

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DEL SISTEMA DE ACHIQUE, LASTRE, Y  
CONTRAINCENDIOS EN UN BUQUE  
TRANSBORDADOR DE PASAJEROS Y VEHÍCULOS**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO NAVAL**

**JOHN SCHULER FRANTZEN**

**PROMOCIÓN 20 09 - I**

**LIMA-PERU**

**20 13**

A mi novia, que depositó en mí su confianza, apoyándome y acompañándome siempre.

A mis padres, que me apoyaron y ayudaron con todas sus fuerzas en todo momento.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero Oscar Bernabé, profesor de la Universidad Nacional de Ingeniería, por su disposición y compromiso en su labor como asesor de este informe de competencia profesional.

Al astillero "Construcciones A. Maggiolo S. A." por la confianza depositada en mí y su enorme contribución en mi desarrollo profesional.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, mi alma máter, y a todos los profesores que impartieron en mí los conocimientos indispensables en mi formación académica.

## CONTENIDO

<b>PRÓLOGO</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES</b> .....	<b>2</b>
1.1.1 Características principales requeridas por el armador .....	3
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>4</b>
1.3.1 Sistema de achique y lastre en el buque “Tambor II” .....	5
1.3.2 Sistema de estaciones contra incendios en el buque “Tambor II” ...	5
1.3.3 Sistema automático de rociadores en el buque “Tambor II” .....	5
<b>1.4. OBJETIVOS</b> .....	<b>6</b>
1.4.1 Objetivo principal .....	6
1.4.2 Objetivos secundarios .....	6
<b>1.5. METODOLOGÍA DE TRABAJO</b> .....	<b>6</b>
<b>1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPITULO 2</b> .....	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1. MECÁNICA DE FLUIDOS</b> .....	<b>8</b>
2.1.1 Flujo permanente .....	8
2.1.2 Ecuación de la energía .....	8
2.1.3 Flujo de fluidos en tuberías .....	9
2.1.4 Pérdida de carga en tuberías .....	10



2.1.5	Operación de bombas .....	17
2.1.6	Cavitación en bombas.....	19
<b>2.2.</b>	<b>SOCIEDADES CLASIFICADORAS.....</b>	<b>20</b>
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>22</b>
	<b>REGULACIONES APLICABLES.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN DEL DISEÑO DEL BUQUE.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2.</b>	<b>REQUERIMIENTOS DE LA SOCIEDAD CLASIFICADORA.....</b>	<b>22</b>
3.2.1	Generalidades .....	22
3.2.2	Reglas aplicables a todos los sistemas.....	23
3.2.3	Sistema de achique y lastre .....	23
3.2.4	Sistema de estaciones contraincendios .....	24
3.2.5	Sistema automático de rociadores contraincendios.....	25
3.2.6	Requerimiento adicional para el sistema de achique y lastre.....	25
	<b>CAPITULO 4.....</b>	<b>26</b>
	<b>SISTEMA DE ACHIQUE Y LASTRE.....</b>	<b>26</b>
<b>4.1.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....</b>	<b>26</b>
4.1.1	Características generales .....	26
4.1.2	Características particulares .....	27
<b>4.2.</b>	<b>PLANO (DIAGRAMA DE PRINCIPIO).....</b>	<b>28</b>
<b>4.3.</b>	<b>CÁLCULOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>29</b>
4.3.1	Cálculo del caudal de la bomba.....	29
4.3.2	Cálculo del espesor de la tubería .....	31
4.3.3	Cálculo de la curva del sistema .....	33
4.3.4	Cálculo del NPSH disponible .....	40
	<b>CAPÍTULO 5.....</b>	<b>46</b>
	<b>SISTEMA DE ESTACIONES CONTRAINCENDIOS.....</b>	<b>46</b>
<b>5.1.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....</b>	<b>46</b>

5.1.1	Características generales .....	46
5.1.2	Características particulares .....	46
<b>5.2.</b>	<b>PLANO (DIAGRAMA DE PRINCIPIO) .....</b>	<b>47</b>
<b>5.3.</b>	<b>CÁLCULOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>48</b>
5.3.1	Cálculo del caudal de la bomba.....	48
5.3.2	Cálculo del espesor de la tubería.....	48
5.3.3	Cálculo de la curva del sistema .....	49
5.3.4	Cálculo del NPSH disponible .....	52
<b>CAPÍTULO 6.....</b>	<b>54</b>	
<b>SISTEMA AUTOMÁTICO DE ROCIADORES.....</b>	<b>54</b>	
<b>6.1.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....</b>	<b>54</b>
6.1.1	Características generales .....	54
6.1.2	Características particulares .....	54
<b>6.2.</b>	<b>PLANO (DIAGRAMA DE PRINCIPIO) .....</b>	<b>56</b>
<b>6.3.</b>	<b>CÁLCULOS DEL SISTEMA.....</b>	<b>56</b>
6.3.1	Cálculo del caudal de la bomba y distribución de rociadores .....	56
6.3.2	Cálculo del espesor de la tubería.....	58
6.3.3	Cálculo de la curva del sistema .....	59
6.3.4	Cálculo del NPSH disponible .....	62
6.3.5	Características del tanque de Presión.....	63
<b>CAPÍTULO 7.....</b>	<b>65</b>	
<b>ESTRUCTURA DE COSTOS .....</b>	<b>65</b>	
<b>7.1.</b>	<b>LISTA DE MATERIALES.....</b>	<b>65</b>
7.1.1	Generalidades .....	65
7.1.2	Sistema de achique y lastre .....	65
7.1.3	Sistema de estaciones contra incendios .....	68

7.1.4	Sistema automático de rociadores contra incendios .....	70
<b>7.2.</b>	<b>ESTIMACIÓN DE MANO DE OBRA .....</b>	<b>75</b>
7.2.1	Generalidades .....	75
7.2.2	Sistema de achique y lastre .....	76
7.2.3	Sistema de estaciones contra incendios .....	76
7.2.4	Sistema automático de rociadores contra incendios .....	77
<b>7.3.</b>	<b>ESTRUCTURA DE COSTOS.....</b>	<b>77</b>
7.3.1	Costos de materiales .....	77
7.3.2	Costos de Mano de Obra .....	82
7.3.3	Estructura de costos .....	82
	<b>RECOMENDACIÓN .....</b>	<b>84</b>
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>85</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>87</b>
	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>88</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1.....	Plano de “Disposición General”
ANEXO 2.....	Plano de “Disposición de Tanques”
ANEXO 3.....	Plano de “Sistema de Achique y Lastre”
ANEXO 4.....	Plano de “Sistema de Tuberías de Estaciones Contraincendios”
ANEXO 5.....	Plano de “Sistema de rociadores”
ANEXO 6.....	Temperatura anual promedio de la superficie del mar (Año 2009)
ANEXO 7.....	Propiedades del agua de mar a diferentes temperaturas
ANEXO 8.....	Plano de tanque de compensación

## PRÓLOGO

El presente informe muestra el procedimiento para el diseño de tres sistemas en particular: el sistema de achique y lastre, el sistema de estaciones contra incendios y el sistema de rociadores automáticos; sin embargo, el procedimiento puede ser utilizado en el diseño de cualquier otro sistema de tuberías (ver alcances y limitaciones).

El punto de partida del diseño de los sistemas de un buque es el contenido de las normas técnicas aplicables según el contrato y la legislación vigente, como son: las reglas de las sociedades clasificadoras, las reglas de la administración y los convenios internacionales vigentes.

Sin perjuicio a lo dicho en el párrafo anterior, la información contenida en las normas técnicas establece parámetros para garantizar un estatus de calidad y seguridad; sin embargo, dicha información no es suficiente para diseñar un sistema. Los sistemas deben diseñarse para la correcta operación del buque y sus equipos, y deben sustentarse en cálculos de ingeniería, propios de cada sistema.

En el desarrollo de este informe se pretende resaltar la importancia de la realización de los cálculos de ingeniería, que conjuntamente a la utilización de los parámetros establecidos en las normas técnicas aplicables, logran establecer un panorama claro en el funcionamiento de los sistemas y predecir posibles deficiencias en el mismo.

## **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

### **1.1. ANTECEDENTES**

A fines del año 2009 la empresa costarricense “Marina Punta Piedra Amarilla S.A.”, en adelante denominada “el armador”, contaba con dos buques denominados “Tambor I” y “Tambor II”, ambos buques prestan servicios de transporte de pasajeros y carga rodada en el golfo de Nicoya, ubicado en la costa oeste Costa Rica.

A inicios del año 2010, el armador solicitó la construcción de un buque nuevo, similar a su buque “Tambor II”, el buque nuevo será denominado “Tambor III”. Además, solicitó que el buque “Tambor III” tenga diferencias con respecto al buque “Tambor II”, las cuales se detallan a continuación:

- Mayor capacidad de pasajeros, el buque “Tambor III” debe tener capacidad para transportar 850 pasajeros.
- Nuevo diseño de los sistemas de tuberías, el buque “Tambor II” presenta problemas en sus sistemas de tuberías.
- Nuevo sistema de embrague en los propulsores, el sistema de embrague en los propulsores del buque “Tambor II” presenta problemas de sobrecalentamiento y deterioro acelerado en los mismos.
- Mayor ventilación en las salas de máquinas, el buque “Tambor II” presenta salas de máquinas extremadamente calientes.

El buque "Tambor II" fue construido en Grecia en el año 2006, su diseño refleja la experiencia de la industria del transbordo de pasajeros y vehículos de Grecia. A su llegada al continente centroamericano se le modificó la proa y la popa para ajustarse a las características de los muelles de embarco y desembarco de Costa Rica.

Se desconoce, en algunos casos, el origen de los problemas encontrados en el buque "Tambor II", algunos de los cuales provienen de las diferencias de temperatura ambiente que existen entre Grecia y Costa Rica (apertura indeseada de los rociadores del garaje y alta temperatura en las salas de máquinas). Sin embargo, el "Tambor II" no solo tiene problemas, tiene un diseño que resulta de la experiencia acumulada de esta industria y que le otorga versatilidad durante su operación; una característica que destaca en este buque es que puede navegar hacia proa o hacia popa, con la misma seguridad en ambos casos, ello permite embarcar por un extremo y descargar por el otro extremo sin notar diferencias significativas en las maniobras de acoderamiento en los muelles.

El armador solicitó que el buque nuevo (Tambor III) sea clasificado por la misma sociedad clasificadora que clasificó su buque "Tambor II".

### **1.1.1 Características principales requeridas por el armador**

De acuerdo a los requerimientos del armador, el buque a construirse debe tener las siguientes características.

Nombre del Buque	"Tambor III"
Eslora total	82.40 m
Eslora de flotación (Lwp)	81.20 m
Eslora de reglamento (L) :	77.95 m (96% Lwp)
Manga moldeada (B)	17.503 m
Puntal moldeado (D)	3.866 m

Calado de diseño (T)	2.80 m
Velocidad estimada	≈12.0 nudos
Capacidad de vehículos	≈160 vehículos tipo (120 en la cubierta principal y 40 bajo cubierta)
Capacidad de pasajeros	≈850 personas
Motor principal	4 motores diésel CATERPILLAR, modelo C18, de 600 BHP a 1800 RPM
Propulsores Azimutales	4 propulsores SCHOTTEL, modelo SRP 330
Generadores	3 grupos electrógenos JOHN DEERE
Sociedad clasificadora	Maritime Inspections Corporation
Notación de clase	Hull and Machinery
Notación de relación	Comparable Hull Structure to "Tambor II"
Notación de área	Sheltered Waters
Grupo IACS	No

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

Realizar un diseño nuevo en los sistemas de tuberías incluidos en este informe, permitirá que dichos sistemas operen adecuadamente y puedan cumplir con el propósito de su concepción, evitando trasladar los problemas existentes del buque "Tambor II" al buque "Tambor III" (ver planteamiento del problema).

## 1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas del buque "Tambor II" presentan problemas muy importantes en su diseño, los mismos que se detallan a continuación:



### **1.3.1 Sistema de achique y lastre en el buque “Tambor II”**

- Erosión acelerada del impelente y la carcasa de las bombas.
- Corrosión en el eje de las bombas.
- Problemas para cebar la bomba durante el achique de agua en compartimentos de doble fondo.
- Retorno e ingreso de agua a los compartimentos de doble fondo después de las labores de achique.
- Válvula del pique de proa y popa sin control remoto desde cubierta.

### **1.3.2 Sistema de estaciones contraincendios en el buque “Tambor II”**

- Erosión acelerada del impelente y la carcasa de las bombas.
- Corrosión en el eje de las bombas.
- Baja presión al momento de tener dos chorros de agua en simultáneo.

### **1.3.3 Sistema automático de rociadores en el buque “Tambor II”**

- Selección incorrecta de rango de temperatura de abertura en los rociadores instalados en el garaje, se abren sin la existencia de un incendio.
- La bomba principal de este sistema nunca fue instalada y actualmente opera con las bombas de achique. En consecuencia, el sistema no enciende automáticamente su bomba principal.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo principal**

Diseñar el sistema de achique y lastre, sistema de estaciones contraincendios y sistema automático de rociadores contraincendios, evitando el fenómeno de cavitación durante la operación normal de las bombas y cumpliendo con los requerimientos de la sociedad clasificadora.

### **1.4.2 Objetivos secundarios**

Determinar el procedimiento de diseño del sistema de achique y lastre, sistema de estaciones contraincendios y sistema automático de rociadores contraincendios.

Solucionar en el nuevo buque "Tambor III", los problemas que existen en el buque "Tambor II".

## **1.5. METODOLOGÍA DE TRABAJO**

La metodología de trabajo está compuesta por las siguientes etapas:

- a) Identificación de problemas existentes en el buque "Tambor II".
- b) Identificación de requerimientos de la sociedad clasificadora.
- c) Identificación de requerimientos de la administración.
- d) Planteamiento del diseño de los sistemas de acuerdo a los requerimientos de la sociedad clasificadora y la administración, incluyendo las mejoras requeridas.
- e) Cálculos para validar el diseño planteado.
- f) Elaboración de la lista de materiales y la estructura de costos de la implementación de los sistemas en el buque.

## 1.6. ALCANCE Y LIMITACIONES

En el presente informe se detalla el diseño del sistema de tuberías de achique y lastre, sistema de tuberías de estaciones contra incendios y el sistema de tuberías de rociadores automáticos.

En el presente informe **no** se detalla la influencia ni la participación de los otros sistemas del buque, por ejemplo, el sistema eléctrico, sistema de alarmas, etc.

## CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1. MECÁNICA DE FLUIDOS

#### 2.1.1 Flujo permanente.

El flujo permanente tiene lugar, cuando en un punto cualquiera, la velocidad de las sucesivas partículas que ocupan ese punto en los sucesivos instantes es la misma. Este supuesto da por sentado que las otras variables o magnitudes del fluido y del flujo no varían en el tiempo (Giles, 1998).

#### 2.1.2 Ecuación de la energía.

La ecuación de la energía se obtiene luego de aplicar el principio de conservación de la energía al flujo del fluido. Se entiende que al hacer un balance energético se obtiene:

$$E_1 + E_a - E_p - E_e = E_2 \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- $E_1$  representa la energía en la sección 1 de la tubería.
- $E_2$  representa la energía en la sección 2 de la tubería.
- $E_a$  representa la energía añadida entre la sección 1 y la sección 2.
- $E_p$  representa la energía perdida entre la sección 1 y la sección 2.
- $E_e$  representa la energía extraída entre la sección 1 y la sección 2.

Entonces, si aplicamos en la ecuación (1) el concepto de flujo permanente de un fluido incompresible con variaciones despreciables en su energía interna, tenemos (Giles, 1998):

$$\left(\frac{P_1}{w} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1\right) + H_a - H_p - H_e = \left(\frac{P_2}{w} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2\right) \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- $P_1$  es la presión en la sección 1 de la tubería.
- $V_1$  es la velocidad del fluido en la sección 1 de la tubería.
- $Z_1$  es la altura del fluido en sección 1 de la tubería.
- $P_2$  es la presión en la sección 2 de la tubería.
- $V_2$  es la velocidad del fluido en la sección 2 de la tubería.
- $Z_2$  es la altura del fluido en la sección 2 de la tubería.
- $H_a$  es la altura de presión añadida entre la sección 1 y la sección 2.
- $H_p$  es la altura de presión perdida entre la sección 1 y la sección 2.
- $H_e$  es la altura de presión extraída entre la sección 1 y la sección 2.
- $g$  es la magnitud de la aceleración de la gravedad.
- $w$  es el peso específico del fluido.

La ecuación anterior se conoce con el nombre de teorema de Bernoulli.

### **2.1.3 Flujo de fluidos en tuberías**

Las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que resolverían el problema del flujo (ecuaciones de Euler), generalmente no admiten una solución. Como consecuencia, los problemas de flujos reales se resuelven aprovechando datos experimentales y utilizando resultados semiempíricos (Giles, 1998).

Existen dos tipos de flujos permanentes en el caso de flujos reales: el flujo laminar y el flujo turbulento. Ambos vienen gobernados por leyes distintas.

**Flujo laminar.-** En el flujo laminar las partículas se mueven en trayectorias paralelas. En el flujo laminar la viscosidad es la magnitud física predominante y su acción amortigua cualquier tendencia a la turbulencia.

**Flujo turbulento.**- En el flujo turbulento, las partículas se mueven en forma desordenada y en todas direcciones. Es imposible conocer la trayectoria de una partícula individualmente.

**Numero de Reynolds ( $R_E$ ).**- El número de Reynolds, es un grupo adimensional que viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia entre las fuerzas debidas a la viscosidad. Para tuberías circulares, en flujo a tubería llena, el número de Reynolds es el siguiente:

$$R_E = \frac{V \cdot D}{\nu} \dots \dots \dots (3)$$

Donde:

- $R_E$  es el número de Reynolds.
- $V$  es la velocidad del fluido.
- $D$  es el diámetro interior de la tubería.
- $\nu$  es la viscosidad cinemática del fluido.

**Velocidad crítica.**- La velocidad crítica es la velocidad máxima en la que toda turbulencia es amortiguada por efecto de la viscosidad. En la mayoría de casos prácticos, la experiencia demuestra que esa velocidad viene fijado por un valor de número de Reynolds de alrededor de 2000 (Giles, 1998).

#### 2.1.4 Pérdida de carga en tuberías

Las pérdidas de carga en tuberías se dividen en pérdidas primarias y pérdidas secundarias.

**Pérdidas primarias.**- Las pérdidas primarias son las pérdidas de carga generadas por fricción en tuberías rectas. La magnitud de las pérdidas primarias se determina haciendo uso de la ecuación de DARCY-WEISBASH:

$$h_p = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

- $f$  es el factor de fricción.
- $h_p$  es la altura de presión de las pérdidas primarias.
- $L$  es la longitud de la tubería.
- $D$  es el diámetro interno de la tubería.
- $V$  es la velocidad del fluido.
- $g$  es la magnitud de la aceleración de la gravedad.

El factor de fricción ( $f$ ) para un flujo laminar completamente desarrollado es:

$$f = \frac{64}{R_E} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

- $f$  es el factor de fricción.
- $R_E$  es el número de Reynolds.

El factor de fricción ( $f$ ) para un flujo turbulento es dado por la ecuación de Colebrook-White, sin embargo, dada la dificultad para resolver dicha ecuación, actualmente se utilizan otras ecuaciones que tienen mucha aproximación, dentro de ellas destaca la ecuación de Swamme y Jain (Comisión Nacional del Agua, 2007).

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{\varepsilon}{D} + \frac{5.74}{R_E^{0.90}} \right) \right]^2} \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

- $\varepsilon$  es la rugosidad del material de la tubería.
- $D$  es el diámetro interno de la tubería.
- $R_E$  es el número de Reynolds.

La rugosidad del material tiene valores típicos, los mismos que se indican en la siguiente tabla:

**Tabla 2.1.4.1.- Rugosidad ( $\epsilon$ ) en mm**

Material	Rugosidad
Vidrio o plástico	0.00000
Caucho, suavizado	0.01000
Cobre o Latón	0.00150
Hierro Fundido	0.26000
Hierro Galvanizado	0.15000
Hierro Forjado	0.04600
Acero Inoxidable	0.00200
Acero Comercial	0.04500

**Pérdidas secundarias.-** Las pérdidas secundarias son las pérdidas de carga generadas cuando el flujo pasa a través de válvulas, codos, cambios de sección, etc. Las pérdidas secundarias se calculan a través de la siguiente fórmula:

$$h_s = \frac{k \cdot V^2}{2 \cdot g} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

- k es la constante de pérdida del accesorio.
- $h_s$  es la altura de presión de las pérdidas secundarias.
- V es la velocidad del fluido.
- g es la magnitud de la aceleración de la gravedad.

Si comparamos las ecuaciones 4 y 7, encontramos que k, la constante de pérdida del accesorio, podría expresarse en función del factor de fricción (f) y la longitud equivalente (L/D).



