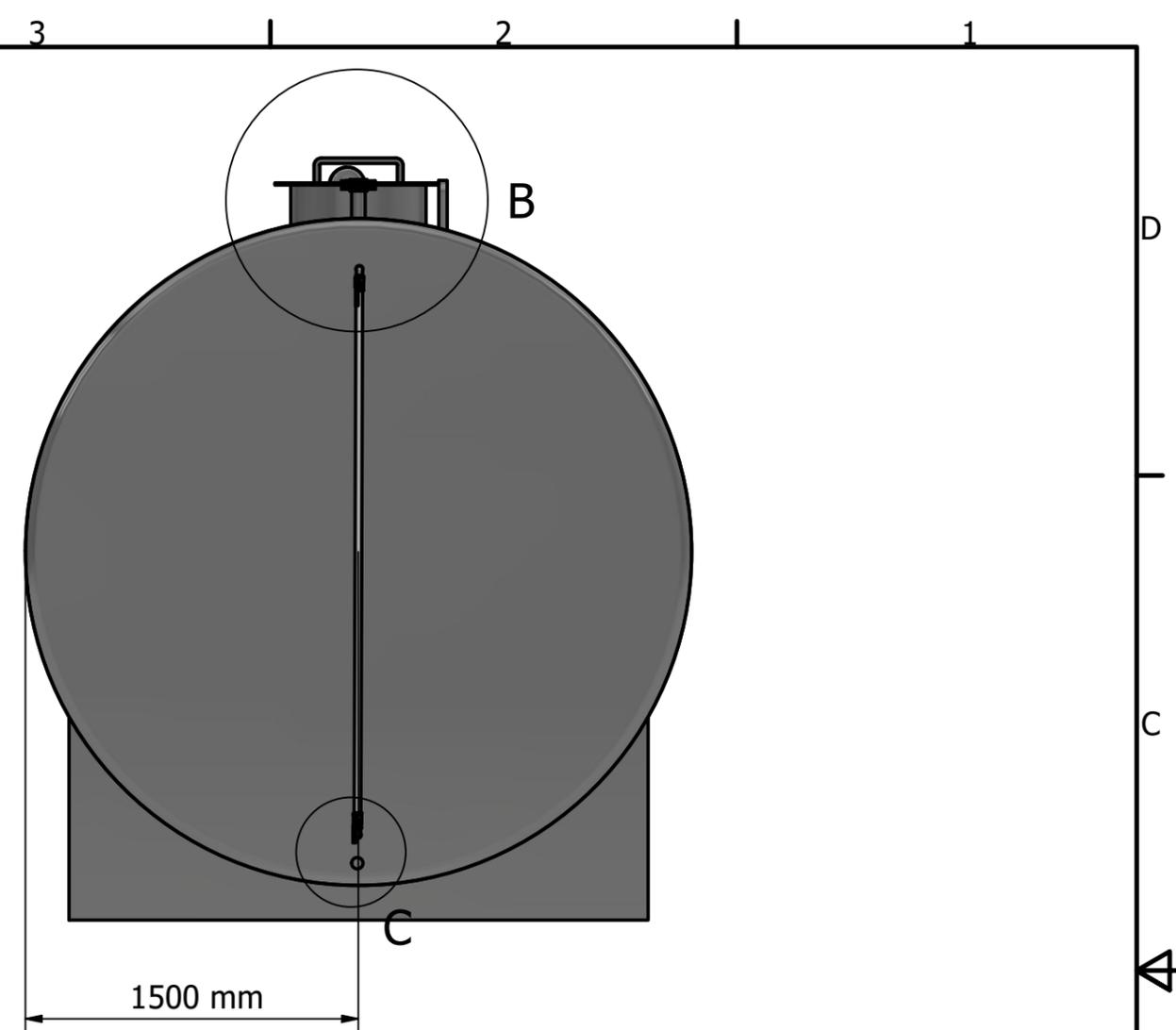
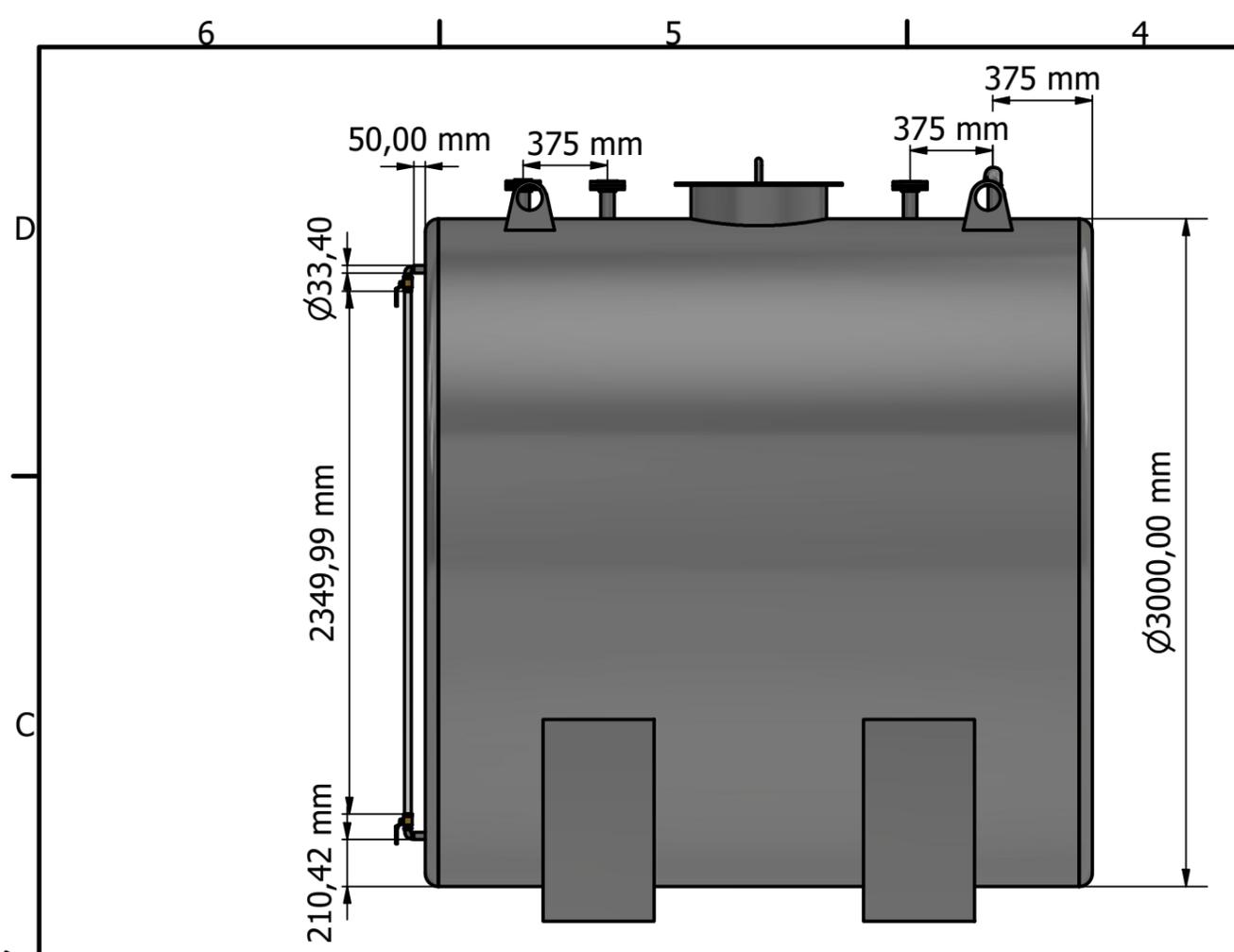
IP 54/55 - IC 411 - Insulation class F, temperature rise class B