El valor de  $k$  debería ser constante para diferentes diámetros si los accesorios y válvulas fueran geoméricamente “similares” (a escala); sin embargo, la realidad es otra (CRANE, 1992). La división de ingeniería de CRANE, en su libro “Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías”, realiza el análisis de datos obtenidos de varias pruebas de diferentes fuentes, observando que las curvas  $k$  (constante de pérdida del accesorio) presentan tendencias definidas siguiendo la misma inclinación que el producto entre el factor de fricción y la longitud equivalente ( $f \cdot L/D$ ). Ellos deducen que  $k$  varía en función al diámetro tal como lo hace el factor de fricción, y que la longitud equivalente tiende a ser constante.

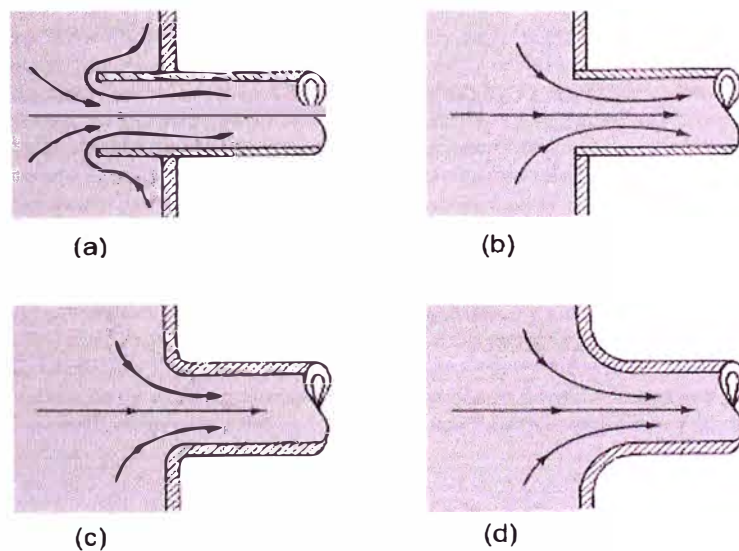
Se deduce entonces que la longitud equivalente ( $L/D$ ) es válida para todas las medidas de diámetros del accesorio con el cual se identifica.

**Tabla 2.1.4.2.- Valores de  $L/D$  para diferentes válvulas y accesorios**

<b>Descripción</b>	<b><math>L/D</math></b>
Válvula Globo completamente abierta	340
Válvula Angular completamente abierta	150
Válvula Compuerta completamente abierta	8
Válvula de Bola completamente abierta	3
Válvula de Mariposa completamente abierta	45
Válvula de Retención y Cierre - Recta	400
Válvula de Retención y Cierre - Angular	200
Válvula de Retención de Disco Oscilante - Brida	50
Válvula de Retención de Disco Oscilante - Rosca	100
Válvula de Retención de Obturador Ascendente	600
Válvula de Pie con Filtro y Disco Oscilante	75
Válvula de Pie con Filtro y Obturador Ascendente	420
Codo estándar 180°	50
Codo estándar 90°	30
Codo estándar 45°	16
Te, flujo en línea recta	20
Te, flujo en 90°	60

Diferentes autores indican en sus publicaciones valores de  $(L/D)$  aplicables a diferentes tipos de válvulas y accesorios, las mismas que no difieren mucho entre si y en varios casos son iguales; en este informe seguiré las recomendaciones de la división de ingeniería de CRANE, debido a que coincidentemente las válvulas usadas en el proyecto son, en su mayoría, de marca "CRANE".

En el caso de las terminaciones de succión y descarga, las expansiones y contracciones graduales, bruscas y las rejillas, consideraremos los valores de  $k$  de acuerdo a las siguientes gráficas, tablas y ecuaciones:



**Figura 2.1.4.1.-** Constante de pérdida. (a) Entrada a borda  $k=0.8$ , (b) Entrada  $k=0.5$ , (c) Entrada ligeramente redondeada  $k=0.2$ , (d) Entrada bien redondeada  $k=0.04$  (Munson, R., Young, & Okiishi, 1994).

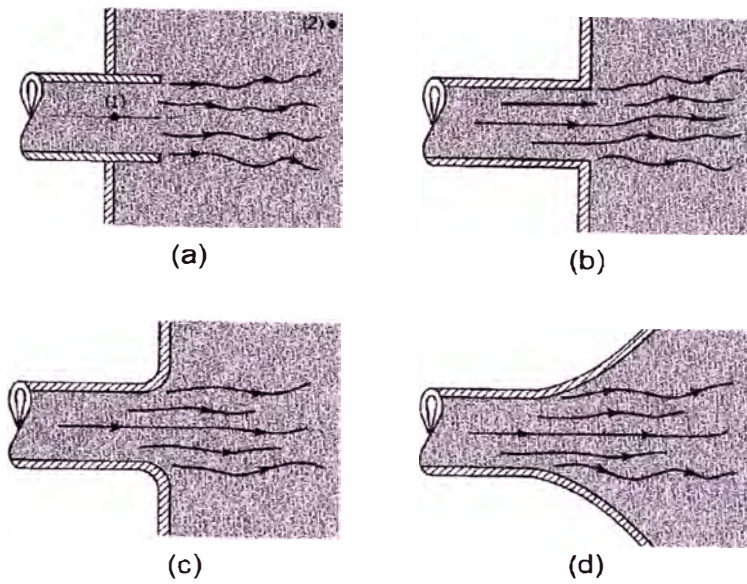


Figura 2.1.4.2.- Constante de pérdida. (a), (b), (c), y (d)  $k=1$  (Munson, R., Young, & Okiishi, 1994).

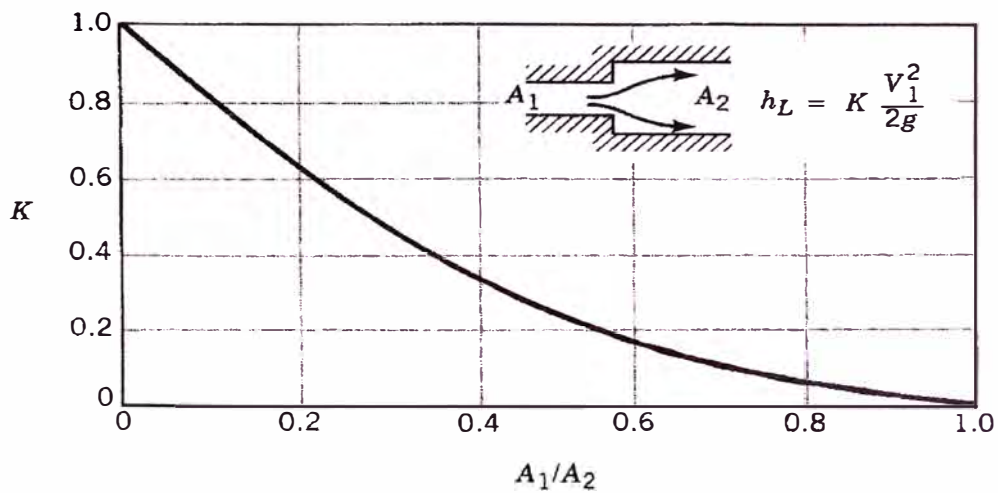


Figura 2.1.4.3.- Constante de pérdida para expansión brusca (Munson, R., Young, & Okiishi, 1994).

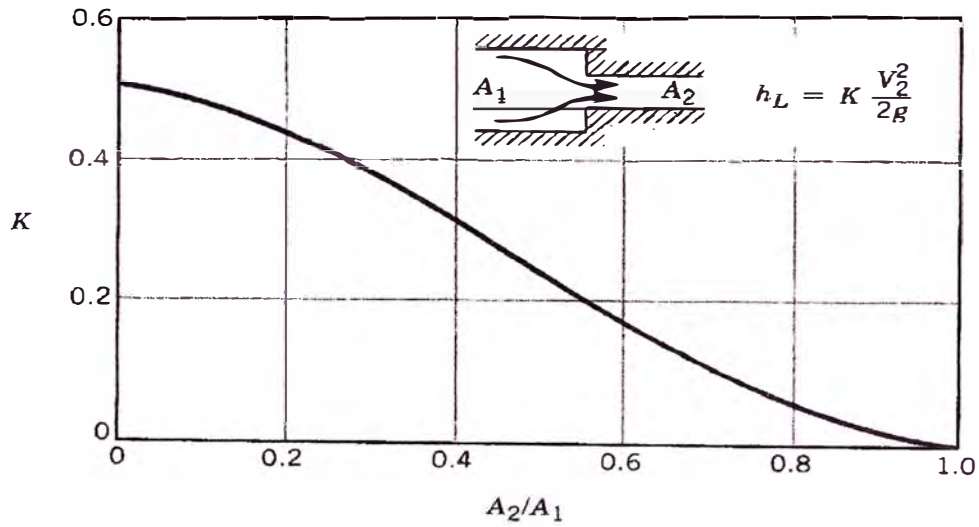


Figura 2.1.4.4.- Constante de pérdida para contracción brusca (Munson, R., Young, & Okiishi, 1994)

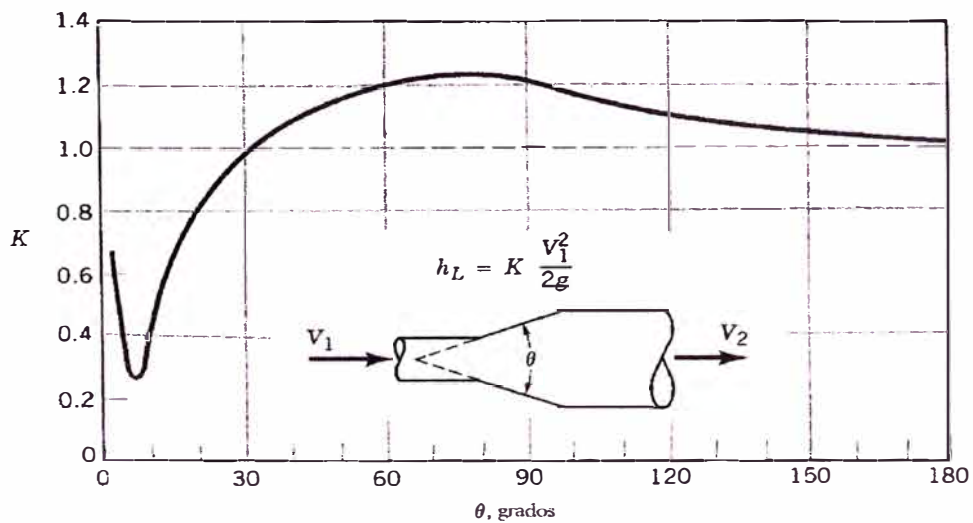


Figura 2.1.4.5.- Constante de pérdida para expansión suave (Munson, R., Young, & Okiishi, 1994)

Tabla 2.1.4.3.- Constante de pérdida para contracción suave en función del ángulo de contracción (Sotelo & G., 1982). Nota: La velocidad a usar es la velocidad de salida.

$\theta$	10°	20°	30°	40°	45°	60°	75°	80°
$k$	0.16	0.20	0.24	0.28	0.30	0.32	0.34	0.35

Para rejillas totalmente sumergidas se puede obtener una aproximación media del coeficiente de pérdida  $k$  usando la ecuación de Greager (Sotelo & G., 1982).

$$k = 1.45 - 0.45 \left( \frac{A_n}{A_b} \right) - \left( \frac{A_n}{A_b} \right)^2 \dots\dots\dots(8)$$

Donde:

- $A_n$  es el área neta de paso entre rejillas.
- $A_b$  es el área bruta de la estructura de las rejillas.

Nota: La velocidad a usar es la velocidad neta a través de la rejilla.

### **2.1.5 Operación de bombas**

**Altura de dinámica total del sistema (ADT).**- La altura dinámica total del sistema representa la energía que requiere el fluido para trasladarse de un lugar a otro, con cierto caudal. La altura dinámica total será equivalente en magnitud a la altura de presión añadida al sistema (normalmente por una bomba), por lo tanto si partimos de la ecuación 2, obtenemos:

$$ADT = \left( \frac{P_f}{w} + \frac{V_f^2}{2g} + Z_f \right) - \left( \frac{P_o}{w} + \frac{V_o^2}{2g} + Z_o \right) + H_p + H_e \dots\dots\dots(9)$$

Donde:

- ADT es la altura dinámica total del sistema.
- $P_o$  es la presión en la sección inicial del sistema.
- $V_o$  es la velocidad del fluido en la sección inicial del sistema.
- $Z_o$  es la altura del fluido en sección inicial del sistema.

- $P_f$  es la presión en la sección final del sistema.
- $V_f$  es la velocidad del fluido en la sección final del sistema.
- $Z_f$  es la altura del fluido en la sección final del sistema.
- $H_p$  es la altura de presión perdida entre la sección inicial y final.
- $H_e$  es la altura de presión extraída entre la sección inicial y final.
- $w$  es el peso específico del fluido.

En donde la altura de presión perdida ( $H_p$ ) es equivalente en magnitud a la suma de todas las pérdidas primarias y secundarias del sistema, expresadas en altura de presión.

$$H_p = \sum h_p + \sum h_s \dots \dots \dots (10)$$

**Curva del sistema.-** Es la gráfica realizada trazando el caudal del sistema en el eje de las abscisas, y su correspondiente ADT en el eje de las ordenadas.

**Curva de la bomba.-** Es la gráfica realizada trazando el caudal de la bomba en el eje de las abscisas y su correspondiente ADT en el eje de las ordenadas. Esta curva es suministrada por el fabricante de la bomba.

**Operación de la bomba.-** La bomba, y en general, el sistema completo operarán a un caudal y a una presión que necesitan ser determinados para validar el diseño, este punto de operación no es otra cosa que el punto en que se intersectan la curva del sistema y la curva de la bomba.

Una vez conocido el punto en que operará la bomba, podemos conocer la potencia requerida por la bomba, su eficiencia, y la altura neta positiva de succión requerida por la bomba (NPSH requerido).

### 2.1.6 Cavitación en bombas

El fenómeno de cavitación ocurre cuando la presión absoluta del líquido, en el interior de la bomba, disminuye hasta alcanzar la presión de vapor, en ese momento se formaran burbujas de vapor. Estas burbujas colapsaran cuando el líquido que las transporta aumente de presión, generando problemas de erosión del impelente, vibraciones, daño en lo sellos, etc. El fenómeno de cavitación, a su vez, disminuye el rendimiento de la bomba, la presión y el caudal de operación.

**NPSH requerido.**- La altura neta positiva de succión requerida por la bomba determina la mínima altura neta positiva de succión que debe haber disponible en el sistema para evitar el fenómeno de cavitación. El NPSH requerido es un dato suministrado por el fabricante, normalmente a través de una curva, donde el eje de las abscisas representa el caudal.

**NPSH disponible.**- La altura neta positiva de succión disponible es una característica del sistema, que puede graficarse en función al caudal, y cuyo cálculo puede realizarse a través de la siguiente ecuación:

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_a}{w} + Z_s - \frac{P_v}{w} - Z_e - H_{pse} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

- $P_a$  es la presión atmosférica.
- $Z_s$  es la altura de la superficie del tanque de succión.
- $P_v$  es la presión de vapor del líquido.
- $Z_e$  es la altura del fluido en el eje de la bomba.
- $H_{pse}$  es la altura de presión perdida entre la superficie del tanque de succión y la brida de succión de la bomba.

- $g$  es la magnitud de la aceleración de la gravedad.
- $w$  es el peso específico del fluido.

Esta fórmula supone que se está succionando el líquido desde un tanque, amplio, y abierto a la atmósfera, esta fórmula también supone que no se le está extrayendo energía al fluido en el tramo de succión del sistema.

En conclusión, el criterio general para evitar la cavitación de las bombas es el siguiente:

$$NPSH_{disponible} > NPSH_{requerido} \dots \dots \dots (12)$$

## 2.2. SOCIEDADES CLASIFICADORAS

Una parte muy importante en la construcción de buques y artefactos navales, así como en la construcción de sus sistemas e instalación de su equipamiento, son las Sociedades Clasificadoras, ellas publican reglas para la construcción y clasificación de buques, artefactos flotantes, estructuras marinas, entre otros, y cuando son contratadas para clasificar un proyecto, supervisan la construcción desde el diseño y la calidad de los materiales, pasando por todos los procesos de fabricación, hasta las pruebas de operación, asegurando que todo el proceso de construcción esté de acuerdo con sus reglas.

La razón que motiva a los armadores a clasificar sus buques es el aseguramiento de la calidad de un proyecto, a manera global y de todos sus sistemas independientemente, lo que garantiza que el buque y sus sistemas operen satisfactoriamente incluso en condiciones adversas y después de haber sufrido procesos normales de corrosión. Este aseguramiento de la calidad tiene un beneficio adicional en los armadores; permite que las empresas aseguradoras de buques



reduzcan sus primas a consecuencia de las bajas tasas de incidentes que ocurren en buques clasificados.

Existe una ventaja en las reglas de las sociedades clasificadoras, relacionadas al aseguramiento de la calidad de un proyecto, que es muy difícil de superar por los cálculos de ingeniería que se realizan en los astilleros; las reglas de las sociedades clasificadoras contemplan factores de seguridad y criterios establecidos en base a datos estadísticos, los mismos que complementan los estudios estructurales con sucesos principalmente relacionados a la fatiga originada por la vibración y esfuerzos cíclicos en los buques.

Si bien es cierto, las reglas de las Sociedades Clasificadoras especifican las características de los materiales a utilizar y muestran fórmulas que aseguran un buen diseño estructural de los buques; en el caso de los sistemas, su ayuda al diseño no es tan amplia como en el caso de la estructura, este es el caso de los sistemas de tuberías y el sistema eléctrico, en donde las reglas de las Sociedades Clasificadoras pasan de sus requerimientos de características de materiales, por un “ligero alcance de los requerimientos de diseño”, hasta las pruebas que validaran las características de operación de los sistemas. Al referirme a un “ligero alcance de los requerimientos de diseño”, trato de hacer notar que no existen “formularios” como en el caso estructural, y esto se debe a que los sistemas son de concepción mucho más elaborada que las estructuras; lo que no desmerece el alcance de la clasificación de un buque por parte de una sociedad clasificadora, que puede revisar todos los detalles durante la aprobación de los planos, y verificarlas durante las pruebas, asegurando la calidad del proyecto.

## **CAPÍTULO 3**

### **REGULACIONES APLICABLES**

#### **3.1. INTRODUCCIÓN DEL DISEÑO DEL BUQUE**

En un buque, el diseño de un sistema generalmente está relacionado al diseño de otros sistemas, y al diseño propio del buque, su forma y sus estructuras. En este informe partimos considerando que el diseño de la forma del buque, su compartimentado y sus estructuras ya han concluido, por lo tanto, ya conocemos sus características finales (ver numeral 1.1.1):

Eslora del pique de proa y popa	5.85 m
Eslora de las Salas de Maquinas	9.00 m
Eslora del garaje	52.80 m
Eslora de compartimentos de doble fondo	9.00 m (típico)

Ver plano de “Disposición General” en el Anexo 1 y plano de “Disposición de Tanques” en el Anexo 2.

#### **3.2. REQUERIMIENTOS DE LA SOCIEDAD CLASIFICADORA**

##### **3.2.1 Generalidades**

La sociedad clasificadora “Maritime Inspections Corporation” es una empresa pequeña dedicada a la supervisión y clasificación en buques, esta sociedad clasificadora no pertenece a la asociación internacional de sociedades clasificadoras (IACS) y no tiene reglas de clasificación propias. Sin embargo, realiza sus funciones

utilizando parcialmente las reglas de otras sociedades clasificadoras, en este caso, las reglas de la sociedad clasificadora Hellenic Register of Shipping.

En buques que no realizan viajes internacionales, como en este caso, los requerimientos de seguridad en general, incluyendo los sistemas contraincendios se realizan de acuerdo a las disposiciones de la administración. En este caso, la administración solicita, a través de la sociedad clasificadora, el cumplimiento de determinados artículos de las reglas del Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar (SOLAS), considerando algunas excepciones, las mismas que se describen junto con los requerimientos propios de la sociedad clasificadora en los numerales siguientes. Tomar nota que el SOLAS no es aplicable a buques que no realizan viajes internacionales, sin embargo, en este caso es un requerimiento de la administración (sistema de estaciones contraincendios y sistema de rociadores automáticos) y de la clasificadora (sólo en el sistema de achique).

### **3.2.2 Reglas aplicables a todos los sistemas**

- HRS – Parte 5 - Capítulo 8 (Requerimientos generales de tuberías)
- HRS – Parte 5 - Capítulo 9 (Sistemas de tuberías):
  - Sección 2 (Diseño de sistemas de tuberías).

### **3.2.3 Sistema de achique y lastre**

- HRS – Parte 5 – Capítulo 9 (Sistemas de tuberías)
  - Sección 5 – Numeral 5.2 (Diámetro de las tuberías de achique en buques de carga seca y buques de pasajeros).
  - Sección 6 (Bombas de sentina), excepto:
    - 6.5 (Requerimiento: No se requieren tuberías de succión directa ni independientes en las salas de máquinas).

- SOLAS – Capítulo II-1 – Parte B – Regla 21 (Medios de bombeo de aguas de sentina)
  - Numeral 1 (Buques de pasaje y buques de carga).
  - Numeral 2.1, 2.2 y 2.3 (Buques de pasaje).

#### **3.2.4 Sistema de estaciones contraincendios**

- SOLAS – Capítulo II-2 – Parte C – Regla 10 (Lucha contra incendios):
  - Numeral 2 (Sistemas de suministro de agua), excepto:
    - 2.1.2 (Requerimiento: Una de las bombas debe poder ser encendida por telemando desde el puente de mando).
    - 2.1.3 (Requerimiento: El diámetro de las tuberías será el suficiente para distribuir el caudal requerido para abastecer las 2 mangueras contraincendios más alejadas de las bombas).
    - 2.1.4.1 (Requerimiento: La segunda bomba contraincendios y sus instalaciones deben ubicarse en un compartimento distinto al de la bomba principal, pudiendo ser este otro compartimento una sala de máquinas distinta. No se requieren válvulas de aislamiento para las salas de máquinas).
    - 2.1.6 (Requerimiento: La presión en las 2 lanzas contraincendios más alejadas de la bomba debe ser igual o superior a 0.30MPa mientras ambas estén descargando un chorro de agua).
    - 2.2.3.2 (Requerimiento: No se requiere ninguna bomba contraincendios de emergencia, sin embargo, si se requiere de por lo menos dos bombas contraincendios).
    - 2.2.4 (Requerimiento: El caudal de cada bomba será el suficiente para abastecer 2 chorros de agua con las 2 lanzas contraincendios más alejadas de las bombas, a 0.30MPa).

- Código Internacional de Sistemas de Seguridad contra Incendios (Resolución MSC.98(73).) – Capítulo II: Conexión internacional a tierra.

### **3.2.5 Sistema automático de rociadores contra incendios**

- SOLAS – Capítulo II-2 – Parte C – Regla 10 (Lucha contra incendios):
  - Numeral 4 (Sistemas fijos de extinción de incendios)
  - Numeral 6 (Dispositivos de extinción de incendios en puestos de control, espacios de alojamiento, y espacios de servicio)
  - Numeral 7 (Medios de extinción de incendios en espacios de carga / *Tomando nota que la administración de Costa Rica admite el uso de un sistema automático de rociadores en el garaje de este buque*).
- Código Internacional de Sistemas de Seguridad contra Incendios (Resolución MSC.98(73).) – Capítulo VIII: Sistemas automáticos de rociadores, de detección de incendios y de alarma contra incendios, excepto:
  - 2.2 (Requerimiento: La administración de Costa Rica no requiere que la energía de emergencia alimente este sistema).

### **3.2.6 Requerimiento adicional para el sistema de achique y lastre**

- La sociedad clasificadora, considerando la similitud en los buques “Tambor II” y “Tambor III”, hace el siguiente requerimiento: La disposición general de las tuberías en el sistema de achique y lastre, en el buque “Tambor III”, debe ser similar a la disposición existente en el buque “Tambor II”.

## **CAPÍTULO 4**

### **SISTEMA DE ACHIQUE Y LASTRE**

#### **4.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

En el capítulo 3 se indicaron las reglas y regulaciones aplicables a este sistema, en este capítulo diseñaremos el sistema en función a esas reglas y regulaciones. En tal sentido, a continuación se detallan las características del sistema en función a los requerimientos de la sociedad clasificadora. Cabe resaltar que en este informe no se pretende detallar los pormenores de estas características ni redactar el texto de las reglas, por tal motivo sólo se indican las características principales.

##### **4.1.1 Características generales**

- i. Tuberías “Clase III” (Agua salada, Presión < 16 bar, y Temperatura < 200 °C).
- ii. Tubería de acero “ASTM A53 grado B”.
- iii. Válvulas de vástago ascendente de acero al carbono “ASTM A 216/A 216M GR WCB” con asiento resistente a la corrosión; para todas las válvulas instaladas en el casco y en las tomas de mar.
- iv. Válvulas de vástago ascendente de hierro dúctil “ASTM A 395” con asiento resistente a la corrosión; para todas las válvulas que no estén instaladas en el casco ni en las tomas de mar.
- v. Soldadura a tope como unión permanente de tubos.
- vi. Bridas *Slip-on* de acero al carbono “ASTM A 105/A 105M”; para unión desarmable de tubos.
- vii. Uniones con rosca NTP son usadas en tuberías y accesorios con diámetro exterior no mayor a 57 mm.

- viii. Uniones flexibles; para unir las bombas con las tuberías.
- ix. Las tuberías son galvanizadas en caliente después del prefabricado.
- x. Todas las válvulas cierran en sentido horario.
- xi. Todas las válvulas accionadas remotamente pueden ser operadas localmente.
- xii. Todas las válvulas de entrada de agua de mar o de descarga fuera de borda son conectadas directamente al casco, a las cajas de mar, o a tubos cortos y rígidos aprobados por la sociedad clasificadora.
- xiii. El área perforada en las rejillas de las cajas de mar es superiores al doble del área de las válvulas de ingreso de agua ahí conectadas.
- xiv. Las cajas de mar tienen un sistema de limpieza con aire comprimido. El mismo que se conecta a la toma de mar con una válvula de acero al carbono con brida.
- xv. Las cajas de mar tiene una tubería de ventilación para eliminar el aire acumulado en las mismas. La misma que se conecta a la toma de mar con una válvula de acero al carbono con brida.
- xvi. Todas las tuberías de este sistema son permanentes, y están fabricadas en tramos desarmables, unidos con bridas.
- xvii. Toda válvula accionada manualmente es accesible.

#### **4.1.2 Características particulares**

- xviii. El espesor de las tuberías es mayor al mínimo requerido por la sociedad clasificadora, ver cálculo en el numeral 4.3.2 de este capítulo.
- xix. El diámetro de las tuberías es mayor al mínimo requerido por la sociedad clasificadora, ver cálculo en el numeral 4.3.1 de este capítulo.
- xx. El número total de bombas de achique es 04 ( $C_s > 30$ ), todas estas bombas son conducidas por motores eléctricos, estas mismas electrobombas son usadas en las funciones de lastrado.

- xxi. El caudal de las bombas es mayor al mínimo requerido por la sociedad clasificadora, ver cálculo en el numeral 4.3.1 de este capítulo.
- xxii. Las bombas son conectadas independientemente, con válvulas en las tuberías de succión y descarga, de modo de que si una es extraída por mantenimiento, las otras no quedan inoperativas.
- xxiii. Las tuberías del sistema de achique están dispuestas de modo que pueden achicar, en cualquier condición, cualquier compartimento estanco distinto de un tanque.
- xxiv. Las tuberías del sistema de lastre están dispuestas de modo que pueden achicar y llenar cualquier tanque de lastre.
- xxv. El sistema de achique y lastre está dispuesto incluyendo válvulas *check*, de manera que resulta imposible que el agua de mar o el contenido de un tanque de lastre ingrese a un compartimento estanco. De igual forma, es imposible el traspaso de agua entre compartimentos estancos.
- xxvi. En cada sala de máquinas se han dispuesto dos pozos de succión, uno a cada banda.
- xxvii. En el garaje se han dispuesto dos pozos de succión en proa, uno a cada banda, y dos pozos de succión en popa, también uno a cada banda.
- xxviii. En todos los compartimentos distintos de las salas de máquinas y el garaje, sólo se dispone de una succión, ubicada en la parte más baja del compartimento.
- xxix. Dos de las 4 bombas de achique son instaladas en la sala de máquinas de proa y las otras dos son instaladas en la sala de máquinas de popa.
- xxx. Las bombas son centrífugas de tipo “autocebante”, con eje de acero inoxidable AISI 416 e impulsor de acero inoxidable A743CF8M.

#### 4.2. PLANO (DIAGRAMA DE PRINCIPIO)

Considerando las características del sistema indicadas líneas atrás, se propone el sistema en su correspondiente “Plano del Sistema de Achique y Lastre” (Ver



Anexo 3). Este plano propuesto será validado con los cálculos indicados en el numeral 4.3 y 4.4.

### 4.3. CÁLCULOS DEL SISTEMA

#### 4.3.1 Cálculo del caudal de la bomba

De acuerdo a los requerimientos de la sociedad clasificadora, antes de realizar el cálculo del caudal mínimo de las bombas de achique, debemos calcular el diámetro mínimo de las tuberías principales y de los ramales de succión.

El diámetro interior mínimo de la tubería principal es el calculado por la siguiente ecuación:

$$d_M = 1.68 \times \sqrt{L \times (B + D)} + 25 \text{ (Hellenic Register of Shipping., 2009).....(13)}$$

Donde:

- $d_M$  es el diámetro mínimo de la tubería principal en mm, no menor a 63 mm.
- L es la eslora entre perpendiculares del buque, en metros.
- B es la manga moldeada del buque, en metros.
- D es el puntal del buque, en metros.

Luego de operar la ecuación 13, obtenemos que el diámetro de las tuberías principales del sistema de achique no debe ser menor a 93.566 mm.

De igual forma, el diámetro interior mínimo de las tuberías ramales es el calculado por la siguiente ecuación:

$$d_B = 2.15 \times \sqrt{C \times (B + D)} + 25 \text{ (Hellenic Register of Shipping., 2009).} \dots \dots \dots (14)$$

Donde:

- $d_B$  es el diámetro mínimo de la tubería ramal en mm, no menor a 50 mm.
- C es la eslora del compartimento, en metros.
- B es la manga moldeada del buque, en metros.
- D es el puntal del buque, en metros.

Antes de operar la ecuación 14, recordemos que las longitudes de los compartimentos “C” son distintas a lo largo del buque, para lo cual simplificaremos los cálculos usando 3 medidas típicas:

- $d_{B(C=5.85 \text{ m})} = 50.00 \text{ mm}$  (Aplicable al pique de proa y popa)
- $d_{B(C=9.00 \text{ m})} = 54.81 \text{ mm}$  (Aplicable a las salas de máquinas y compartimentos de doble fondo)
- $d_{B(C=52.80 \text{ m})} = 97.21 \text{ mm}$  (Aplicable al garaje de vehículos)

Finalmente, el caudal de cada bomba de achique no será menor al obtenido por la siguiente ecuación:

$$Q = 0.00575 \times d_M^2 \text{ (Hellenic Register of Shipping., 2009).} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

- Q es el caudal mínimo de cada bomba de achique ( $\text{m}^3/\text{h}$ ).
- $d_M$  es el diámetro mínimo de la tubería principal en milímetros.

Luego de operar la ecuación 15, obtenemos que el caudal de las bombas no debe ser menor a 50.339 m<sup>3</sup>/h durante las labores de achique.

#### 4.3.2 Cálculo del espesor de la tubería

De acuerdo a lo requerido por las reglas de la sociedad clasificadora, el espesor de las tuberías debe ser igual o superior al indicado en la tabla de espesores mínimos y al calculado para presión interna.

**Tabla 4.3.2.1.- Espesor real y espesor mínimo tabular para las tuberías**

<b>d<sub>n</sub> (pulgadas)</b>	<b>d<sub>e</sub> (mm)</b>	<b>t (SCH 40)</b>	<b>t (tabular)</b>
1"	33.40	3.38	3.20
1 1/2"	48.30	3.68	3.60
2"	60.30	3.91*	4.00
2 1/2"	73.00	5.49	4.50
3"	88.90	6.02	4.50
4"	114.30	6.55	4.50
6"	168.30	7.11	4.50

Donde:

- d<sub>n</sub> es el diámetro nominal de la tubería.
- d<sub>e</sub> es el diámetro exterior de la tubería.
- t (SCH 40) es el espesor de la tubería ASTM A53 grado B (SCH40)
- t (tabular) es el espesor mínimo tabular requerido por la clasificadora.

\*.- El espesor mínimo podría reducirse hasta en 1 mm cuando la tubería está protegida adecuadamente contra la corrosión.

El espesor de la tubería sometida a presión interna también debe calcularse por la siguiente ecuación:

$$t = \left( \frac{P \times D}{20 \times K \times E + P} + b + c \right) \times \left( \frac{100}{100 - a} \right) \text{ (Hellenic Register of Shipping., 2009).....(16)}$$

Donde:

- t es el espesor mínimo de la tubería, en milímetros.
- P es la presión de diseño de la tubería, en bar.
- D es el diámetro exterior de la tubería, en milímetros.
- K es el máximo esfuerzo permisible de diseño, en N/mm<sup>2</sup> (K = 122.22 para tuberías ASTM A53 grado B).
- E es el factor de eficiencia de la soldadura en tubos con costura (E=1 en tubos sin costura).
- b es el factor por curvaturas, en milímetros (b=0 para tubos rectos).
- c es factor por corrosión, en milímetros (c=3 para agua salada).
- a es el porcentaje de tolerancia negativa de fabricación (12.5 para tuberías ASTM A53 grado B).

En este caso en particular, la presión interna máxima de diseño es igual a la máxima presión de la bomba, por lo tanto, 3.52 bar.

De lo observado en el plano del sistema de achique y lastre, las únicas tuberías expuestas a presión positiva interna tienen diámetros de 2 ½" y 4". Por consiguiente, sus espesores no deben ser inferiores a los siguientes:

- t = 3.53 mm (para tubos de 2 ½" de diámetro nominal).
- t = 3.59 mm (para tubos de 4" de diámetro nominal).

### **4.3.3 Cálculo de la curva del sistema**

Para la realización de los cálculos necesarios para poder graficar las curvas del sistema se agregaron todas las fórmulas indicadas en el marco teórico en una hoja de cálculo en Excel (2013). En este proceso se escogieron 4 condiciones típicas de achique, una condición de lastrado, y una condición de achique de emergencia, las mismas que se citan a continuación:

- a) Achique de sala de máquinas de proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.
- b) Achique del garaje, lado proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.
- c) Achique del compartimento de doble fondo #4, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.
- d) Achique del tanque de lastre #3, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.
- e) Lastrado del tanque de lastre #3, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.
- f) Achique de emergencia de la sala de máquinas de proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de popa.

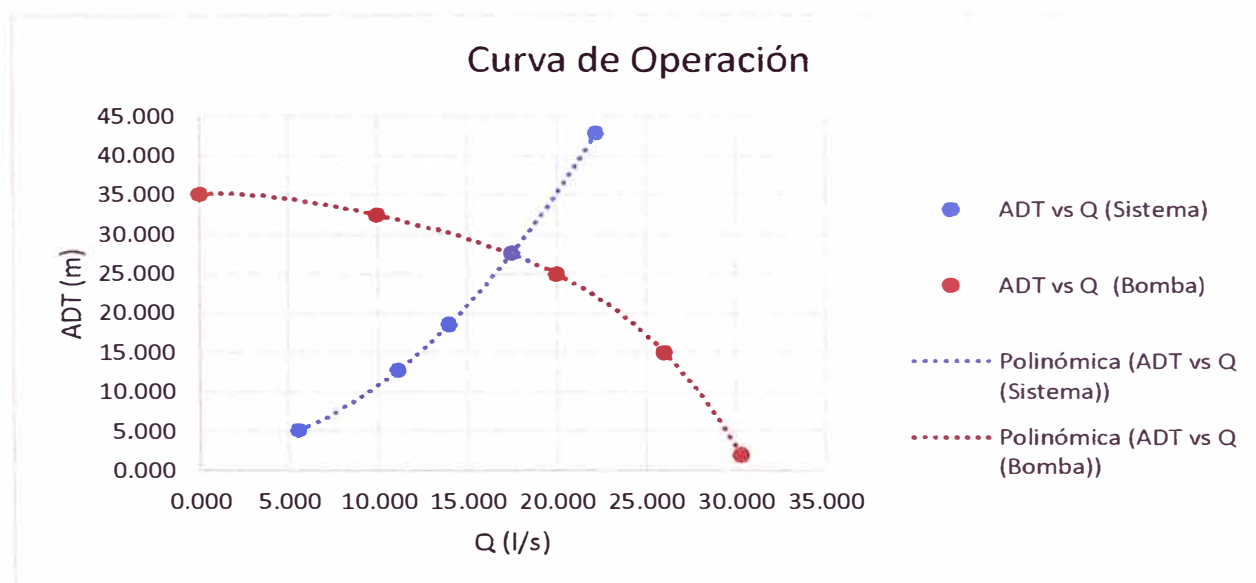
En el desarrollo del cálculo se consideró una temperatura promedio del agua de mar de 28 °C (Locamini, y otros, 2010) (ver Anexo 6).

Conociendo la temperatura promedio del agua de mar, sus propiedades fueron extraídas del Procedimiento recomendado – ITTC “Propiedades del agua dulce y del agua de mar” (International Towing Tank Conference., 2011) (ver anexo 7).

La longitud de la tubería y sus accesorios fueron estimados con ayuda del plano de disposición general y el recorrido propuesto y coordinado con el armador.

a) Achique de sala de máquinas de proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

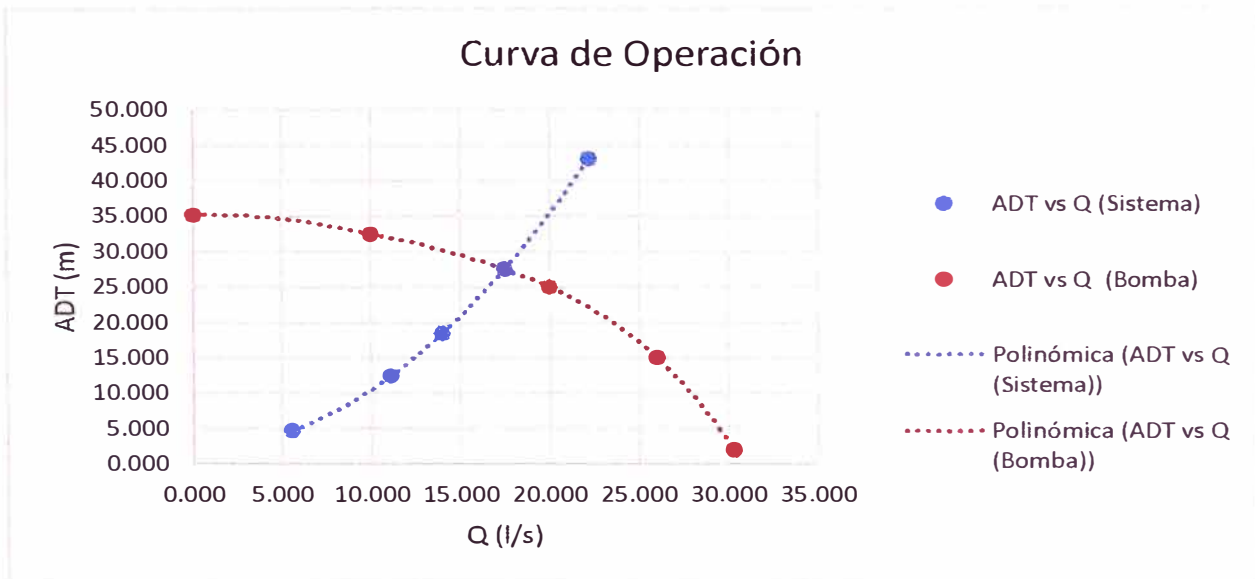


**Figura 4.3.3.1.-** Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)

De la figura 4.3.3.1 se deduce que la bomba operará a un caudal de 17.5 l/s (63 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por las reglas de la sociedad clasificadora. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 27.559 m.

b) Achique del garaje, lado proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