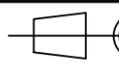
IE2 efficiency class according to IEC 60034-30; 2008

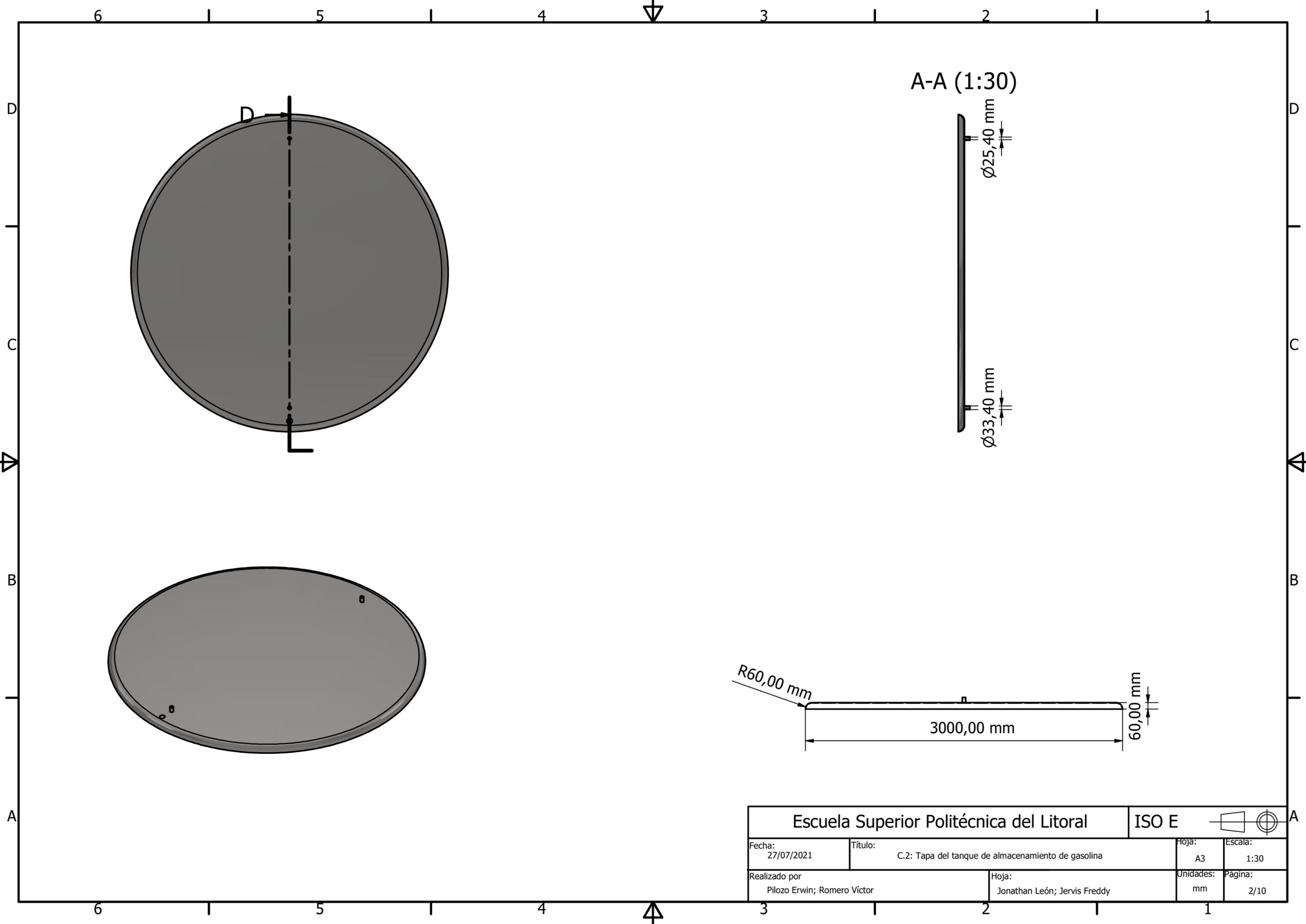
Housing = Cast of Iron

Type	Rated power (kW)	Rated speed (r/min)	Rated current (A)			Efficiency (η%)	Power factor (cosφ)	Rated torque (N.m)	Ist/In (times)	Tst/Tn (times)	Tmax/Tn (times)	Inertia Jm <sup>2</sup> (kgm <sup>2</sup> )	Noise dB(A)		Weight (kg)
			(220V)	(380V)	(440V)								Unload	Load	
Synchronous Speed 3600 r/min - 2-Poles (60Hz)															
YBX3 80M1-2	0.75	3420	3.1	1.8	1.5	77.5	0.83	2.1	7		2.3	0.001			34
YBX3 80M2-2	1.1	3420	4.2	2.4	2.1	82.8	0.84	3.1				0.0014	67	69	35
YBX3 90S-2	1.5	3444	5.6	3.2	2.8	84.1	0.84	4.2				0.0022	64	66	40
YBX3 90L-2	2.2	3456	7.9	4.6	3.9	85.6	0.85	6.1				0.0028			42
YBX3 100L-2	3	3480	10.4	6.0	5.2	86.7	0.87	8.2				0.004	68	70	59

**Apéndice C**  
**Planos esquemáticos**



Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E		
Fecha: 27/07/2021	Título: C.1: Tanque de almacenamiento de gasolina	Hoja: A3	Escala: 1:30	
Realizado por Pilozo Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Unidades: mm	Página: 1/10



A-A (1:30)