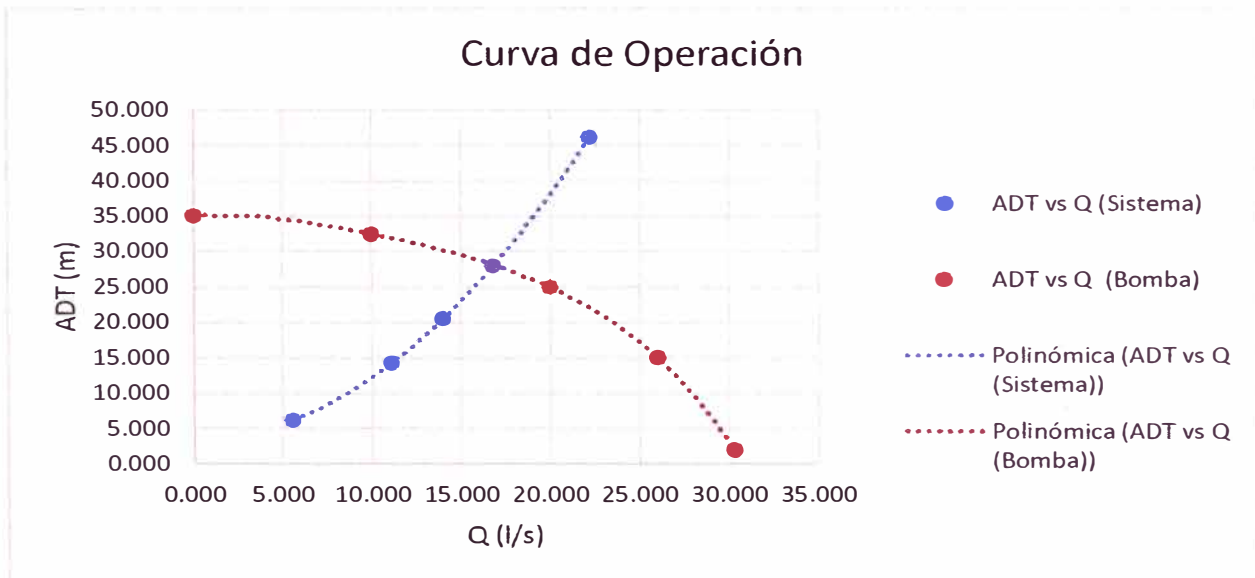


**Figura 4.3.3.2.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)**

De la figura 4.3.3.2 se deduce que la bomba operará a un caudal de 17.5 l/s (63 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por las reglas de la sociedad clasificadora. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 27.592 m, valor muy similar al obtenido en el gráfico anterior.

c) Achique del compartimento de doble fondo #4, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



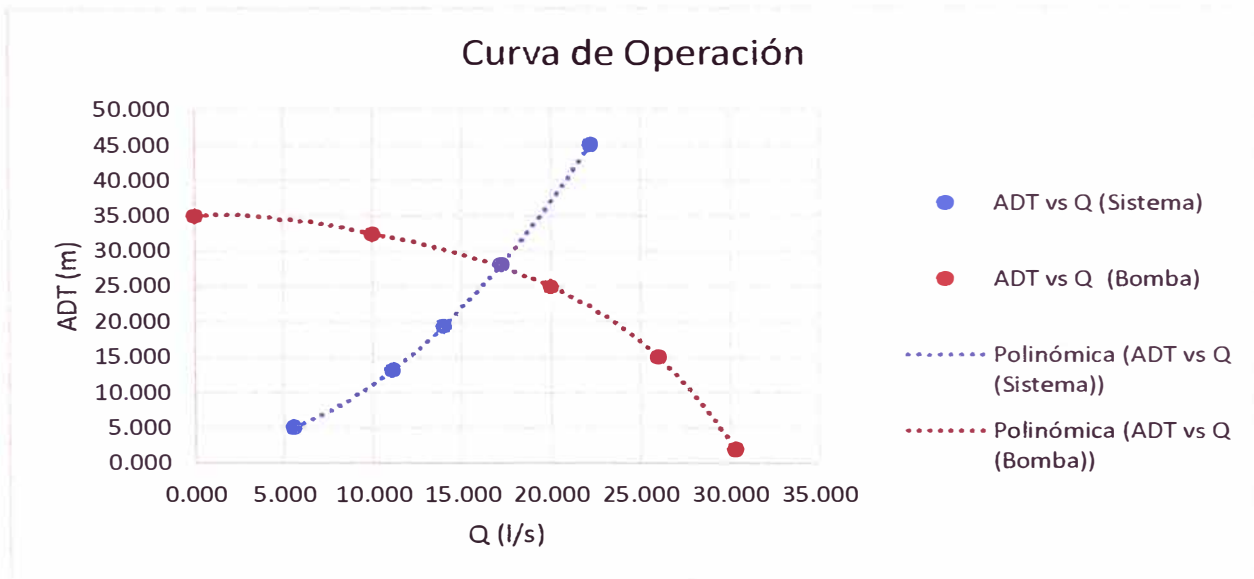
**Figura 4.3.3.3.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)**

De la figura 4.3.3.3 se deduce que la bomba operará a un caudal de 16.8 l/s (60.5 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por las reglas de la sociedad clasificadora. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 27.950 m.



d) Achique del tanque de lastre #3, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

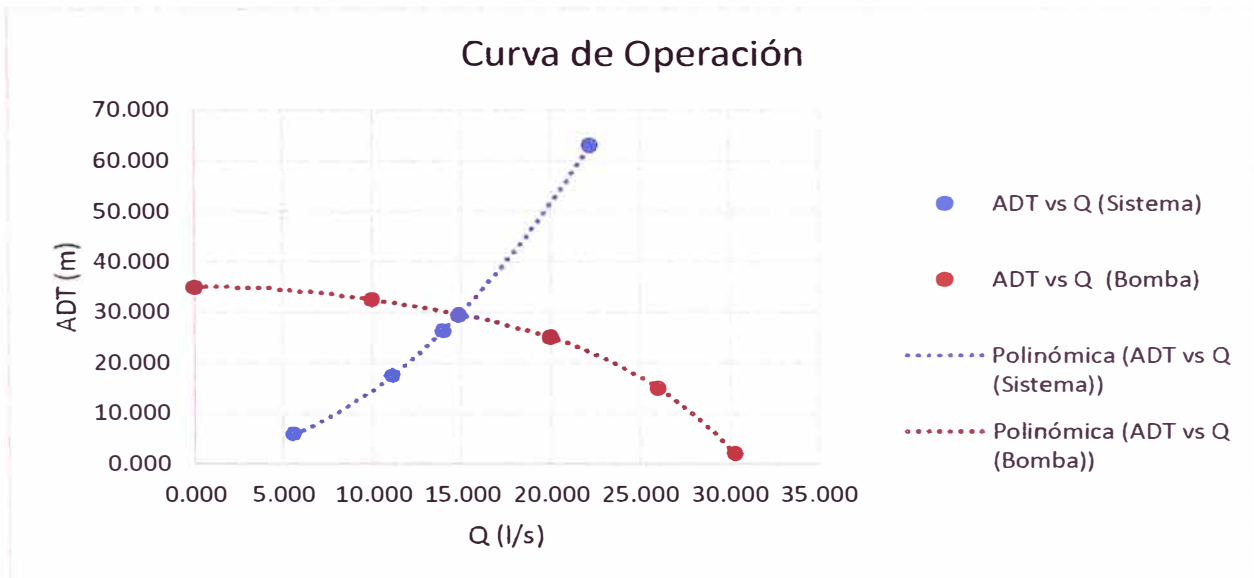


**Figura 4.3.3.4.-** Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)

De la figura 4.3.3.4 se deduce que la bomba operará a un caudal de 17.222 l/s (62 m<sup>3</sup>/h), recordemos que la sociedad clasificadora no tiene requerimientos mínimos para el sistema de lastre. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 28.093 m.

e) Lastrado del tanque de lastre #3, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 4.3.3.5.-** Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)

De la figura 4.3.3.5 se deduce que la bomba operará a un caudal de 14.861 l/s (53.5 m<sup>3</sup>/h), recordemos que la sociedad clasificadora no tiene requerimientos mínimos para el sistema de lastre. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 29.449 m.

- f) Achique de emergencia de la sala de máquinas de proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de popa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

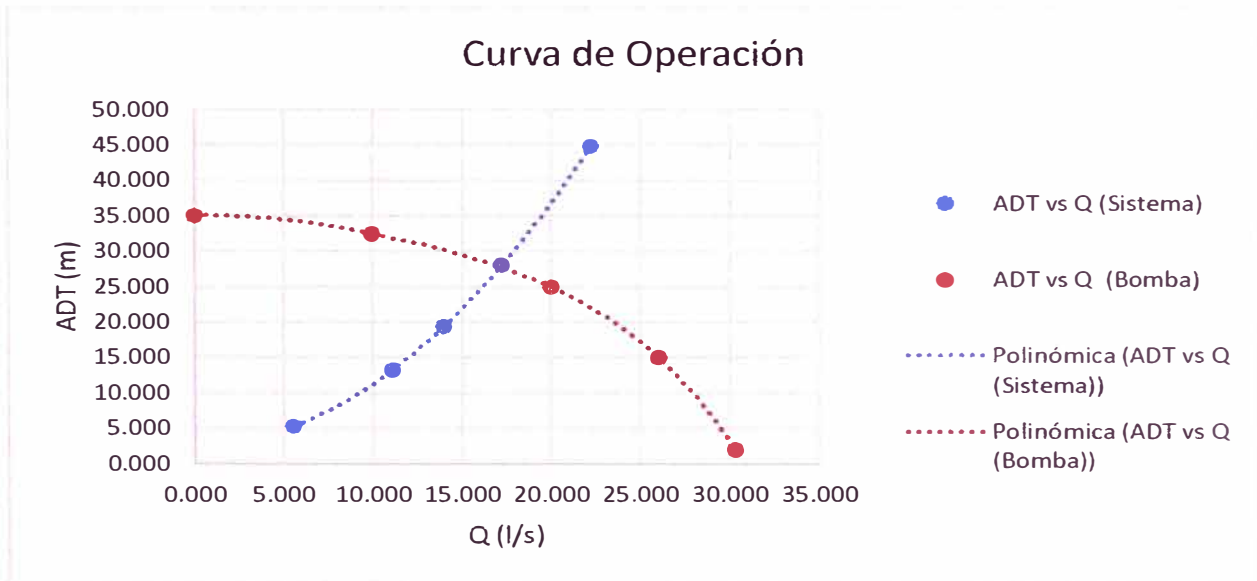


Figura 4.3.3.6.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)

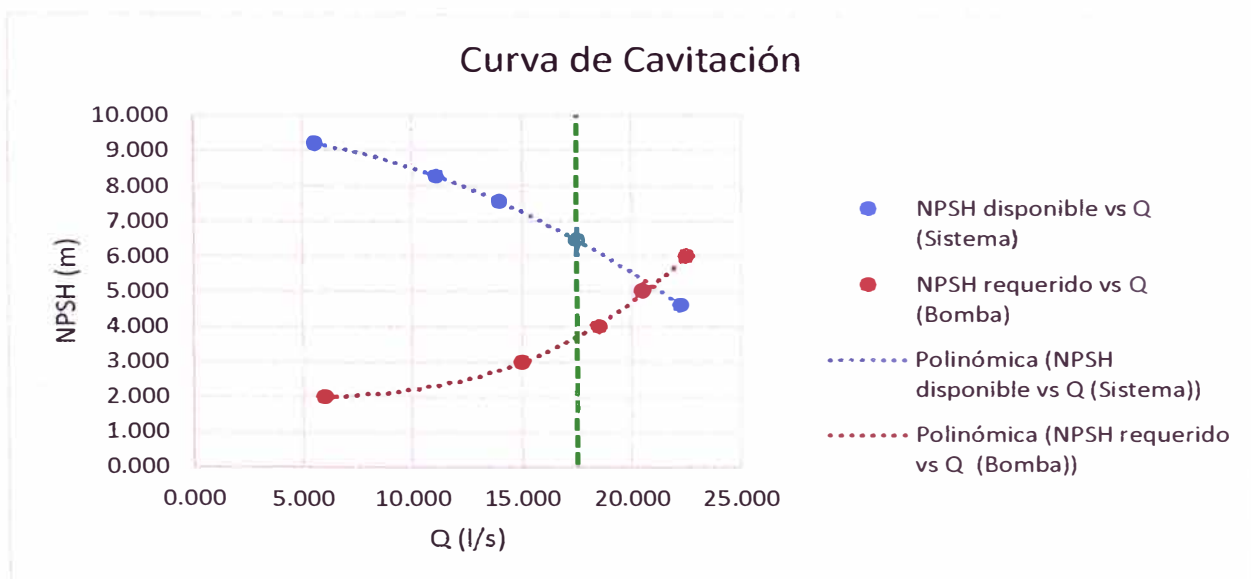
De la figura 4.3.3.6 se deduce que la bomba operará a un caudal de 17.222 l/s (62 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por las reglas de la sociedad clasificadora. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 28.052 m.

#### 4.3.4 Cálculo del NPSH disponible

Los cálculos de esta parte del informe se realizan con las mismas consideraciones tomadas en el numeral anterior.

##### a) Achique de sala de máquinas de proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

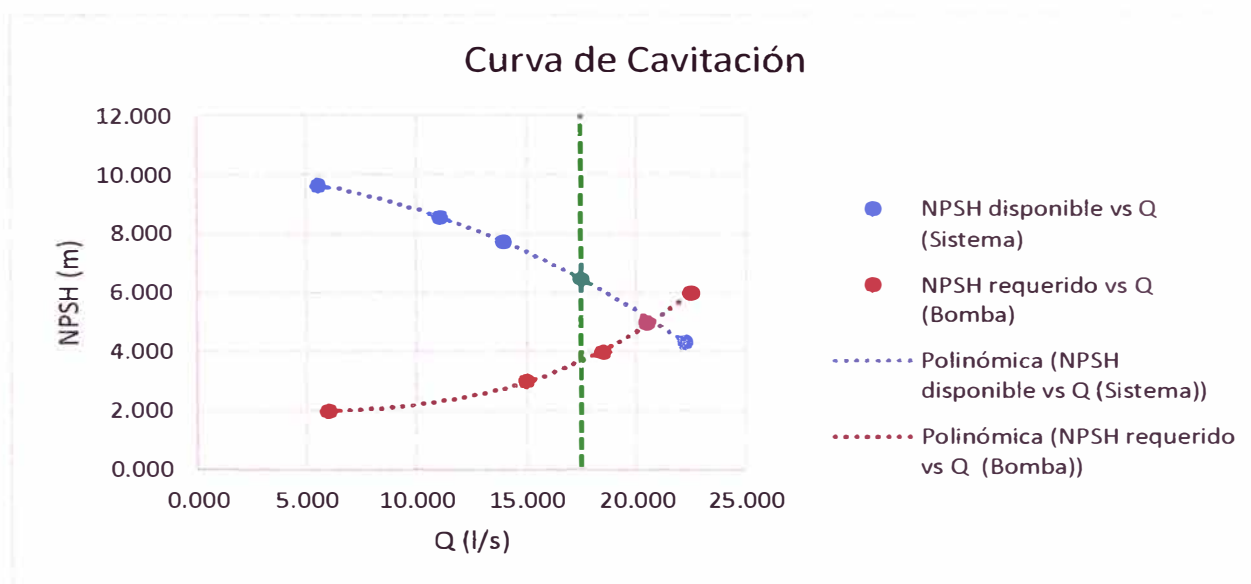


**Figura 4.3.4.1.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 4.3.4.1 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (17.5 l/s).

b) Achique del garaje, lado proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

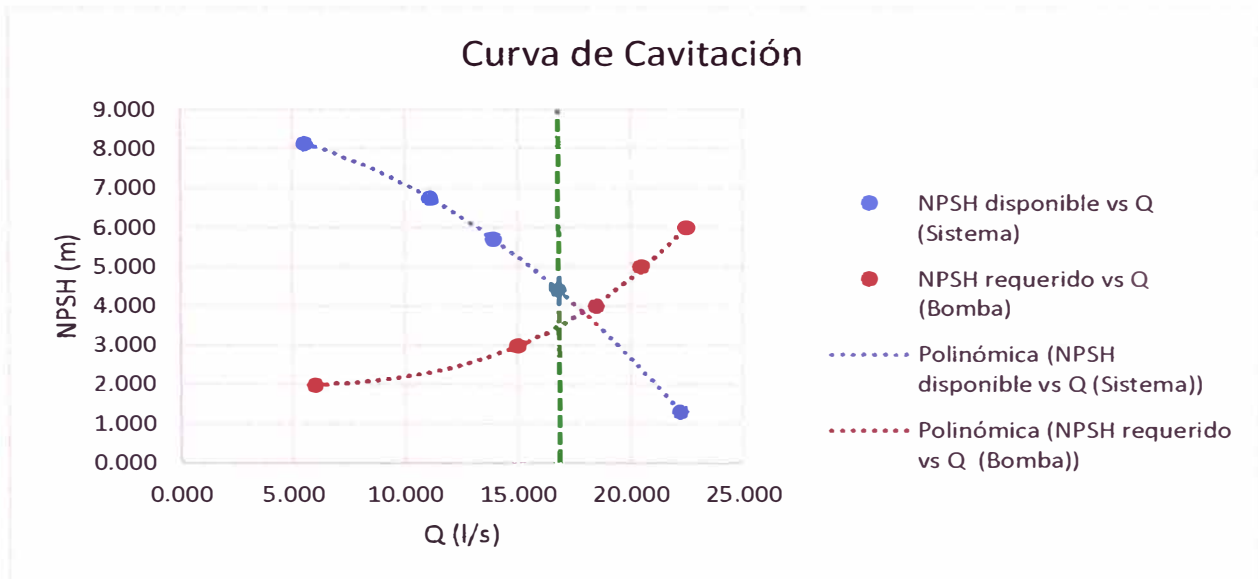


**Figura 4.3.4.2.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 4.3.4.2 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (17.5 l/s).

c) Achique del compartimento de doble fondo #4, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

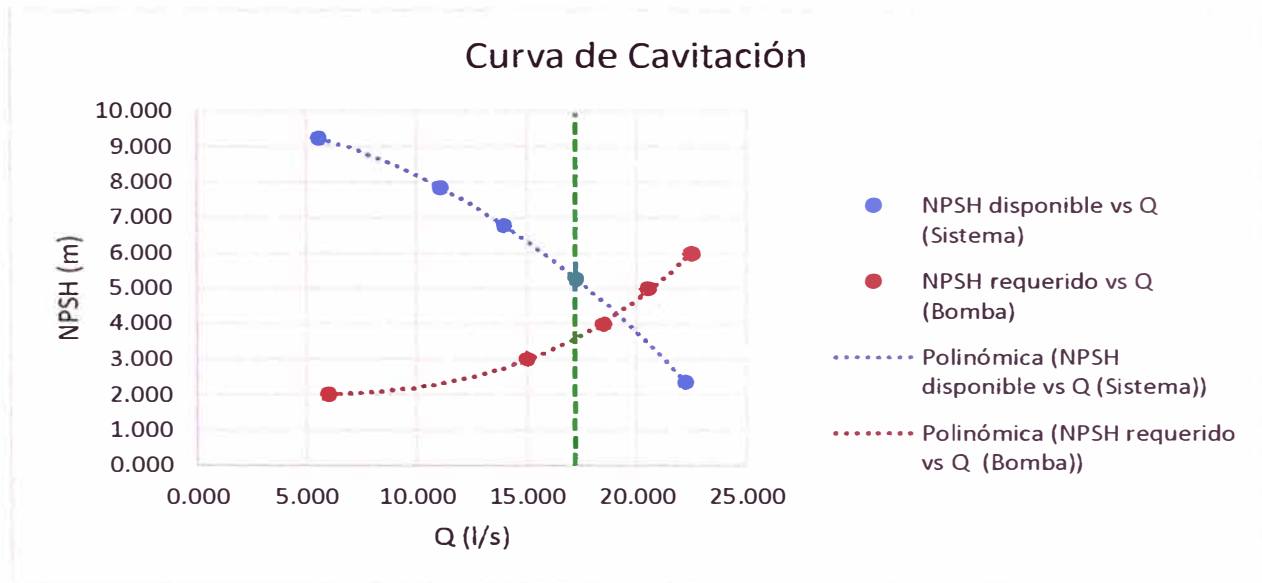


**Figura 4.3.4.3.-** Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)

De la figura 4.3.4.3 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (16.8 l/s).

d) Achique del tanque de lastre #3, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

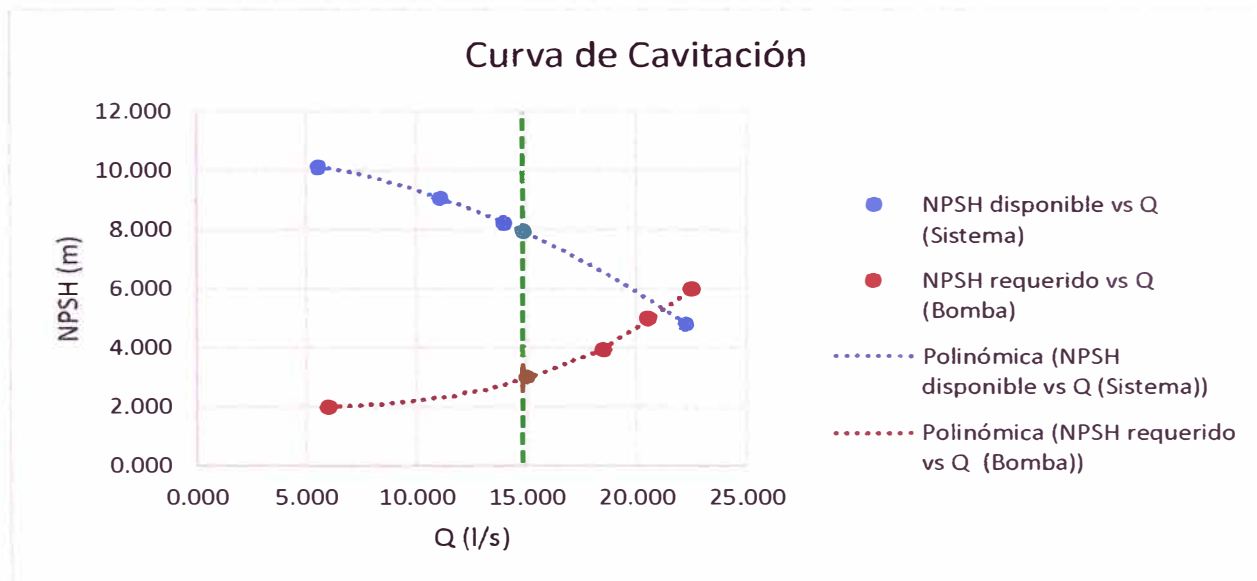


**Figura 4.3.4.4.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 4.3.4.4 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (17.222 l/s).

e) Lastrado del tanque de lastre #3, lado estribor, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de proa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 4.3.4.5.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 4.3.4.5 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (14.861 l/s).



- f) Achique de emergencia de la sala de máquinas de proa, con una bomba de achique ubicada en la sala de máquinas de popa.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

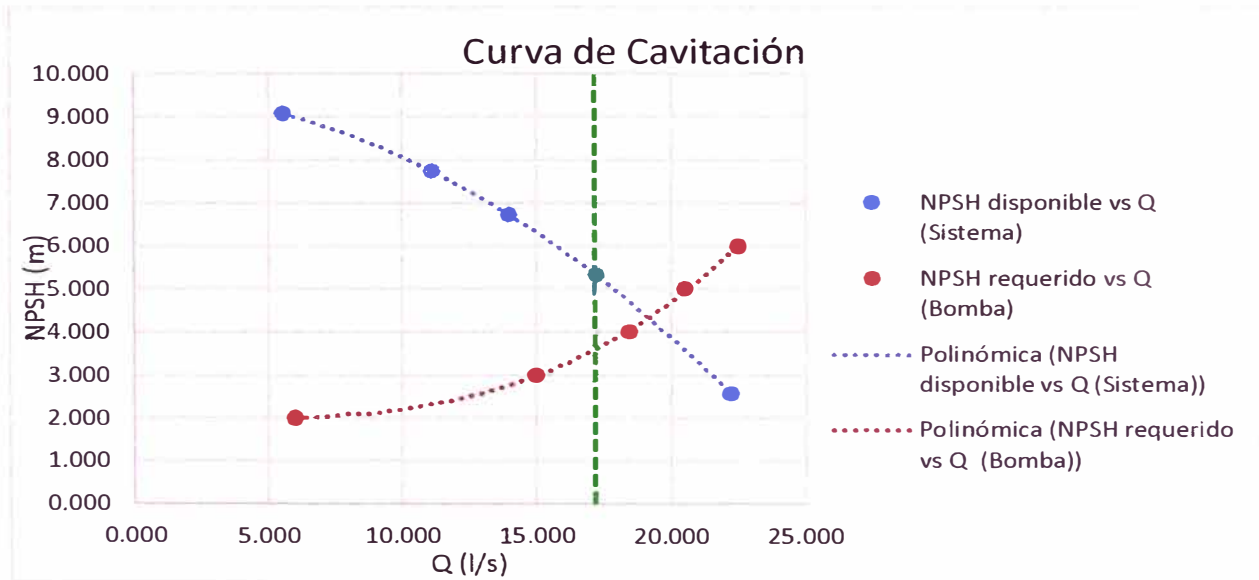


Figura 4.3.4.6.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)

De la figura 4.3.4.6 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (17.222 l/s).

## **CAPÍTULO 5**

### **SISTEMA DE ESTACIONES CONTRA INCENDIOS**

#### **5.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

En el capítulo 3 se indicaron las reglas y regulaciones aplicables a este sistema, en este capítulo diseñaremos el sistema en función a esas reglas y regulaciones. En tal sentido, a continuación se detallan las características del sistema en función a los requerimientos de la sociedad clasificadora y la administración.

##### **5.1.1 Características generales**

Salvo se indique lo contrario en el siguiente numeral, las características generales de este sistema son iguales a las características generales del sistema de achique, ver numeral 4.1.1.

##### **5.1.2 Características particulares**

- i. Válvulas angulares con rosca NTP para conexión a mangueras contraincendios de Bronce "ASTM B 148" con asiento resistente a la corrosión.
- ii. El espesor de las tuberías es mayor al mínimo requerido por la sociedad clasificadora, ver cálculo en el numeral 5.3.2 de este capítulo.
- iii. El diámetro de las tuberías es el adecuado para distribuir el caudal de agua requerido por la administración. Ver numeral 5.3 de este capítulo.
- iv. El sistema tiene dos unidades de bombeo, cada unidad de bombeo está compuesta por dos bombas de achique conectadas en serie.

- v. Una de las 2 unidades de bombeo del sistema contra incendios es instalada en la sala de máquinas de proa y la otra es instalada en la sala de máquinas de popa.
- vi. Las válvulas angulares contra incendios (bocas contra incendios), están instaladas de modo que se puede alcanzar, con dos chorros de agua lanzados desde dos bocas contra incendios distintas, cualquier parte del buque normalmente accesible a los pasajeros o a la tripulación mientras el buque navega, incluyendo los espacios de carga rodada.
- vii. La presión en las dos lanzas contra incendios más alejadas de las bombas es superior 0.30 MPa mientras estas descargan un chorro de agua. Ver numeral 5.3 de este capítulo.
- viii. El sistema tiene dos conexiones con brida internacional a tierra, uno a cada banda.
- ix. El caudal de las bombas es superior al requerido por la administración. Ver numeral 5.3 de este capítulo.
- x. Las mangueras contra incendios son de 15 metros de longitud y de 1 ½" de diámetro, y están dispuesta una para cada boca contra incendios.
- xi. Todas las lanzas son de doble efecto (chorro y niebla).
- xii. Las bombas son centrífugas de tipo "autocebante", con eje de acero inoxidable AISI 416 e impulsor de acero inoxidable A743CF8M.

## **5.2. PLANO (DIAGRAMA DE PRINCIPIO)**

Considerando las características del sistema indicadas líneas atrás, se propone el sistema en su correspondiente "Plano del Sistema de Estaciones Contra incendios" (ver Anexo 4). Este plano propuesto será validado con los cálculos indicados en el numeral 5.3 y 5.4.

### 5.3. CÁLCULOS DEL SISTEMA

#### 5.3.1 Cálculo del caudal de la bomba

Cada bomba debe poder suministrar el caudal necesario para la operación de dos mangueras contra incendios en simultáneo, aplicando chorros de agua con una presión no menor a 0.30 MPa en las lanzas contra incendios. Entonces, para conocer el caudal mínimo de descarga de la bomba debemos conocer las propiedades de descarga de las lanzas contra incendios.

En este proyecto se seleccionó lanzas contra incendios aprobadas para uso marítimo, con diámetro de 20 mm y certificadas para uso en barcos sujetos al convenio SOLAS, sus características son las siguientes:

**Tabla 5.3.1.1.-** Propiedades de descarga de lanza contra incendios HS-20

Presión (bar)	Caudal (l/min)	Alcance (m)
2	220	21
6	380	32
8	510	36

Interpolando los datos de la tabla 5.3.1.1, encontramos que una lanza contra incendios descargara aproximadamente 260 l/min a una presión de 3 bar (0.30 MPa). Entonces, el caudal mínimo de operación de una unidad de bombeo debe ser superior a 31.2 m<sup>3</sup>/h.

#### 5.3.2 Cálculo del espesor de la tubería

De acuerdo a lo requerido por las reglas de la sociedad clasificadora, el espesor de las tuberías debe ser igual o superior al indicado en la tabla de espesores mínimos (ver tabla 4.3.2.1) y al calculado para presión interna (ver ecuación 16).

Para el cálculo por presión interna, la presión interna máxima de diseño es igual a la máxima presión de la unidad de bombeo (2 bombas en serie), por lo tanto, 7.04 bar.

De lo observado en el plano del sistema de estaciones contraincendios, las únicas tuberías expuestas a presión positiva interna tienen diámetros de 2 ½" y 4". Por consiguiente, sus espesores no deben ser inferiores a los siguientes:

- $t = 3.64$  mm (para tubos de 2 ½" de diámetro nominal).
- $t = 3.76$  mm (para tubos de 4" de diámetro nominal).

### **5.3.3 Cálculo de la curva del sistema**

Para la realización de los cálculos necesarios para poder graficar las curvas del sistema se agregaron todas las fórmulas indicadas en el marco teórico en una hoja de cálculo en Excel (2013). Así mismo se agregaron las características de las lanzas contraincendios y se aproximaron con una función polinómica. En este proceso se escogieron 2 condiciones de operación:

- a) Descarga de 1 chorro de agua a través de la lanza contraincendios más alejada de la unidad de bombeo (a su vez, es la lanza contraincendios más alta).
- b) Descarga de 2 chorros de agua a través de las 2 lanzas contraincendios más alejadas de la unidad de bombeo (a su vez, son las lanzas contraincendios más altas).

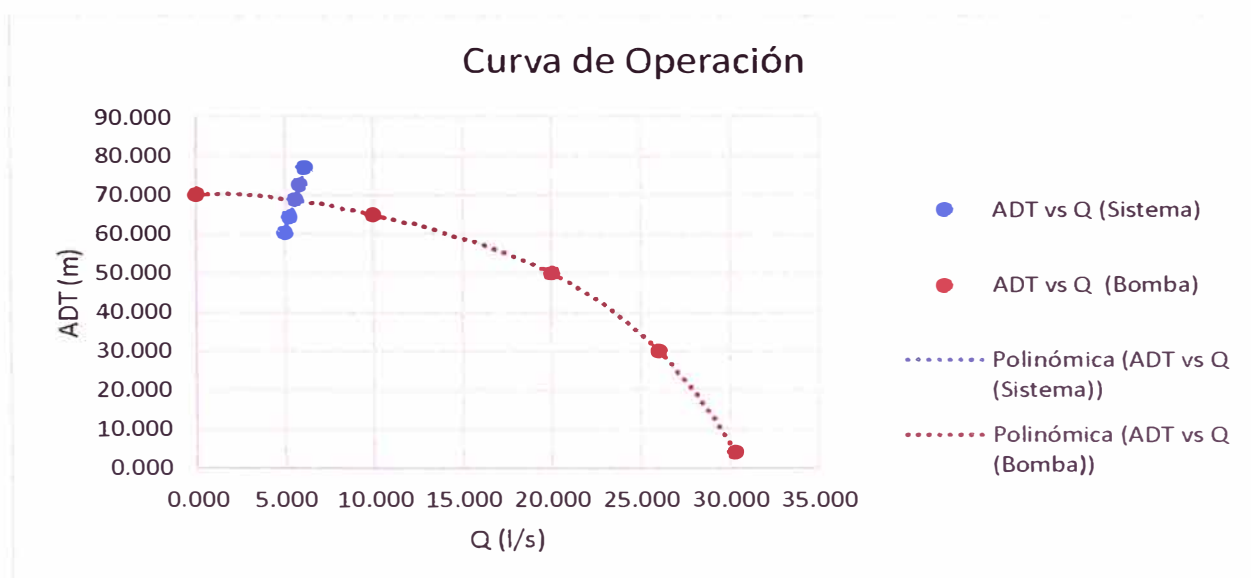
En el desarrollo del cálculo se consideró una temperatura promedio del agua de mar de 28 °C (Locamini, y otros, 2010) (ver anexo 6).

Las propiedades del agua de mar a esta temperatura fueron extraídas del Procedimiento recomendado – ITTC “Propiedades del agua dulce y del agua de mar” (International Towing Tank Conference., 2011) (ver anexo 7).

La longitud de la tubería y sus accesorios fueron estimados con ayuda del plano de disposición general y el recorrido propuesto y coordinado con el armador.

- a) **Descarga de 1 chorro de agua a través de la lanza contra incendios más alejada de la unidad de bombeo (a su vez, es la lanza contra incendios más alta).**

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



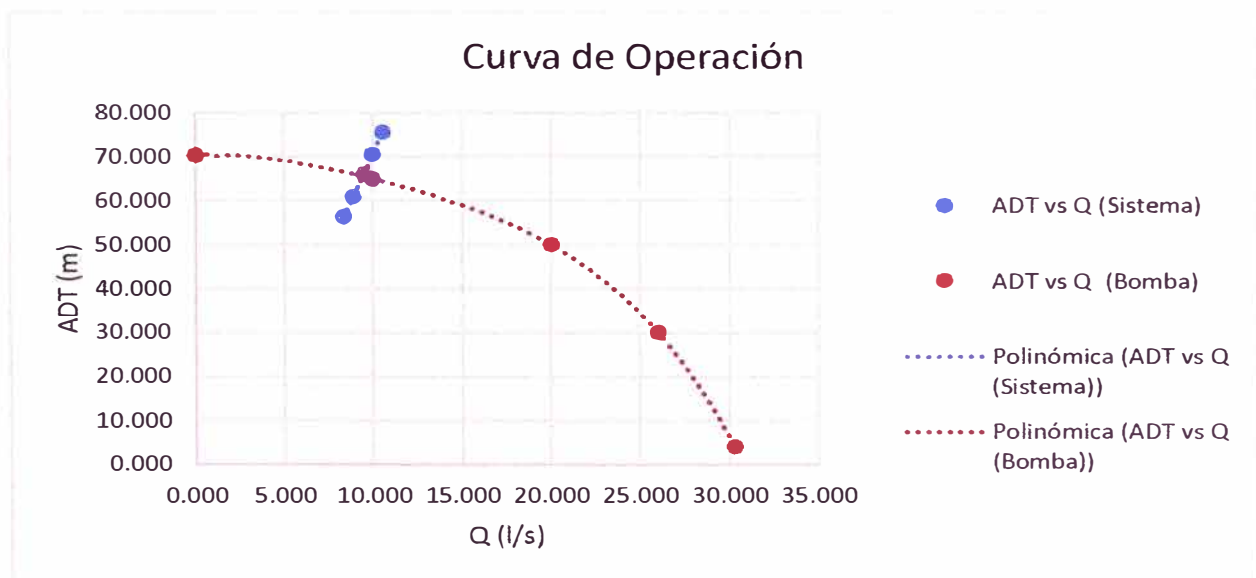
**Figura 5.3.3.1.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)**

De la figura 5.3.3.1 se deduce que la unidad de bombeo operará a un caudal de 5.583 l/s (20.10 m<sup>3</sup>/h), en esta parte del análisis no hay un requerimiento para el caudal debido a que se está descargando el agua a través de un único chorro de agua. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 68.827 m.

Finalmente, podemos determinar por medio de las propiedades de las lanzas contraincendios que la presión de operación de la lanza contraincendios es de 0.446 Mpa (66.88 psi).

**b) Descarga de 2 chorros de agua a través de las 2 lanzas contraincendios más alejadas de la unidad de bombeo (a su vez, son las lanzas contraincendios más altas).**

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 5.3.3.2.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)**

De la figura 5.3.3.2 se deduce que la unidad de bombeo operará a un caudal de 9.486 l/s (34.15 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por la administración. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 65.925 m.

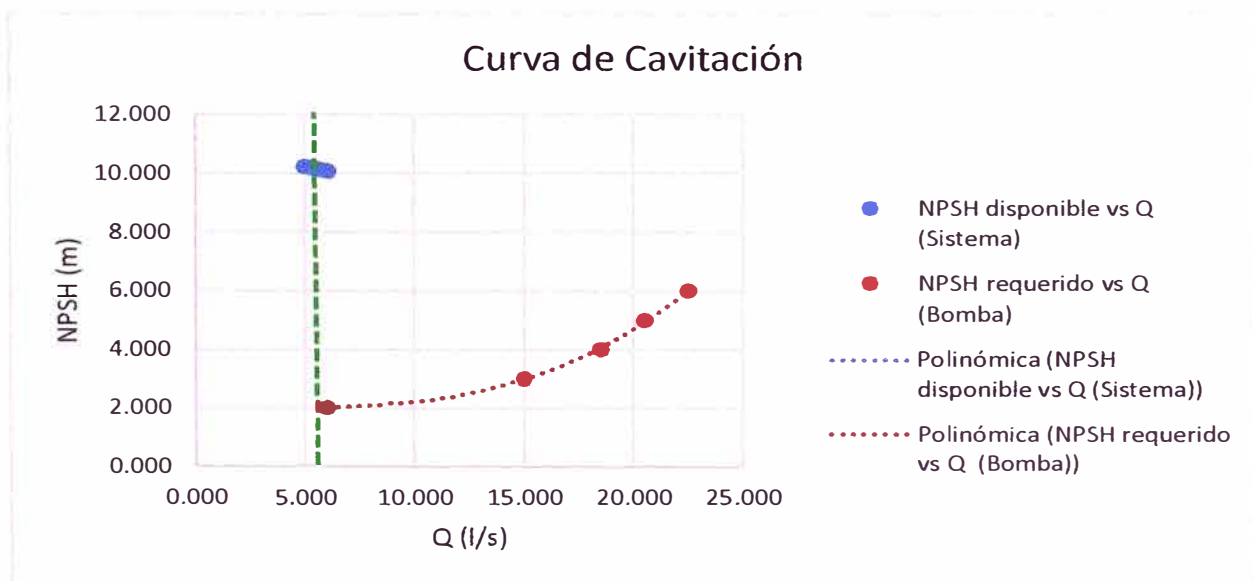
Finalmente, podemos determinar por medio de las propiedades de las lanzas contraincendios que la presión de operación de las lanzas contraincendios es de 0.355 Mpa (53.25 psi), valor superior al requerido por la administración.

### 5.3.4 Cálculo del NPSH disponible

Los cálculos de esta parte del informe se realizan con las mismas consideraciones tomadas en el numeral anterior.

- a) Descarga de 1 chorro de agua a través de la lanza contra incendios más alejada de la unidad de bombeo (a su vez, es la lanza contra incendios más alta).

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



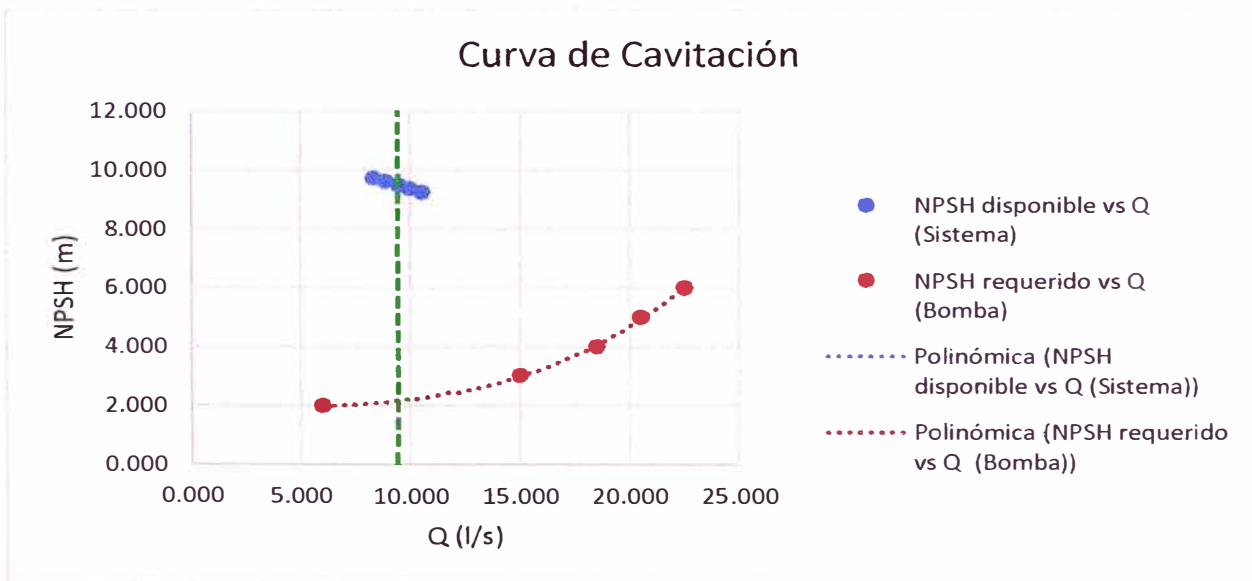
**Figura 5.3.4.1.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 5.3.4.1 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mucho mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (5.583 l/s).



- b) Descarga de 2 chorros de agua a través de las 2 lanzas contra incendios más alejadas de la unidad de bombeo (a su vez, son las lanzas contra incendios más alta).

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 5.3.4.2.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 5.3.4.2 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mucho mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (9.486 l/s).