Ø25,40 mm

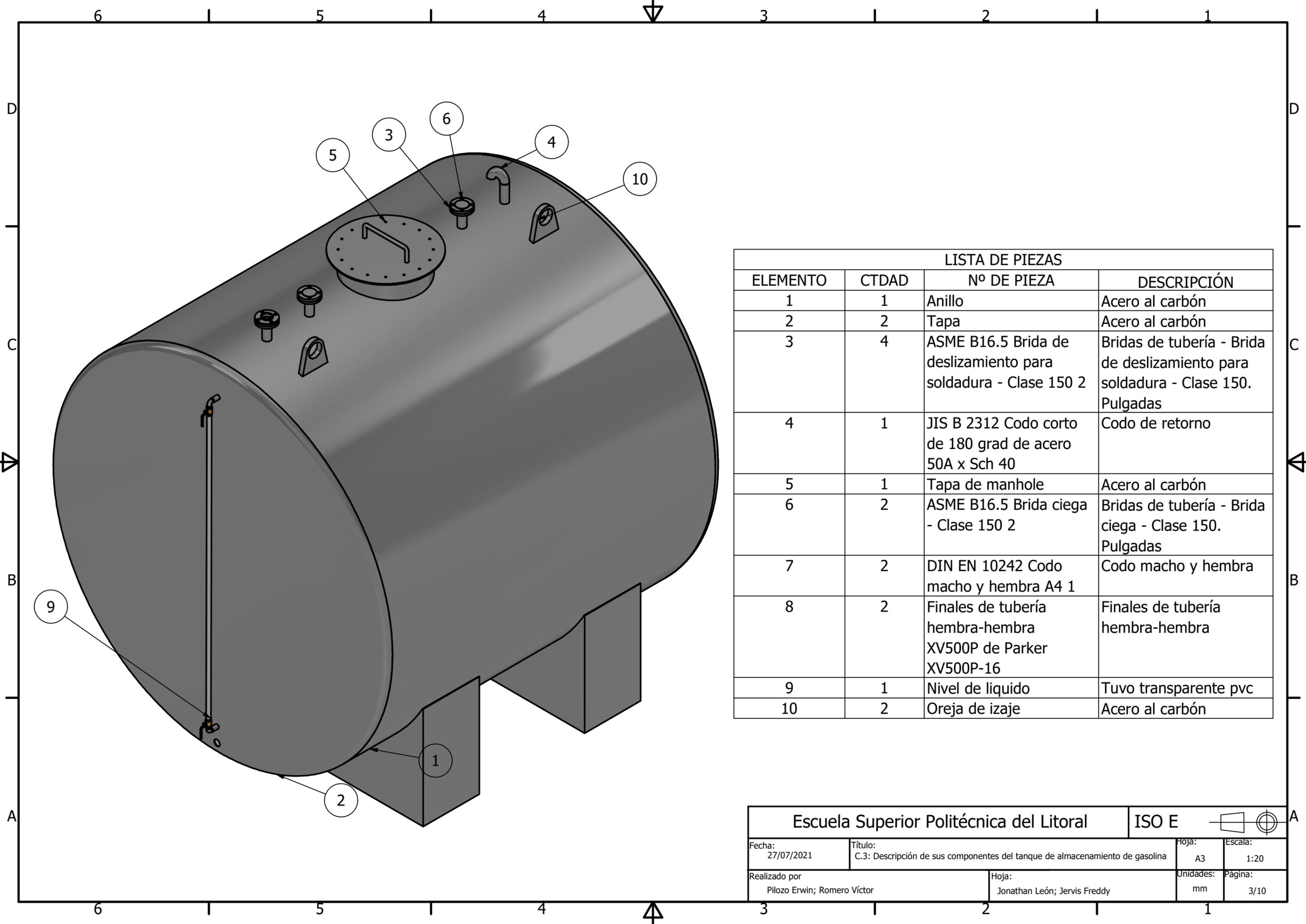
Ø33,40 mm

R60,00 mm

3000,00 mm

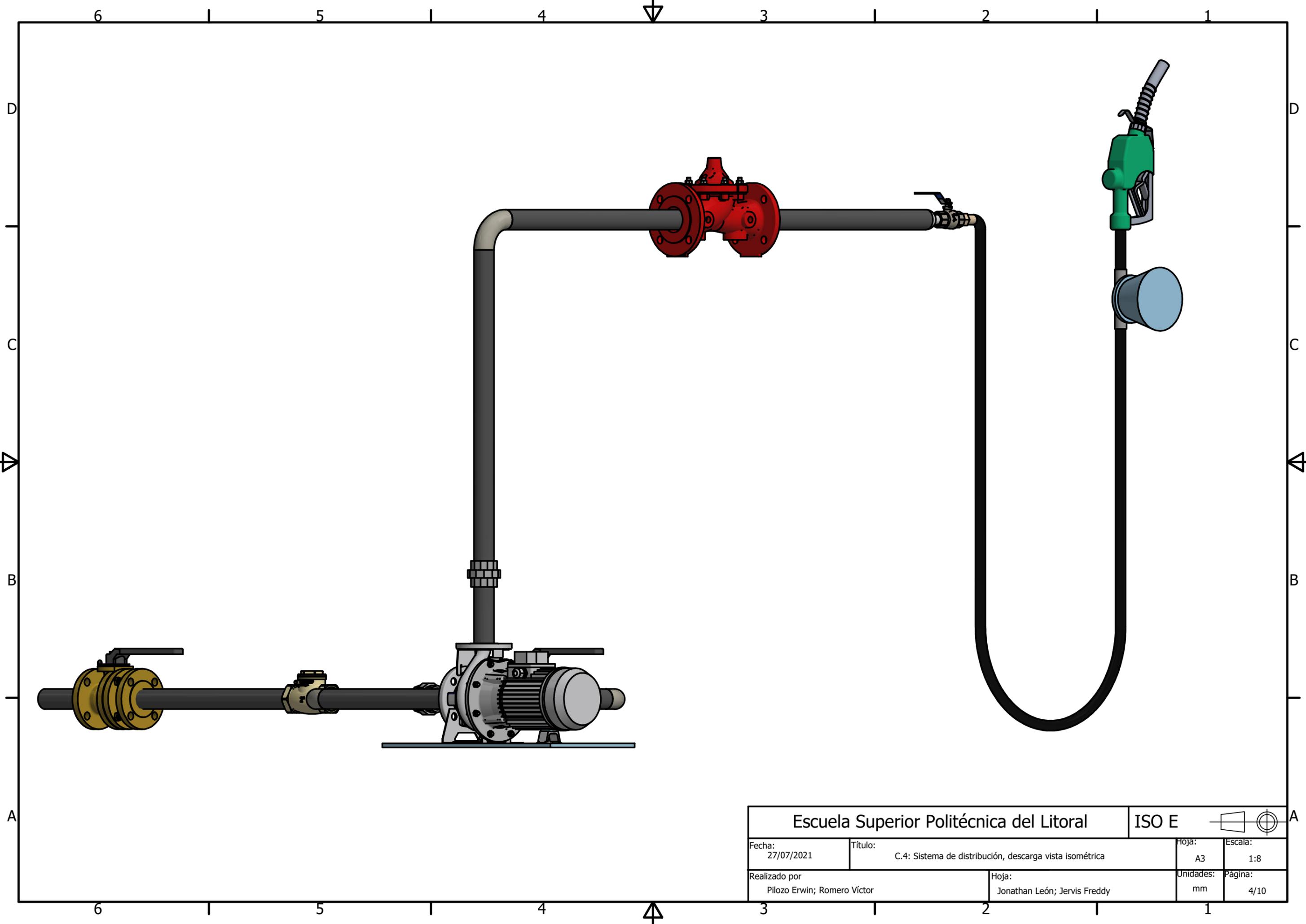
60,00 mm

Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E		
Fecha: 27/07/2021	Título: C.2: Tapa del tanque de almacenamiento de gasolina		Hoja: A3	Escala: 1:30
Realizado por Piloza Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Unidades: mm	Página: 2/10