## **CAPÍTULO 6**

### **SISTEMA AUTOMÁTICO DE ROCIADORES**

#### **6.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

En el capítulo 3 se indicaron las reglas y regulaciones aplicables a este sistema, en este capítulo diseñaremos el sistema en función a esas reglas y regulaciones. En tal sentido, a continuación se detallan las características del sistema en función a los requerimientos de la sociedad clasificadora y la administración.

##### **6.1.1 Características generales**

Salvo se indique lo contrario en el siguiente numeral, las características generales de este sistema son iguales a las características generales del sistema de achique, ver numeral 4.1.1.

##### **6.1.2 Características particulares**

- i. El espesor de las tuberías es mayor al mínimo requerido por la sociedad clasificadora, ver cálculo en el numeral 6.3.2 de este capítulo.
- ii. Todos los puestos de control, compartimentos de alojamiento, y compartimentos de servicio están protegidos por un sistema automático de rociadores contraincendios.
- iii. El garaje de vehículos también está protegido por el sistema automático de rociadores contraincendios.
- iv. El sistema automático de rociadores es de tipo “tuberías llenas”.
- v. Los rociadores de los puestos de control, compartimentos de alojamiento, y compartimentos de servicio tienen una temperatura nominal de 68 °C.

- vi. Los rociadores en el garaje de vehículos tienen una temperatura nominal de 79 °C.
- vii. Todos los rociadores son de "latón", con tornillos de compresión de acero inoxidable.
- viii. El tanque de presión cumple con los requerimientos de la administración. Ver numeral 6.3.5 de este capítulo.
- ix. El diámetro de las tuberías es el adecuado para distribuir el caudal de agua requerido por la administración. Ver numeral 6.3 de este capítulo.
- x. El sistema tiene dos bombas, una bomba de agua dulce para mantener presurizado el tanque en caso de pérdidas de agua a consecuencias de goteos (Bomba Jockey), y otra bomba de agua salada para suministrar el agua requerida para cubrir 280 m<sup>2</sup> a un régimen de aplicación de 5 l/m<sup>2</sup>/min (Bomba Drencher).
- xi. Las 2 bombas de este sistema operan automáticamente, teniendo en cuenta que la bomba de agua salada entrara en operación solamente cuando la bomba de agua dulce no pueda contener la pérdida de presión, y antes de que se agote el agua dulce del tanque.
- xii. En la tubería de descarga de la bomba de agua salada se dispone de una tubería corta con extremo abierto y una válvula de prueba, con capacidad para descargar el caudal requerido por el sistema manteniendo la presión requerida.
- xiii. El sistema está dividido en tres secciones separadas, cada sección cuenta con una válvula de aislamiento.
- xiv. Cada sección dispone de un sensor de flujo conectado al sistema de alarmas contraincendios y una válvula de prueba para verificar el funcionamiento de dicho sensor.
- xv. El sistema de rociadores está conectado al sistema de estaciones contraincendios a través de una válvula de retención y cierre recta.

- xvi. La bomba de agua de mar está dispuesta en el mismo compartimento en el que se encuentra la toma de mar, y a un nivel inferior al nivel de flotación, de modo que siempre exista presión positiva en la succión de la bomba.
- xvii. El sistema es automático y no requiere de la tripulación para entrar en funcionamiento.
- xviii. Los rociadores están dispuestos en la parte superior de los compartimentos y están espaciados de modo que pueden mantener un régimen medio de aplicación de  $5 \text{ l/m}^2/\text{min}$ .
- xix. La bomba de agua salada es de tipo centrífuga, con eje de acero inoxidable AISI 416 e impulsor de acero inoxidable A743CF8M.
- xx. La bomba de agua dulce es centrífuga de tipo múltiples etapas, con todas sus partes hidráulicas en acero AISI 316.

## 6.2. PLANO (DIAGRAMA DE PRINCIPIO)

Considerando las características del sistema indicadas líneas atrás, se propone el sistema en su correspondiente "Plano del Sistema de Rociadores" (Ver Anexo 5). Este plano propuesto será validado con los cálculos indicados en el numeral 6.3 y 6.4.

## 6.3. CÁLCULOS DEL SISTEMA

### 6.3.1 Cálculo del caudal de la bomba y distribución de rociadores

La bomba principal de agua salada debe poder mantener la presión en el rociador más alto mientras suministrar agua salada en un área de  $280 \text{ m}^2$ , a un régimen de descarga medio de  $5 \text{ l/m}^2/\text{min}$ . Por lo tanto, la bomba debe poder suministrar agua al sistema, de manera continua, con un caudal de  $84 \text{ m}^3/\text{h}$ .

La distribución de los rociadores se realiza a fin de conseguir un régimen de descarga igual o superior a 5 l/m<sup>2</sup>/min en todos los ambientes protegidos, en consecuencia debemos conocer las características de descarga de los rociadores seleccionados, en este proyecto se seleccionaron rociadores de marca "TYCO", modelo "TY-FRB", con un coeficiente de descarga de 40.3 (l/min/bar<sup>0.5</sup>).

**Tabla 6.3.1.1.- Presión en rociadores (secciones)**

Sección	Descripción	Altura desde el tanque (m)	Altura de presión (m)	Presión de Rociadores (Bar)
1	Garaje	0.0	40.0	3.92
2	Cubierta de Salón	8.0	32.0	3.14
3	Cubierta de Sol	10.4	29.6	2.90
	Puente	13.2	26.8	2.63

En la tabla 6.3.1.1 se muestra la presión hidrostática en los rociadores, en adelante también serán denominadas como presión mínima de operación. Con estos valores de presión y el coeficiente de descarga podemos determinar la cantidad de rociadores en cada sección.

**Tabla 6.3.1.2.- Número mínimo de rociadores por ambiente protegido.**

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Presión de Rociadores (Bar)	Coeficiente de descarga (K)	Caudal del rociador (l/min)	Número mínimo de rociadores
Garaje	475.2	3.92	40.3	79.82	29.77
Cubierta de Salón	327.6	3.14	40.3	71.39	22.94
Cubierta de Sol	108.0	2.90	40.3	68.66	7.86
Puente	57.6	2.63	40.3	65.33	4.41

**Tabla 6.3.1.3.- Caudal mínimo para proteger 280 m2**

Descripción	Área (m <sup>2</sup> )	Caudal del rociador (l/min)	Número de rociadores	Caudal Total del ambiente (m <sup>3</sup> /h)	Caudal de 280m <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> /h)
Garaje	475.2	79.82	30	143.67	84.66
Cubierta de Salón	327.6	71.39	26	111.37	95.19
Cubierta de Sol	108.0	68.66	13	53.56	
Puente	57.6	65.33	6	23.52	

Si bien en el párrafo inicial de este numeral se determinó que el caudal mínimo de descarga es 84 m<sup>3</sup>/h, debido a la distribución particular de los compartimentos en la cubierta de salón, se hace necesario ajustar el caudal mínimo a un valor no inferior a 95.19 m<sup>3</sup>/h.

### **6.3.2 Cálculo del espesor de la tubería**

De acuerdo a lo requerido por las reglas de la sociedad clasificadora, el espesor de las tuberías debe ser igual o superior al indicado en la tabla de espesores mínimos (ver tabla 4.3.2.1) y al calculado para presión interna (ver ecuación 16).

Para el cálculo por presión interna, la presión interna máxima de diseño es igual a la máxima presión de la bomba, por lo tanto, 6.64 bar.

De lo observado en el plano del sistema de rociadores, las únicas tuberías expuestas a presión positiva interna tienen diámetros de 1", 1 ½", 2 ½", 3", 4", y 6". Por consiguiente, sus espesores no deben ser inferiores a los siguientes:

- t = 1.00 mm (para tubos de 1" de diámetro nominal).
- t = 1.05 mm (para tubos de 1 ½" de diámetro nominal).
- t = 1.11 mm (para tubos de 2 ½" de diámetro nominal).
- t = 1.15 mm (para tubos de 3" de diámetro nominal).

- $t = 1.22$  mm (para tubos de 4" de diámetro nominal).
- $t = 3.88$  mm (para tubos de 6" de diámetro nominal).

Notar que los espesores de los tubos de 1" hasta 4" requieren bajos espesores, esto se debe a que el sistema operará normalmente inundado con agua dulce, sin embargo la tubería de 6" también es usada para conectar la bomba de agua salada y es por ello que requiere mayor espesor.

### **6.3.3 Cálculo de la curva del sistema**

Para la realización de los cálculos necesarios para poder graficar las curvas del sistema se agregaron todas las fórmulas indicadas en el marco teórico en una hoja de cálculo en Excel (2013). Así mismo se agregaron las características de los rociadores y se aproximaron con una función polinómica. En este proceso se escogieron 2 condiciones de operación:

- a) Descarga de agua salada a través de los rociadores en 280 m<sup>2</sup> en el Salón de pasajeros.
- b) Descarga de agua salada a través de los rociadores en 280 m<sup>2</sup> en el Garaje de vehículos.

En el desarrollo del cálculo se consideró una temperatura promedio del agua de mar de 28°C (Locamini, y otros, 2010) (ver Anexo 6).

Las propiedades del agua de mar a esta temperatura fueron extraídas del Procedimiento recomendado – ITTC “Propiedades del agua dulce y del agua de mar” (International Towing Tank Conference., 2011) (ver anexo 7).

La longitud de la tubería y sus accesorios fueron estimados con ayuda del plano de disposición general y el recorrido propuesto y coordinado con el armador.

a) Descarga de agua salada a través de los rociadores en 280 m<sup>2</sup> en el Salón de pasajeros.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

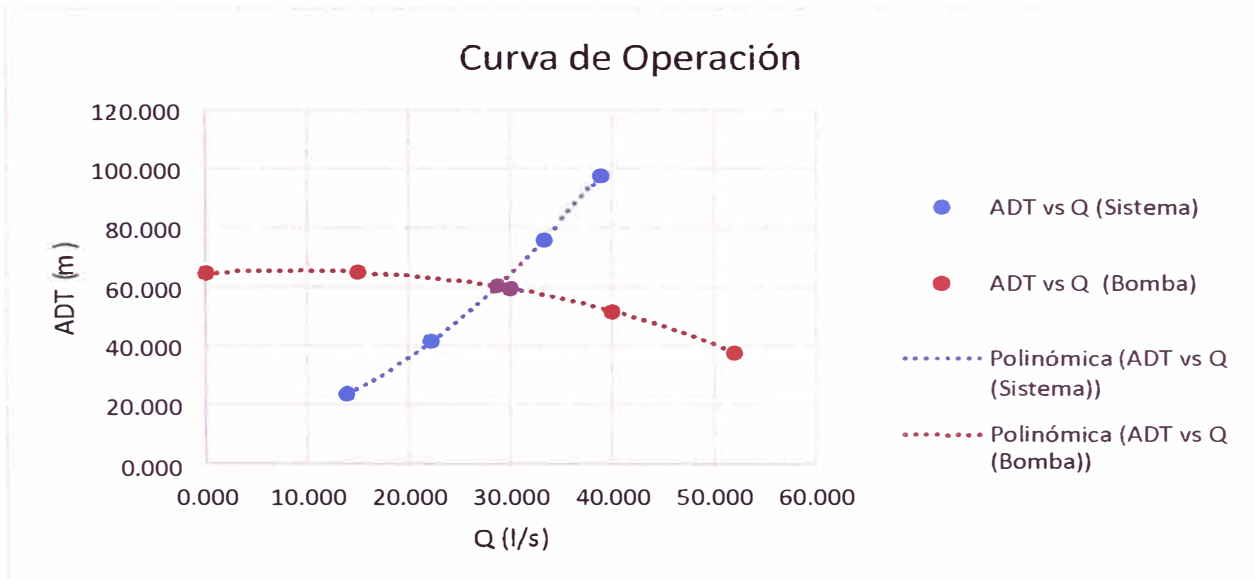


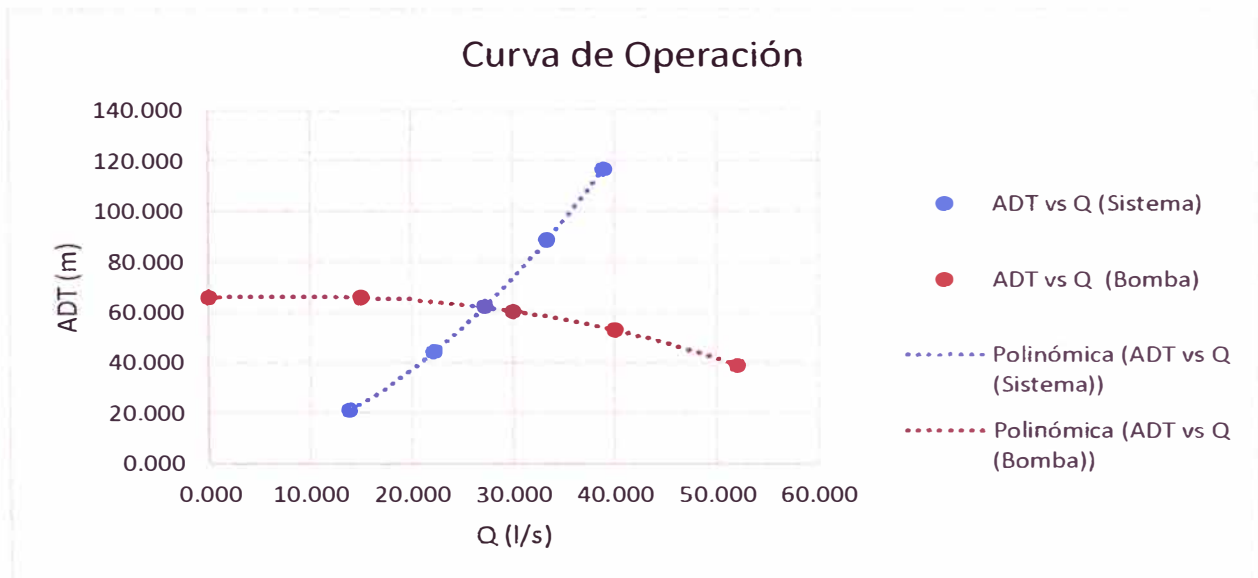
Figura 6.3.3.1.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)

De la figura 6.3.3.1 se deduce que la unidad de bombeo operará a un caudal de 28.75 l/s (103.50 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por la administración, y generando un régimen de descarga promedio de 6.16 l/m<sup>2</sup>/min. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 61.412 m.



**b) Descarga de agua salada a través de los rociadores en 280 m<sup>2</sup> en el Garaje de vehículos.**

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 6.3.3.2.- Gráficas de ADT (m) versus Q (l/s)**

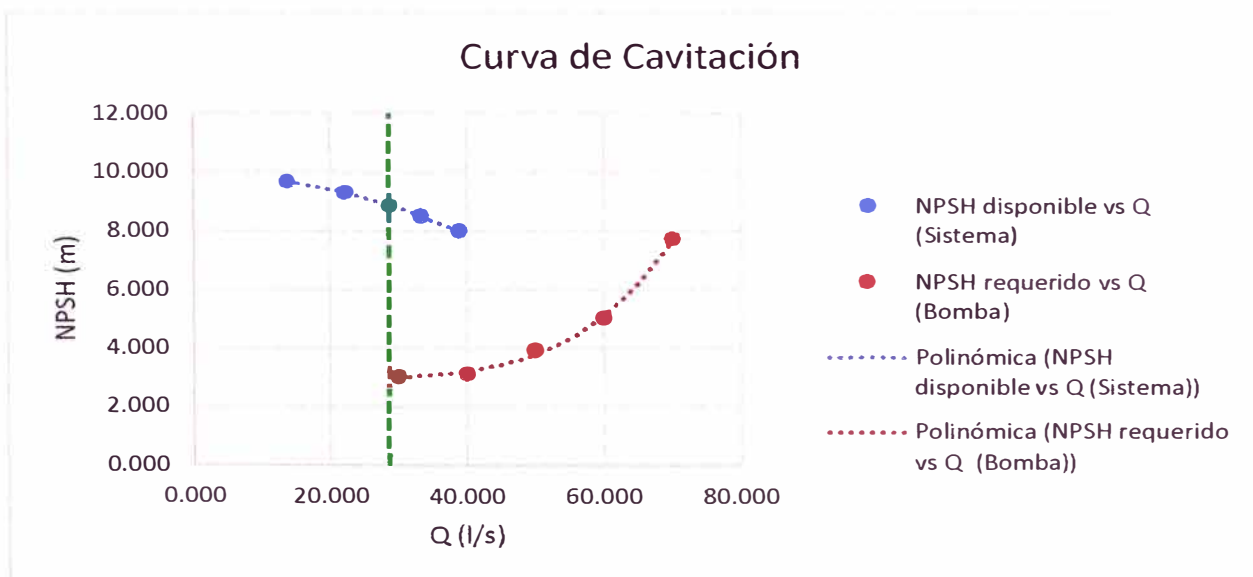
De la figura 6.3.3.2 se deduce que la unidad de bombeo operará a un caudal de 27.22 l/s (98.00 m<sup>3</sup>/h), valor superior al requerido por la administración, y generando un régimen de descarga promedio de 7.33 l/m<sup>2</sup>/min. También se observa que en esa condición, la ADT del sistema es 62.392 m.

### 6.3.4 Cálculo del NPSH disponible

Los cálculos de esta parte del informe se realizan con las mismas consideraciones tomadas en el numeral anterior.

#### a) Descarga de agua salada a través de los rociadores en 280 m<sup>2</sup> en el Salón de pasajeros.

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:

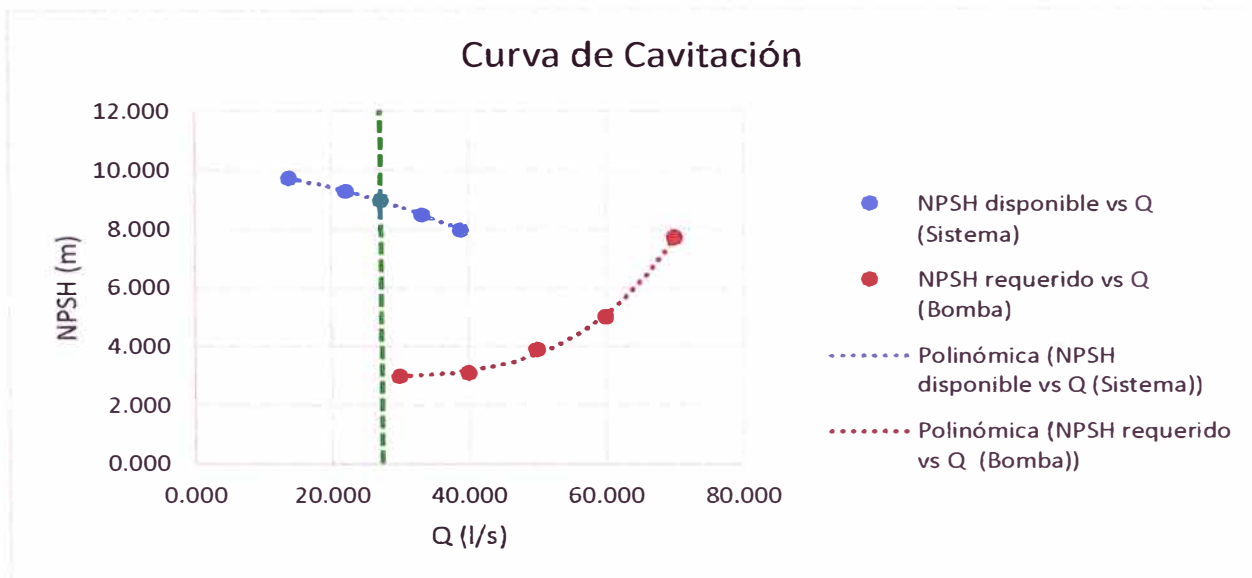


**Figura 6.3.4.1.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 6.3.4.1 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mucho mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (28.75 l/s).

**b) Descarga de agua salada a través de los rociadores en 280 m<sup>2</sup> en el Garaje de vehículos.**

Luego de realizar los cálculos en la hoja de cálculo, se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 6.3.4.2.- Gráficas de NPSH (m) versus Q (l/s)**

De la figura 6.3.4.2 se deduce que la bomba operará sin cavitación debido a que el NPSH disponible es mucho mayor al NPSH requerido en el caudal de operación (27.22 l/s).

### **6.3.5 Características del tanque de Presión**

El tanque de presión debe contener permanentemente una carga de agua dulce equivalente a la que descargaría la bomba en un minuto de acuerdo al caudal requerido en el numeral 6.3.1, del cálculo correspondiente resulta que la carga mínima de agua dulce debe ser de por lo menos 1.5865 m<sup>3</sup>.