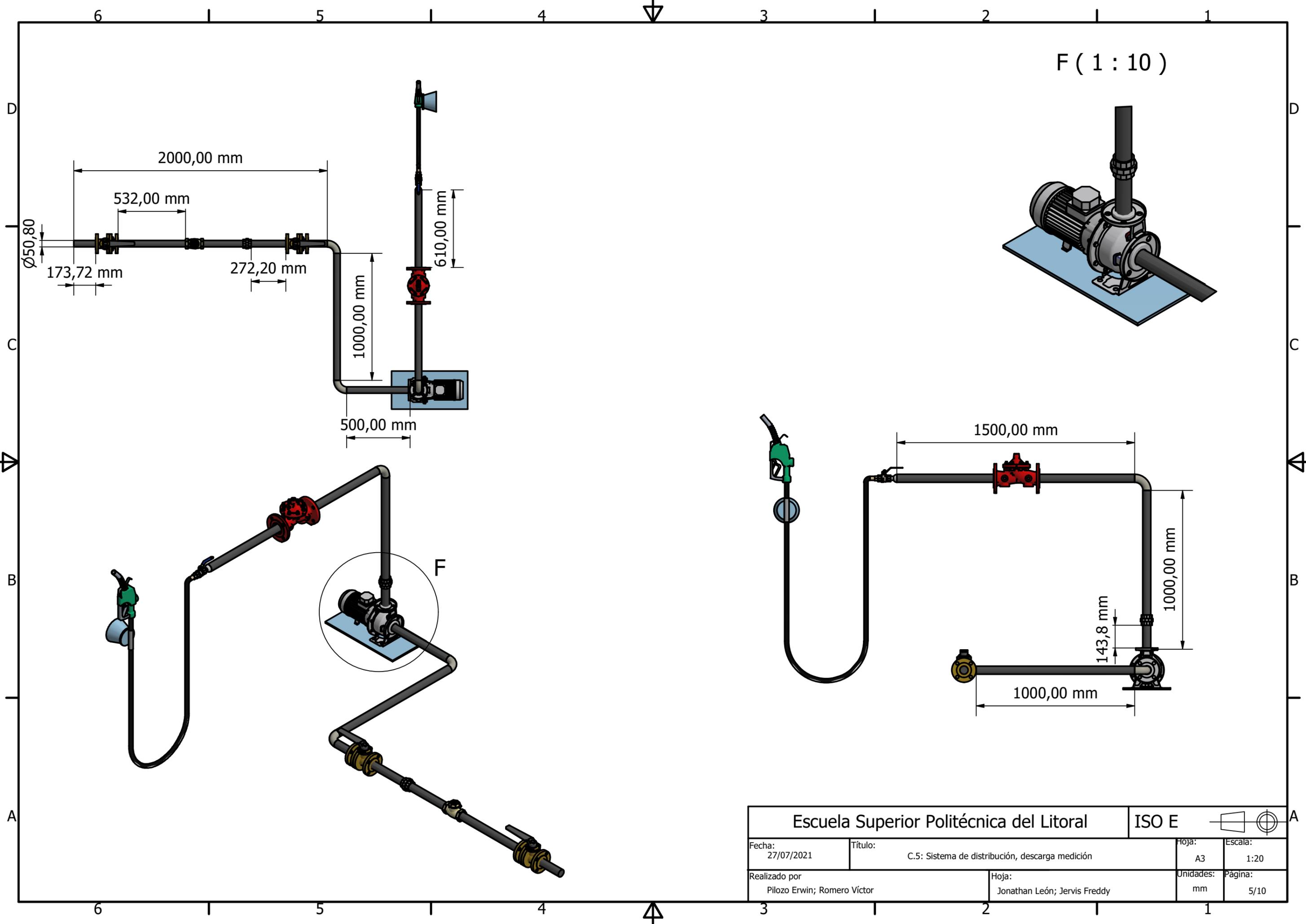


LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Anillo	Acero al carbón
2	2	Tapa	Acero al carbón
3	4	ASME B16.5 Brida de deslizamiento para soldadura - Clase 150 2	Bridas de tubería - Brida de deslizamiento para soldadura - Clase 150. Pulgadas
4	1	JIS B 2312 Codo corto de 180 grad de acero 50A x Sch 40	Codo de retorno
5	1	Tapa de manhole	Acero al carbón
6	2	ASME B16.5 Brida ciega - Clase 150 2	Bridas de tubería - Brida ciega - Clase 150. Pulgadas
7	2	DIN EN 10242 Codo macho y hembra A4 1	Codo macho y hembra
8	2	Finales de tubería hembra-hembra XV500P de Parker XV500P-16	Finales de tubería hembra-hembra
9	1	Nivel de liquido	Tuvo transparente pvc
10	2	Oreja de izaje	Acero al carbón

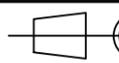
Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E	
Fecha: 27/07/2021	Título: C.3: Descripción de sus componentes del tanque de almacenamiento de gasolina	Hoja: A3	Escala: 1:20
Realizado por: Pilozo Erwin; Romero Víctor	Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Unidades: mm	Página: 3/10