El volumen del tanque debe ser de una capacidad no menor a dos veces el volumen indicado en el párrafo anterior, es decir 3.172 m<sup>3</sup>. Adicional a ello, la

instalación debe ser tal que cuando se haya utilizado el volumen de agua dulce almacenada en él, la presión del tanque no debe ser inferior a la presión de trabajo del rociador más elevado, más la presión de la columna de líquido medido desde dicho rociador hasta el fondo del tanque.

El tanque seleccionado tiene  $3.6 \text{ m}^3$  de capacidad y que la carga mínima de agua es de  $1.5865 \text{ m}^3$ , el volumen final de aire considerando la carga de agua es de  $2.0135 \text{ m}^3$ .

Entonces, la presión manométrica en el tanque, cuando está vacío, es de 40 m de columna de agua dulce ( $392266 \text{ Pa}$ ), esto equivale a una presión absoluta de  $493590.552 \text{ Pa}$ . Considerando que a condiciones ideales la presión es inversamente proporcional al volumen de aire, se podría conocer el valor de la presión en el tanque cuando este contiene la carga de agua:

- Presión absoluta del tanque vacío =  $493590.552 \text{ Pa}$
- Presión absoluta del tanque con carga de agua dulce =  $882506.078 \text{ Pa}$
- Presión manométrica del tanque con carga de agua dulce =  $781181.299 \text{ Pa}$
- Altura de presión del tanque con carga de agua dulce =  $79.66 \text{ m}$

Entonces, el tanque seleccionado debe soportar la presión de  $781181.3 \text{ Pa}$ , tendrá una válvula de alivio de presión calibrada a 125 psi (presión de diseño del tanque), un manómetro de 150 psi, una conexión al sistema de aire comprimido para reponer la presión de aire cuando sea necesario, una tapa de registro, un indicador de nivel de vidrio, un drenaje, y una conexión al sistema mediante una brida de 6".

Además, se implementara un sistema de bombeo de agua dulce, el mismo que repondrá el agua perdida en caso de pérdidas, dicho sistema utilizara una bomba jockey centrifuga de tipo múltiples etapas.

## **CAPÍTULO 7**

### **ESTRUCTURA DE COSTOS**

#### **7.1. LISTA DE MATERIALES**

##### **7.1.1 Generalidades**

En esta parte del informe presentaremos la lista de materiales dividido en dos grandes grupos:

- A. Materiales contables.
- B. Materiales estimables/calculables.

En el grupo de materiales contables están los materiales que pueden ser contados directamente del plano correspondientes (Diagrama de principio del sistema), como por ejemplo, bombas, válvulas, tomas de mar, filtros, etc.

En el grupo de los materiales estimables/calculables están los materiales que no se pueden contar en un plano de tipo "Diagrama de principio", los mismos que son estimados de acuerdo a un recorrido propuesto y/o calculados con ratios de producción. Como por ejemplo, los tubos, codos, bridas, pernos, etc.

##### **7.1.2 Sistema de achique y lastre**

Con ayuda del plano del "Sistema de Achique y Lastre" (ver anexo 3), y del plano de "Disposición General" (ver anexo 1), se procedió a elaborar la lista de materiales, obteniendo la siguiente lista:

Tabla 7.1.2.1.- Materiales contables sistema de achique.

<b>A: Materiales contables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
1	4	Electrobomba de achique	-	-	Centrifuga
2	4	Válvula compuerta	5	ASTM A 395	ASME #150
3	4	Válvula de retención y cierre (angular)	4	ASTM A216/A216 M GR B	ASME #150
4	24	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	4	ASTM A 395	ASME #150
5	52	Válvula compuerta	4	ASTM A 395	ASME #150
6	2	Válvula compuerta (vástago largo)	4	ASTM A216/A216 M GR B	ASME #150
7	16	Válvula de retención con canastilla (tipo disco oscilante)	4	ASTM A 395	ASME #150
8	26	Válvula compuerta	2.5	ASTM A 395	ASME #150
9	4	Válvula compuerta	2.5	ASTM A216/A216 M GR B	ASME #150
10	4	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	2.5	ASTM A216/A216 M GR B	ASME #150
11	4	Toma de mar	-	ASTM A131 GR A	ASME #150
12	4	Descarga fuera de borda	2.5	ASTM A53 GR B y ASTM A131 GR A	ASME #150
13	4	Filtro de lodos (Mud box)	4	ASTM A53 GR B y ASTM A36	Galvanizado
14	12	Filtro de succión (Strum box)	4	ASTM A53 GR B y ASTM A36	Galvanizado
15	4	Pozo de succión de sala de máquinas (Bilge well)	4	ASTM A53 GR B y ASTM A36	Galvanizado
16	4	Pozo de succión de garaje (Bilge well)	4	ASTM A53 GR B y ASTM A36	Galvanizado
17	4	Manómetro	-	Acero Inoxidable	Glicerina
18	8	Unión Flexible	4	Acero Inoxidable	ASME #150
19	2	Manifold - Achique Sentina	6	ASTM A53 GR B	Galvanizado

Tabla 7.1.2.1.- Materiales contables - sistema de achique (continuación).

<b>A: Materiales contables</b>					
Ítem	Cantidad	Descripción	Diámetro	Material	Tipo/Estándar
20	4	Manifold - Achique Lastre	8	ASTM A53 GR B	Galvanizado
21	4	Manifold - Llenado Lastre	6	ASTM A53 GR B	Galvanizado

Tabla 7.1.2.2.- Materiales estimables - sistema de achique.

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
Ítem	Cantidad	Descripción	Diámetro	Material	Tipo/Estándar
1	138	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	5	ASTM A53 GR B	SCH 40
2	16	Codos	5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
3	0	Tees	5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
4	124	Bridas	5	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
5	92	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	5	-	U-bolt
6	528	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
7	462	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	4	ASTM A53 GR B	SCH 40
8	174	Codos	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
9	14	Tees	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
10	526	Bridas	4	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
11	336	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	4	-	U-bolt

Tabla 7.1.2.2.- Materiales estimables - sistema de achique (continuación).

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
12	3064	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
13	2	Reducción Campana (4-2.5)	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
14	210	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	2.5	ASTM A53 GR B	SCH 40
15	34	Codos	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
16	16	Tees	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
17	154	Bridas	2.5	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
18	108	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	2.5	-	U-bolt
19	452	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
20	137.4	Empaquetadura de 1/8" (m2)	-	Fibra sintética	-
21	1	Otros (Consumibles varios y servicios)	-	-	-

### **7.1.3 Sistema de estaciones contraincendios**

Con ayuda del plano del "Sistema de Estaciones Contraincendios" (ver anexo 4), y del plano de "Disposición General" (ver anexo 1), se procedió a elaborar la lista de materiales, obteniendo la siguiente lista:



Tabla 7.1.3.1.- Materiales contables - sistema de estaciones CI.

<b>A: Materiales contables</b>					
Ítem	Cantidad	Descripción	Diámetro	Material	Tipo/Estándar
1	2	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	4	ASTM A 395	ASME #150
2	3	Válvula compuerta	4	ASTM A 395	ASME #150
3	2	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	2.5	ASTM A 395	ASME #150
4	20	Válvula angular CI	1.5	Bronce	NPT
5	20	Estaciones contraincendios	-	AISI 304	
6	20	Mangueras contraincendios	1.5	-	NPT
7	20	Lanzas contraincendios	1.5	-	NPT

Tabla 7.1.3.2.- Materiales estimables - sistema de estaciones CI.

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
Ítem	Cantidad	Descripción	Diámetro	Material	Tipo/Estándar
1	354	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	4	ASTM A53 GR B	SCH 40
2	22	Codos	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
3	28	Tees	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
4	188	Bridas	4	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
5	132	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	4	-	U-bolt
6	792	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
7	20	Reducción Campana (2.5-1.5)	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
8	60	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	2.5	ASTM A53 GR B	SCH 40

**Tabla 7.1.3.2.- Materiales estimables - sistema de estaciones CI (continuación).**

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
9	44	Codos	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
10	0	Tees	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
11	64	Bridas	2.5	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
12	52	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	2.5	-	U-bolt
13	136	Pemos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
14	39.2	Empaquetadura de 1/8" (m2)	-	Fibra sintética	-
15	1	Otros (Consumibles varios y servicios+E33)	-	-	-

#### **7.1.4 Sistema automático de rociadores contraincendios**

Con ayuda del plano del "Sistema de Rociadores" (ver anexo 5), y del plano de "Disposición General" (ver anexo 1), se procedió a elaborar la lista de materiales, obteniendo la siguiente lista:

**Tabla 7.1.4.1.- Materiales contables - sistema de rociadores.**

<b>A: Materiales contables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
1	1	Electrobomba "Drencher"	-	-	Centrifuga
2	1	Electrobomba "Jockey"	-	-	Centrifuga
3	1	Válvula de retención y cierre (angular)	6	ASTM A216/A216 M GR B	ASME #150

Tabla 7.1.4.1.- Materiales contables - sistema de rociadores (continuación).

<b>A: Materiales contables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
4	1	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	6	ASTM A 395	ASME #150
5	1	Válvula de retención y cierre	6	ASTM A 395	ASME #150
6	1	Válvula compuerta	1.25	ASTM A 395	-
7	1	Válvula de retención y cierre	1.25	ASTM A 395	-
8	3	Válvula de retención y cierre	4	ASTM A 395	ASME #150
9	1	Válvula globo	2	ASTM A 395	ASME #150
10	1	Válvula globo	1	ASTM A 395	ASME #150
11	3	Válvula de bola	0.5	ASTM A 395	ASME #150
12	3	Interruptor de flujo	4	-	-
13	2	Presostato (max. - min.)	-	-	-
14	1	Toma de mar	-	ASTM A131 GR A	ASME #150
15	1	Filtro de lodos (Mud box)	6	ASTM A53 GR B y ASTM A36	Galvanizado
16	1	Tanque de compensación presurizado (3.6m3)	-	ASTM A36	ASME
17	36	Rociador estándar "Uprighth TY-FRB" (K=2.8(40.3))	0.5	Latón	-
18	51	Rociador "Pendent and Recessed TY-FRB" (K=2.8(40.3))	0.5	Latón	-
19	4	Manómetro	-	Acero Inoxidable	Glicerina
20	2	Unión Flexible	6	Acero Inoxidable	ASME #150
21	2	Unión Flexible	1.25	Acero Inoxidable	ASME #150
22	1	Visor de nivel de vidrio, con protector y válvulas	0.5	Vidrio-Bronce	-

Tabla 7.1.4.2.- Materiales estimables - sistema de estaciones CI.

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
1	18	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	6	ASTM A53 GR B	SCH 40
2	8	Codos	6	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
3	3	Tees	6	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
4	16	Bridas	6	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
5	10	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	6	-	U-bolt
6	112	Pemos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
7	12	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	1.25	ASTM A53 GR B	SCH 40
8	6	Codos	1.25	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
9	0	Tees	1.25	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
10	8	Bridas	1.25	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
11	8	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	1.25	-	U-bolt
12	32	Pemos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
13	90	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	4	ASTM A53 GR B	SCH 40
14	15	Codos	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
15	4	Tees	4	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40

Tabla 7.1.4.2.- Materiales estimables - sistema de estaciones CI (continuación).

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
Ítem	Cantidad	Descripción	Diámetro	Material	Tipo/Estándar
16	54	Bridas	4	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
17	40	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	4	-	U-bolt
18	264	Pemos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
19	150	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	3	ASTM A53 GR B	SCH 40
20	6	Codos	3	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
21	0	Tees	3	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
22	61	Bridas	3	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
23	56	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	3	-	U-bolt
24	122	Pemos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
25	5	Reducción Campana (3-2.5)	3	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
26	18	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	2.5	ASTM A53 GR B	SCH 40
27	0	Codos	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
28	2	Tees	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
29	8	Bridas	2.5	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
30	10	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	2.5	-	U-bolt



Tabla 7.1.4.2.- Materiales estimables - sistema de estaciones CI (continuación).

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
31	16	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
32	7	Reducción Campana (2.5-1.5)	2.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
33	78	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	1.5	ASTM A53 GR B	SCH 40
34	14	Codos	1.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
35	15	Tees	1.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
36	40	Bridas	1.5	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
37	38	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	1.5	-	U-bolt
38	80	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
39	14	Reducción Campana (1.5-1)	1.5	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
40	168	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	1	ASTM A53 GR B	SCH 40
41	81	Codos	1	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
42	0	Tees	1	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
43	156	Bridas	1	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
44	156	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	1	-	U-bolt
45	316	Pernos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2

**Tabla 7.1.4.2.-** Materiales estimables - sistema de estaciones CI (continuación).

<b>B: Materiales estimables/calculables</b>					
<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Material</b>	<b>Tipo/Estándar</b>
46	6	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	2	ASTM A53 GR B	SCH 40
47	0	Codos	2	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
48	0	Tees	2	ASTM A234/A 234 M GR WPB	SCH 40
49	2	Bridas	2	ASTM A105/A 105 M	ASME #150
50	2	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	2	-	U-bolt
51	8	Pemos y tuercas	-	ASTM A 307 GR B/ASTM A 563 GR A	ANSI B18.2.2
52	9.8	Empaquetadura de 1/8" (m2)	-	Fibra sintética	-
53	1	Otros (Consumibles varios y servicios)	-	-	-

## 7.2. ESTIMACIÓN DE MANO DE OBRA

### 7.2.1 Generalidades

Antes de estimar la mano de obra es conveniente aclarar que esta estimación se refiere a ratios de producción de "Construcciones A. Maggiolo S. A.", los mismos que pueden variar en diferentes empresas.

En este caso, la estimación de la mano obedece a una fórmula que depende del diámetro de la tubería o accesorio a instalar, entonces, cada metro de tubería y cada

accesorio (válvula, codo, tee, filtro, unión flexible, brida, etc.) demanda la siguiente cantidad de horas-hombre (HH):

$$MO = (-0.00013 \times D^6 + 0.00501 \times D^5 - 0.0744 \times D^4 + 0.534 \times D^3 - 1.88 \times D^2 + 3.85 \times D - 0.794) \times 1.04 \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

- MO es la mano de obra unitaria en HH
- D es el diámetro de la tubería o accesorio (pulgadas)

En el cálculo de mano de obra, utilizando la fórmula anterior, no se consideran los accesorios menores como son, pernos, soportes, abrazaderas, etc.

### **7.2.2 Sistema de achique y lastre**

Luego de aplicar la fórmula 13 en todas las tuberías y accesorios, y sumar la mano de obra estimada para la confección e instalación de las tomas de mar, bases de bombas, manifolds, el arenado de tuberías, entre otros. Se obtienen que la confección e instalación de este sistema demandara 10512 HH.

### **7.2.3 Sistema de estaciones contra incendios**

Luego de aplicar la fórmula 13 en todas las tuberías y accesorios, y sumar la mano de obra estimada para la confección e instalación de las bases de las estaciones contra incendios, el arenado de tuberías, entre otros. Se obtienen que la confección e instalación de este sistema demandara 3610 HH.



#### 7.2.4 Sistema automático de rociadores contra incendios

Luego de aplicar la fórmula 13 en todas las tuberías y accesorios, y sumar la mano de obra estimada para la confección e instalación de la toma de mar, bases de bombas, el arenado de tuberías, entre otros. Se obtienen que la confección e instalación de este sistema demandara 3591 HH.

### 7.3. ESTRUCTURA DE COSTOS

#### 7.3.1 Costos de materiales

Utilizando las listas de materiales mostradas en las tablas 7.1.2.1, 7.1.2.2, 7.1.3.1, 7.1.3.2, 7.1.4.1 y 7.1.4.2 y los precios de algunos proveedores, a continuación se muestra la tabla de costos de materiales:

**Tabla 7.3.1.1.- Costos de materiales y servicios.**

Ítem	Cant.	Descripción	Diám.	Costo/ unitario	Subtotal
1	4	Electrobomba de achique	-	S/. 10,855.20	S/. 43,420.80
2	1	Electrobomba "Drencher"	-	S/. 16,073.60	S/. 16,073.60
3	1	Electrobomba "Jockey"	-	S/. 1,444.00	S/. 1,444.00
4	1	Válvula de retención y cierre (angular)	6	S/. 1,586.52	S/. 1,586.52
5	1	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	6	S/. 976.32	S/. 976.32
6	1	Válvula de retención y cierre	6	S/. 1,171.58	S/. 1,171.58
7	4	Válvula compuerta	5	S/. 820.80	S/. 3,283.20
8	4	Válvula de retención y cierre (angular)	4	S/. 1,056.51	S/. 4,226.04
9	26	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	4	S/. 650.16	S/. 16,904.16
10	55	Válvula compuerta	4	S/. 650.16	S/. 35,758.80
11	2	Válvula compuerta (vástago largo)	4	S/. 2,031.75	S/. 4,063.50

Tabla 7.3.1.1.- Costos de materiales y servicios (continuación).

Ítem	Cant.	Descripción	Diám.	Costo/ unitario	Subtotal
12	16	Válvula de retención con canastilla (tipo disco oscilante)	4	S/. 650.16	S/. 10,402.56
13	3	Válvula de retención y cierre	4	S/. 845.21	S/. 2,535.62
14	3	Interruptor de flujo	4	S/. 337.00	S/. 1,011.00
15	26	Válvula compuerta	2.5	S/. 481.68	S/. 12,523.68
16	4	Válvula compuerta	2.5	S/. 602.10	S/. 2,408.40
17	4	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	2.5	S/. 602.10	S/. 2,408.40
18	2	Válvula de retención (tipo disco oscilante)	2.5	S/. 481.68	S/. 963.36
19	1	Válvula globo	2	S/. 518.40	S/. 518.40
20	20	Válvula angular CI	1.5	S/. 186.00	S/. 3,720.00
21	1	Válvula compuerta	1.25	S/. 270.00	S/. 270.00
22	1	Válvula de retención y cierre	1.25	S/. 351.00	S/. 351.00
23	1	Válvula globo	1	S/. 181.44	S/. 181.44
24	3	Válvula de bola	0.5	S/. 54.00	S/. 162.00
25	36	Rociador estándar "Uprighth TY-FRB" (K=2.8(40.3))	0.5	S/. 81.00	S/. 2,916.00
26	51	Rociador "Pendent and Recessed TY-FRB" (K=2.8(40.3))	0.5	S/. 81.00	S/. 4,131.00
27	20	Mangueras contraincendios	1.5	S/. 405.00	S/. 8,100.00
28	20	Lanzas contraincendios	1.5	S/. 202.50	S/. 4,050.00
29	4	Toma de mar	-	S/. 400.00	S/. 1,600.00
30	1	Toma de mar	-	S/. 270.00	S/. 270.00
31	1	Tanque de compensación presurizado (3.6m <sup>3</sup> )	-	S/. 10,125.00	S/. 10,125.00
32	4	Descarga fuera de borda	2.5	S/. 25.00	S/. 100.00
33	4	Filtro de lodos (Mud box)	4	S/. 100.00	S/. 400.00
34	1	Filtro de lodos (Mud box)	6	S/. 150.00	S/. 150.00
35	12	Filtro de succión (Strum box)	4	S/. 75.00	S/. 900.00
36	4	Pozo de succión de sala de máquinas (Bilge well)	4	S/. 250.00	S/. 1,000.00
37	4	Pozo de succión de garaje (Bilge well)	4	S/. 250.00	S/. 1,000.00

**Tabla 7.3.1.1.- Costos de materiales y servicios (continuación).**

Ítem	Cant.	Descripción	Diám.	Costo/ unitario	Subtotal
38	2	Unión Flexible	6	S/. 1,620.00	S/. 3,240.00
39	8	Unión Flexible	4	S/. 1,080.00	S/. 8,640.00
40	2	Unión Flexible	1.25	S/. 270.00	S/. 540.00
41	2	Presostato (max. - min.)	-	S/. 189.00	S/. 378.00
42	4	Manómetro	-	S/. 94.50	S/. 378.00
43	4	Manómetro	-	S/. 94.50	S/. 378.00
44	1	Visor de nivel de vidrio, con protector y válvulas	0.5	S/. 810.00	S/. 810.00
45	2	Manifold - Achique Sentina	6	S/. 198.45	S/. 396.90
46	4	Manifold - Achique Lastre	8	S/. 467.78	S/. 1,871.10
47	4	Manifold - Llenado Lastre	6	S/. 198.45	S/. 793.80
48	20	Estaciones contraincendios	-	S/. 540.00	S/. 10,800.00
49	18	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	6	S/. 76.55	S/. 1,377.81
50	8	Codos	6	S/. 62.10	S/. 496.80
51	3	Tees	6	S/. 99.36	S/. 298.08
52	16	Bridas	6	S/. 63.75	S/. 1,019.95
53	10	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	6	S/. 35.00	S/. 350.00
54	112	Pemos y tuercas	-	S/. 2.43	S/. 272.16
55	138	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	5	S/. 64.80	S/. 8,942.40
56	16	Codos	5	S/. 45.00	S/. 720.00
57	0	Tees	5	S/. 72.00	S/. 0.00
58	124	Bridas	5	S/. 54.49	S/. 6,756.26
59	92	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	5	S/. 30.00	S/. 2,760.00
60	528	Pemos y tuercas	-	S/. 2.43	S/. 1,283.04
61	906	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	4	S/. 38.21	S/. 34,613.73

**Tabla 7.3.1.1.- Costos de materiales y servicios (continuación).**

Ítem	Cant.	Descripción	Diám.	Costo/ unitario	Subtotal
62	211	Codos	4	S/. 16.50	S/. 3,481.50
63	46	Tees	4	S/. 26.40	S/. 1,214.40
64	768	Bridas	4	S/. 37.29	S/. 28,636.42
65	508	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	4	S/. 27.00	S/. 13,716.00
66	4120	Pemos y tuercas	-	S/. 2.43	S/. 10,011.60
67	150	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	3	S/. 28.84	S/. 4,325.40
68	6	Codos	3	S/. 12.42	S/. 74.52
69	0	Tees	3	S/. 19.87	S/. 0.00
70	61	Bridas	3	S/. 26.78	S/. 1,633.82
71	56	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	3	S/. 24.00	S/. 1,344.00
72	122	Pemos y tuercas	-	S/. 1.10	S/. 134.20
73	2	Reducción Campana (4-2.5)	4	S/. 9.80	S/. 19.60
74	5	Reducción Campana (3-2.5)	3	S/. 9.13	S/. 45.63
75	20	Reducción Campana (2.5-1.5)	2.5	S/. 4.05	S/. 81.00
76	288	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	2.5	S/. 25.16	S/. 7,247.23
77	78	Codos	2.5	S/. 6.43	S/. 501.23
78	18	Tees	2.5	S/. 10.00	S/. 180.00
79	226	Bridas	2.5	S/. 26.43	S/. 5,973.86
80	170	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	2.5	S/. 20.00	S/. 3,400.00

Tabla 7.3.1.1.- Costos de materiales y servicios (continuación).