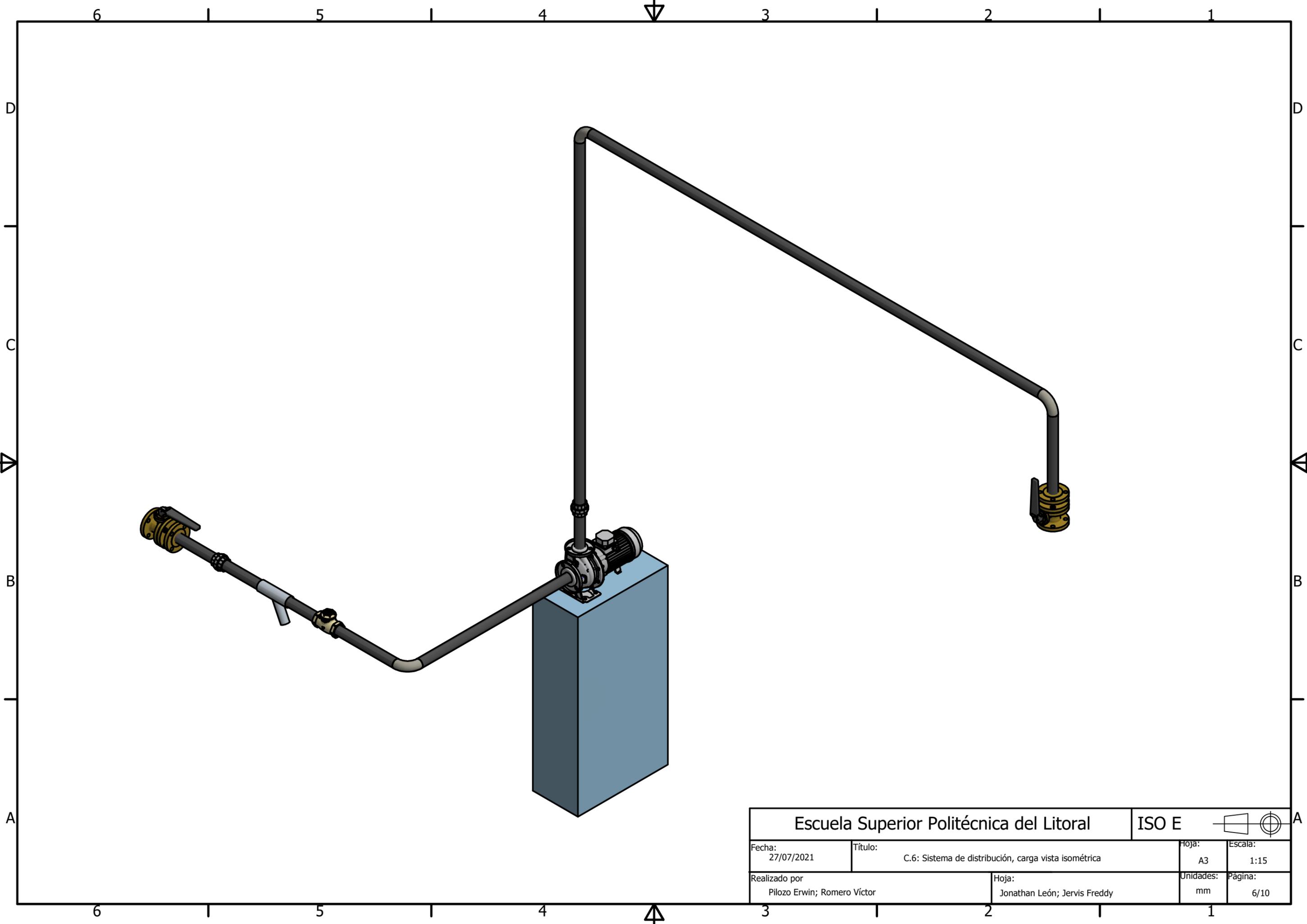


Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E	
Fecha: 27/07/2021	Título: C.4: Sistema de distribución, descarga vista isométrica		Hoja: A3
Realizado por Pilozo Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Escala: 1:8
		Unidades: mm	Página: 4/10

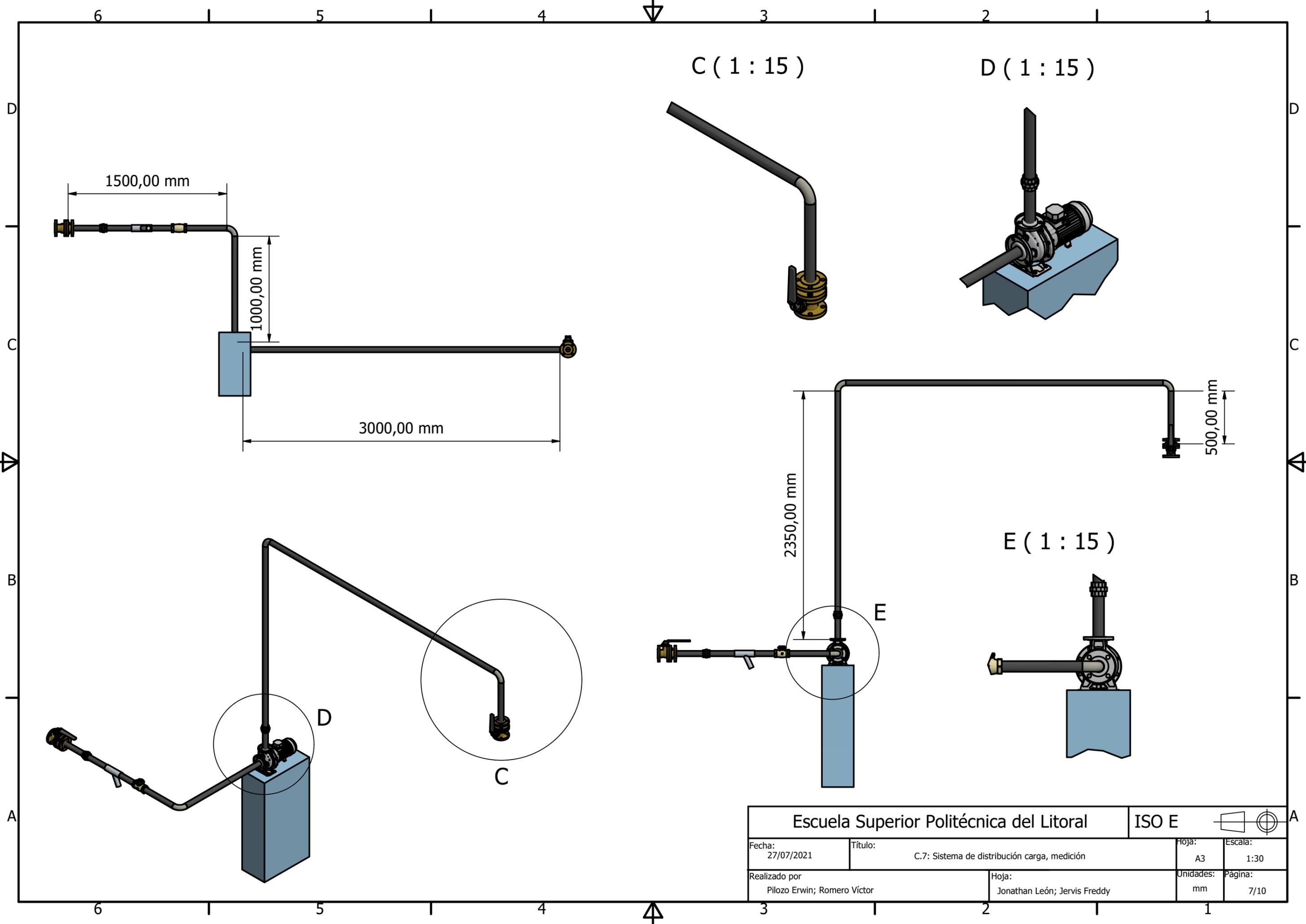


F ( 1 : 10 )

Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E		
Fecha: 27/07/2021	Título: C.5: Sistema de distribución, descarga medición	Hoja: A3	Escala: 1:20	
Realizado por Piloza Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Unidades: mm	Página: 5/10



Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E	
Fecha: 27/07/2021	Título: C.6: Sistema de distribución, carga vista isométrica		Hoja: A3
Realizado por: Pilozo Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Escala: 1:15
		Unidades: mm	Página: 6/10



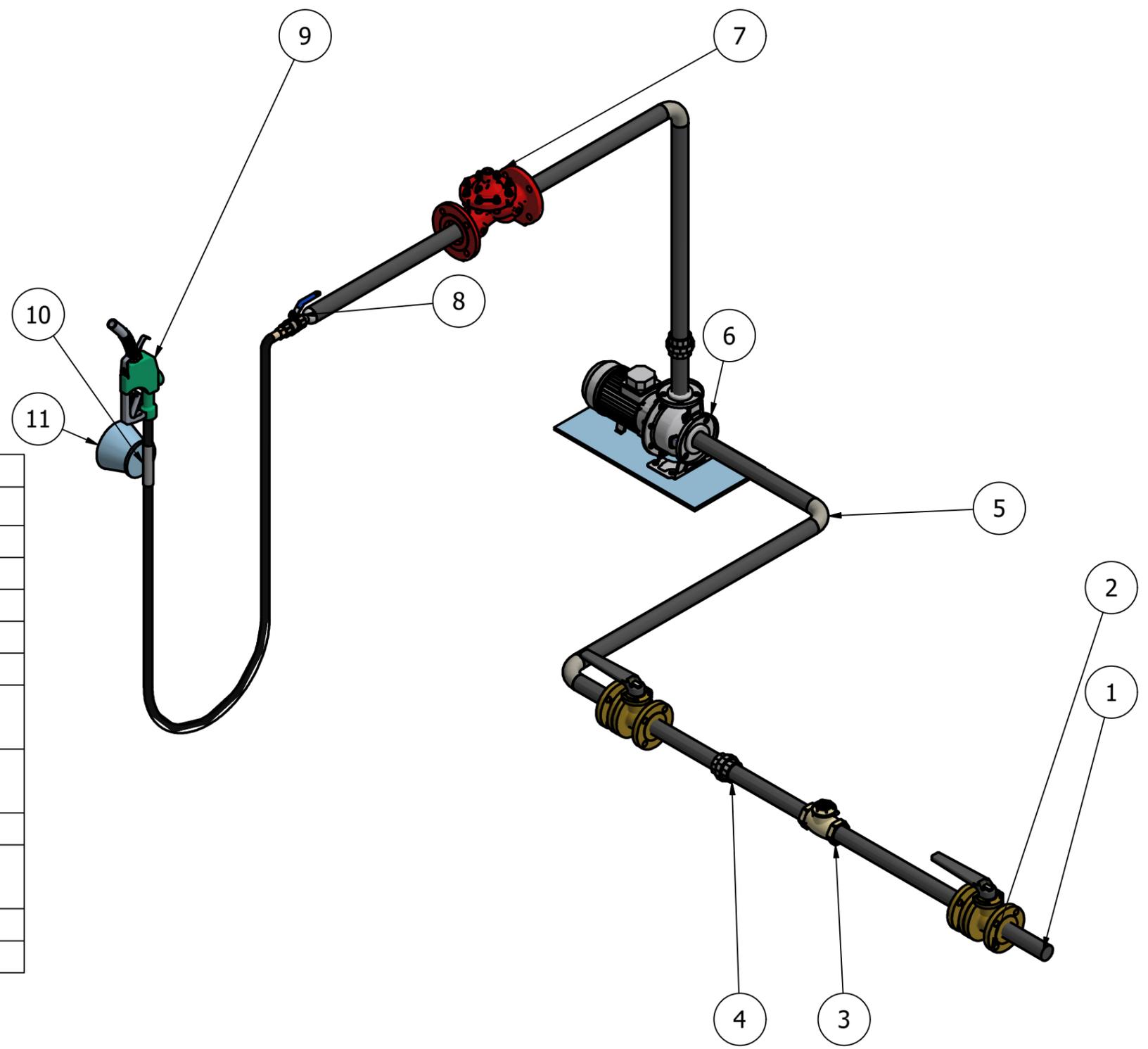
C ( 1 : 15 )

D ( 1 : 15 )

E ( 1 : 15 )

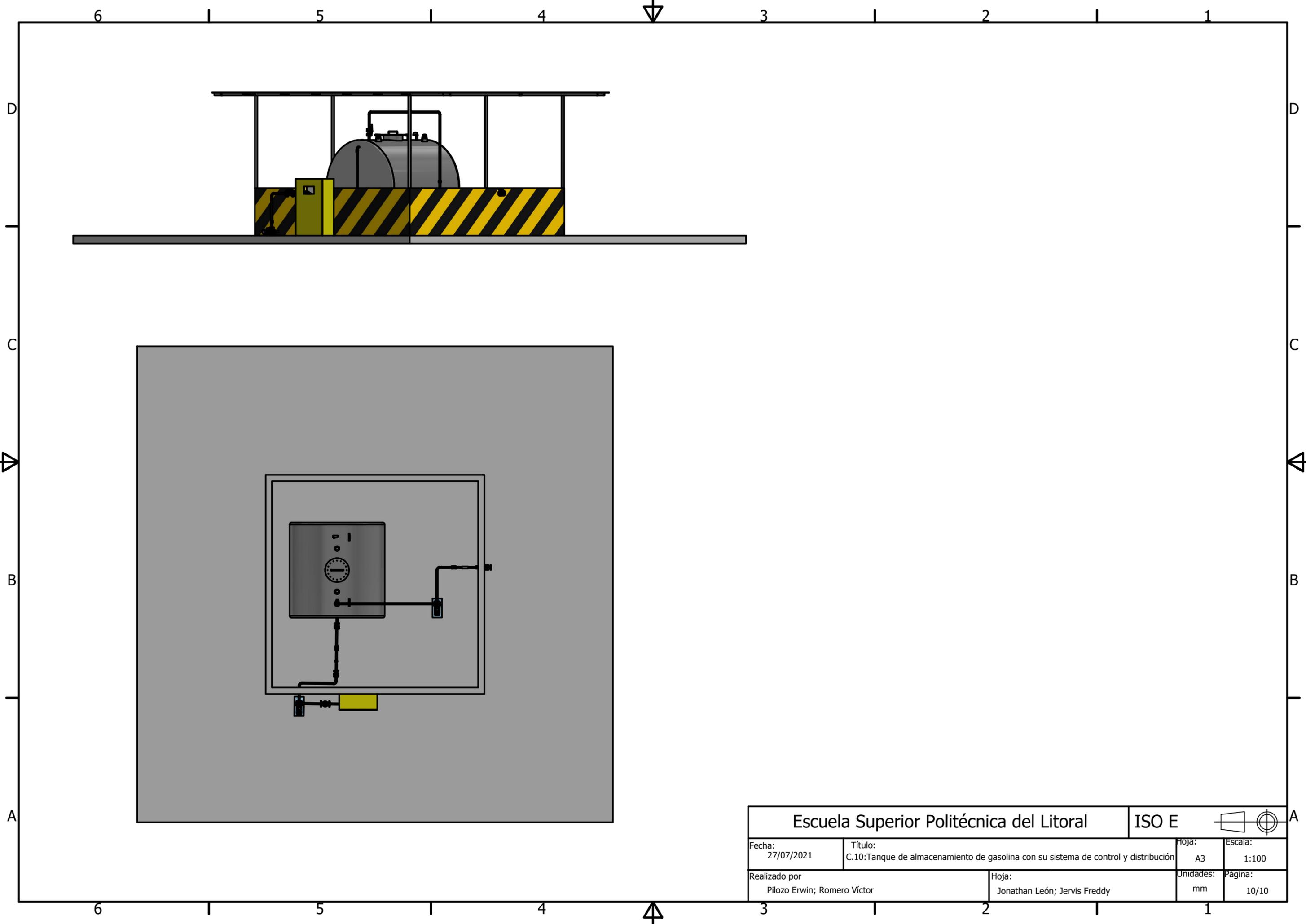
Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E	
Fecha: 27/07/2021	Título: C.7: Sistema de distribución carga, medición		Hoja: A3
Realizado por Pilozo Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Escala: 1:30
		Unidades: mm	Página: 7/10





LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	Tubería SHC40 2"	Acero al carbón
2	2	Válvulas de bola 2"	Acero al carbón
3	3	Válvula check 2"	Acero al carbón
4	2	Unión universal 2"	Acero al carbón
5	3	Codo SHC40 de 90°	Acero al carbón
6	1	Motor antiexplosivo THOMPSON	Acero al carbón
7	2	Válvula de control de flujo SINGER 106 RF	
8	1	Válvula check 1"	Acero al carbón
9	1	Pistola de distribución	
10	1	Filtro tipo Y 2"	Acero al carbón
11	1	Contador	

Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E	
Fecha: 27/07/2021	Título: C.9: Sistema de distribución descarga, descripción	Hoja: A3	Escala: 1:15
Realizado por: Pilozo Erwin; Romero Víctor	Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy	Unidades: mm	Página: 9/10



6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

D

D

C

C

B

B

A

A

6 1 5 1 4 3 1 2 1 1

Escuela Superior Politécnica del Litoral		ISO E			
Fecha: 27/07/2021	Título: C.10:Tanque de almacenamiento de gasolina con su sistema de control y distribución	Hoja: A3	Escala: 1:100		
Realizado por Pilozo Erwin; Romero Víctor		Hoja: Jonathan León; Jervis Freddy		Unidades: mm	Página: 10/10