Ítem	Cant.	Descripción	Diám.	Costo/ unitario	Subtotal
81	604	Pernos y tuercas	-	S/. 0.95	S/. 570.78
82	6	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	2	S/. 14.66	S/. 87.97
83	0	Codos	2	S/. 5.00	S/. 0.00
84	0	Tees	2	S/. 6.48	S/. 0.00
85	2	Bridas	2	S/. 16.63	S/. 33.26
86	2	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	2	S/. 16.00	S/. 32.00
87	8	Pernos y tuercas	-	S/. 0.95	S/. 7.56
88	7	Reducción Campana (2.5-1.5)	2.5	S/. 4.05	S/. 28.35
89	78	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	1.5	S/. 11.07	S/. 863.46
90	14	Codos	1.5	S/. 3.21	S/. 44.98
91	15	Tees	1.5	S/. 6.00	S/. 90.00
92	40	Bridas	1.5	S/. 12.58	S/. 503.28
93	38	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	1.5	S/. 14.00	S/. 532.00
94	80	Pernos y tuercas	-	S/. 0.60	S/. 48.00
95	12	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	1.25	S/. 11.61	S/. 139.32
96	6	Codos	1.25	S/. 2.97	S/. 17.82
97	0	Tees	1.25	S/. 5.70	S/. 0.00
98	8	Bridas	1.25	S/. 12.15	S/. 97.20
99	8	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	1.25	S/. 13.50	S/. 108.00



**Tabla 7.3.1.1.- Costos de materiales y servicios (continuación).**

Ítem	Cant.	Descripción	Diám.	Costo/ unitario	Subtotal
100	32	Pernos y tuercas	-	S/. 0.60	S/. 19.20
101	14	Reducción Campana (1.5-1)	1.5	S/. 4.05	S/. 56.70
102	168	Tubos (m) (incluyendo aproximadamente 10% de merma)	1	S/. 8.10	S/. 1,360.80
103	81	Codos	1	S/. 2.94	S/. 238.38
104	0	Tees	1	S/. 5.60	S/. 0.00
105	156	Bridas	1	S/. 9.45	S/. 1,474.20
106	156	Abrazaderas (con tuerca y soporte)	1	S/. 13.50	S/. 2,106.00
107	316	Pernos y tuercas	-	S/. 0.60	S/. 189.60
108	186.4	Empaquetadura de 1/8" (m2)	-	S/. 22.44	S/. 4,181.94
109	1	Otros (Consumibles varios y servicios)	-	S/. 140,768.00	S/. 140,768.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/. 523,841.64</b>

### **7.3.2 Costos de Mano de Obra**

Sumando toda la mano de obra de los tres sistemas, obtenemos que para desarrollar el proyecto se necesitan 17713 HH, la mano de obra esta valorizada en S/.11.00/HH, de lo que se obtiene que el costo de la mano de obra es:

- Costo de mano de obra = S/. 194,843.00

### **7.3.3 Estructura de costos**

A continuación se muestra la tabla resumida de la estructura de costos, teniendo como información los costos ya obtenidos en los numerales anteriores:

Tabla 7.3.3.1.- Estructura de costos.

Ítem	Descripción	Monto (S/.)
1	Costo de Materiales (CM)	S/. 523,841.64
2	Costo de Mano de Obra (CMO)	S/. 194,843.00
3	ST=CM+CMO	S/. 718,684.63
4	Costo de Ingeniería (CI=5%ST)	S/. 35,934.23
5	Gastos Administrativos (GA=15%ST)	S/. 107,802.70
6	Costo Total (CT=ST+CI+GA)	S/. 862,421.56
7	Utilidades (U=20%CT)*	S/. 172,484.31
8	Precio de Venta Sin IGV (PVSIGV=CT+U)	S/. 1,034,905.87
9	IGV (IGV=0%PVSIGV)->Exportaciones**	S/. 0.00
<b>10</b>	<b>Precio de Venta Con IGV (PVCIGV=PVSIGV+IGV)</b>	<b>S/. 1,034,905.87</b>

\*.-El porcentaje de utilidades es referencial varia en la negociación del precio.

\*\*.-Recordar que las exportaciones no están afectos al IGV ni otros tributos.

## **RECOMENDACIÓN**

Observación: los requerimientos de las normas de las sociedades clasificadoras, en lo que refieren a diámetro y caudal mínimo, son de uso netamente referencial para sistemas clásicos; en sistemas no convencionales es indispensable la utilización de cálculos basados en mecánica de fluidos.

Recomendación: para descartar la presencia del fenómeno de cavitación en las bombas y otros problemas operacionales en los sistemas como la falta de caudal; se recomienda realizar cálculos basados en mecánica de fluidos en todos los sistemas de tuberías.



## CONCLUSIONES

1. Las fórmulas para la obtención del diámetro mínimo de las tuberías de achique (principal y ramal), indicadas en las reglas de las sociedades clasificadoras no garantizan la ausencia del fenómeno de cavitación.
2. Cuando el NPSH disponible es mayor que el NPSH requerido no existe cavitación en las bombas; por lo tanto, este fenómeno puede evitarse realizando cálculos apropiados durante el diseño de un sistema, sin perjuicio de los requerimientos mínimos de las reglas de las sociedades clasificadoras.
3. El procedimiento adecuado para el diseño de los sistemas de achique y lastre, sistemas de estaciones contraincendios y sistema automático de rociadores contraincendios es el siguiente: 1.- Identificación de los requerimientos de la sociedad clasificadora (si aplica contractualmente) y la administración; 2.- Identificación de los requerimientos operativos del sistema; 3.- Planteamiento del diseño; 4.- Cálculos de validación del diseño; y 5.- Elaboración de los planos.
4. Se previó, a través de cálculos de NPSH disponible, la ausencia del fenómeno de cavitación en las bombas del buque "Tambor III"; por lo tanto, el problema de erosión que existe en las bombas del buque "Tambor II" no está presente en el nuevo buque "Tambor III" debido a que no existe cavitación en sus sistemas.
5. Se evitó el problema de corrosión en los ejes de las bombas del buque "Tambor III" debido a que se utilizó acero inoxidable AISI 416 en su fabricación.
6. No existe problemas para el cebado de las bombas, ni retorno de agua a los tanques y comportamientos debido a la utilización de válvulas de tipo "no

retorno". Se recomendó que este tipo de válvulas sean sometidos a un programa de mantenimiento para evitar la inoperatividad de las mismas.

7. La utilización de las bombas de achique en serie para operar el sistema de estaciones contraincendios duplico la presión normal del sistema, permitiendo superar el requerimiento de la administración de tener como mínimo 0.30 MPa de presión en las dos lanzas contraincendios más alejadas de las bombas mientras ambas descargan un chorro de agua (el valor de presión obtenido fue de 0.355 MPa).
8. La selección de rociadores de mayor temperatura para el garaje (79 °C), con respecto a la temperatura estándar de los demás compartimentos protegidos (68 °C), fue suficiente para evitar el accionamiento indeseado de los rociadores del garaje, sin perjuicio a los requerimientos de la administración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bonilla de la Corte, A. (1979). Teoría del Buque (Tercera ed.). Cádiz, España.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Coyoacán, México.
- CRANE. (1992). Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías. Naucalpan de Juárez, México.
- Giles, R. V. (1998). Mecánica de Fluidos e Hidráulica (Segunda ed.). España.
- Hellenic Register of Shipping. (2009). Rules and Regulations for the classification and Constructions of Steel Ships. Piraeus, Grecia.
- International Towing Tank Conference. (2011). Fresh Water and Sea Water Property. 26th ITTC Specialist Committee on Uncertainty Analysis.
- Lewis, E. V. (1988). Principles of Naval Architecture (Second ed., Vol. I. Stability and Strength). (E. V. Lewis., Ed.) New Jersey, United State: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Locarnini, A., R., Mishonov, A., Antonov, J., Boyer, T., Garcia, H., . . . Johnson, D. (2010). World Ocean Atlas 2009 (Vol. I: Temperature.). (S. Levitus, Ed.) Washington, D.C.: NOAA Atlas NESDIS 68, U.S. Government Printing Office.
- Munson, R., B., Young, D., & Okiishi, T. (1994). Fundamentals of fluid mechanics. John Wiley and Sons.
- Organización Marítima Internacional. (1974). Convenio Internacional de la Seguridad de la Vida Humana en el Mar, 1974. Londres, Inglaterra.
- Organización Marítima Internacional. (1981). Convenio Internacional sobre Líneas de Carga, 1966. Londres, Inglaterra.
- Organización Marítima Internacional. (2007). Código internacional de sistemas de seguridad contra incendios. Londres, Inglaterra.
- Sotelo, A., & G. (1982). Hidráulica general (Sexta ed., Vol. I). México: Limusa S. A.

## GLOSARIO

**Administración.-** Es el Gobierno del Estado cuyo pabellón tenga derecho a enarbolar un buque.

**Altura de presión (h).-** Representa a la presión generada por la altura de una columna de fluido homogéneo y su magnitud es equivalente a dividir la presión entre la densidad del fluido.

**ASTM.-** Es el acrónimo en inglés de *American Society for Testing and Materials* (Sociedad americana de pruebas y materiales), este acrónimo es usado para la identificación de sus normas.

**ASME.-** Es el acrónimo en inglés de *American Society of Mechanical Engineers* (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos), este acrónimo es usado para la identificación de sus normas.

**AISI.-** Es el acrónimo en inglés de *American Iron and Steel Institute* (Instituto americano del hierro y el acero), este acrónimo es usado para la identificación de sus normas.

**Babor (Br).-** Parte izquierda del buque, para todo observador ubicado en popa y mirando a proa.

**Bomba.-** Maquina hidráulica que tiene la capacidad de entregarle energía a un fluido para producir su desplazamiento de un lugar a otro.

**Buque.-** Construcción que tiene la propiedad de flotar; tiene estabilidad, velocidad y maniobrabilidad propia; soportando malos tiempos y conservando además una velocidad y maniobrabilidad adecuada. Para este informe, buque, embarcación y barco tienen la misma definición.

**Calado (T).-** Distancia vertical entre la línea de base, en la sección media, y el plano de flotación.

**Calado de diseño (Td).-** Distancia vertical entre la línea de base, en la sección media, y el plano de flotación de diseño.

**Casco.-** Es el forro estanco que resiste la presión hidrostática y/o hidrodinámica ejercida por el agua y las olas, manteniendo su forma y resistencia en las condiciones críticas de navegación o mal tiempo. Su forma determina las características hidrostáticas e hidrodinámicas del buque.

**Cebar.-** Poner una máquina o un aparato en condiciones para empezar a funcionar; en el caso de bombas centrifugas, se trata de llenar de líquido la bomba.

**Crujía.-** Plano longitudinal de simetría del buque.

**Cubierta principal.-** Cubierta estanca más alta que se extiende desde popa hasta proa, ubicada sobre los mamparos estancos, normalmente expuesta a la intemperie.

**Densidad (d).-** Propiedad que relaciona la masa y el volumen de un material o una sustancia, en general su magnitud representa la masa por unidad de volumen.

**Eslora (L - eslora entre perpendiculares).-** Distancia longitudinal entre la perpendicular de proa y la perpendicular de popa.

**Estabilidad.-** Propiedad de los buques de retomar a su posición de equilibrio después de que cese la fuerza que la sacó de él.

**Estrabor (Er).-** Parte derecha del buque, para todo observador ubicado en popa y mirando a proa.

**Flotabilidad.-** Propiedad de los buques de permanecer en la superficie del agua por un tiempo indefinido.

**HRS.-** Es el acrónimo en inglés de *Hellenic Register of Shipping* (Registro Naval griego), este acrónimo es usado para la identificación de la sociedad clasificadora y sus reglas.

**IACS.-** Es el acrónimo en inglés de *International Association of Classification Societies* (Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación), este acrónimo es usado para la identificación de la asociación, sus reglas y/o recomendaciones.

**ITTC.-** Es el acrónimo en inglés de *International Towing Tank Conference* (Conferencia Internacional del tanque de remolque), este acrónimo es usado para la identificación de sus procedimientos y directrices recomendados.

**Línea de base.-** Línea horizontal de referencia, ubicada en la parte más baja del casco, en crujía.

**Manga (B).-** Distancia transversal máxima del casco del buque, no se incluye ningún apéndice.

**Perpendicular de popa (Ppp).-** Línea vertical trazada en un punto ubicado a una distancia igual al 96% de la eslora de flotación, calculada a un calado igual al 85%

del puntal, medido desde la perpendicular de proa o en la posición del eje de la pala de gobierno si este último está ubicado a popa del punto anterior.

**Perpendicular de proa (Ppr).**- Línea vertical trazada en el extremo de proa del plano de flotación correspondiente a un calado igual al 85% del puntal.

**Peso específico (w).**- Propiedad que relaciona el peso y el volumen de un material o una sustancia, en general su magnitud representa el peso por unidad de volumen.

**Popa (pp).**- Parte posterior del buque.

**Presión de vapor.**- Es la presión parcial de las moléculas de vapor, en un proceso de vaporización dentro de un espacio cerrado.

**Proa (pr).**- Parte delantera del buque, caracterizado por enfrentar al mar en su desplazamiento.

**Puntal (D).**- Distancia vertical medida entre la línea de base y la cubierta principal en el costado, en la sección media.

**SOLAS.**- Es el acrónimo en inglés de *Safety of Life At Sea* (Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida Humana en el Mar), este acrónimo es usado para la identificación del convenio y/o sus artículos.

**Viscosidad absoluta ( $\mu$ ).**- Propiedad de los fluidos que determina la resistencia del mismo a las fuerzas cortantes.

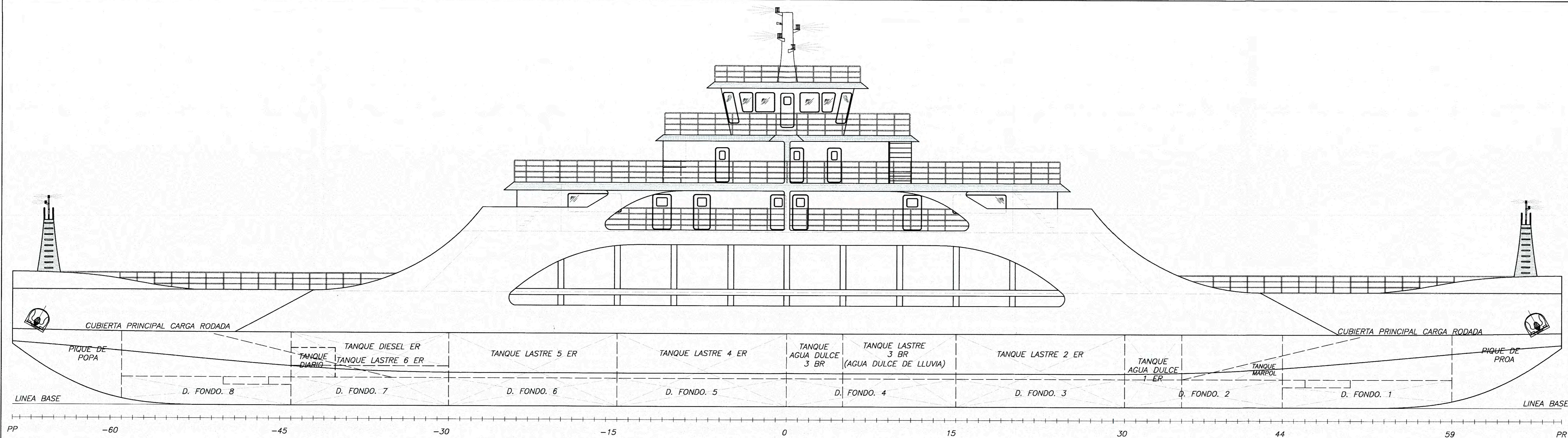
**Viscosidad cinemática (v).**- Propiedad de los fluidos que resulta de la división de la viscosidad absoluta y la densidad.

## **ANEXO 1**

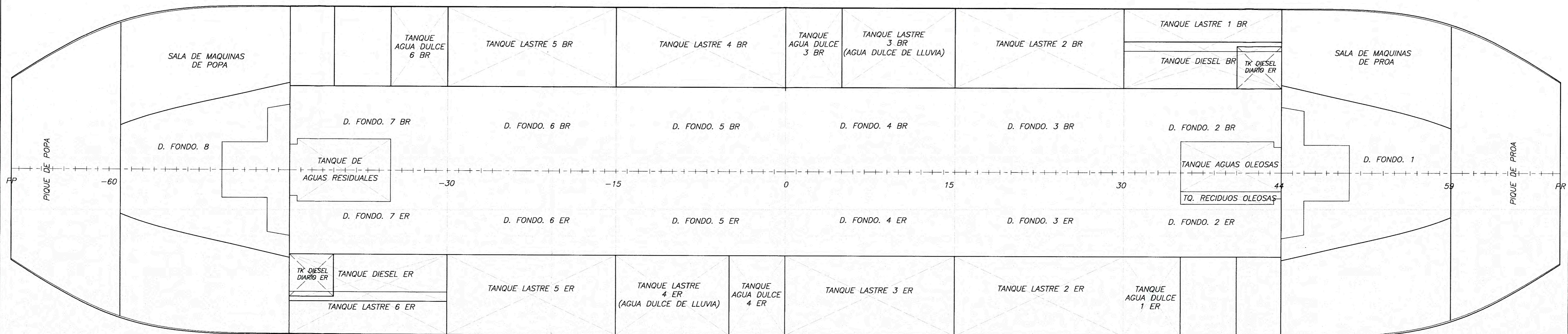


**CAPACIDAD DE TANQUES**

Nombre de Tanques	Capacidad en m <sup>3</sup>	Capacidad en gal	Capacidad en tn
Tanque Lastre babor N 1	27.76	7334	28.46
Tanque Lastre babor N 2	70.78	18697	72.56
Tanque Lastre babor N 3	47.23	12476	48.42
Tanque Agua dulce babor N 3	23.61	6238	23.61
Tanque Lastre babor N 4	73.14	19322	74.99
Tanque Lastre babor N 5	73.06	19300	74.90
Tanque Agua dulce babor N 6	23.87	6305	24.47
Tanque Combustible Babor	28.00	7397	23.5200
Tanque Combustible Diario Babor	4.38	1157	3.68
Tanque Agua dulce Estribor N 1	23.87	6305	24.47
Tanque Lastre Estribor N 2	73.06	19300	74.90
Tanque Lastre Estribor N 3	73.14	19322	74.99
Tanque Agua dulce Estribor N 4	23.61	6238	23.61
Tanque Lastre Estribor N 4	47.23	12476	48.42
Tanque Lastre Estribor N 5	70.78	18697	72.56
Tanque Lastre Estribor N 6	27.76	7334	28.46
Tanque Combustible Estribor	28.00	7397	23.5200
Tanque Combustible Diario Estribor	4.38	1157	3.68
Tanque de Aguas Oleosas (MARPOL)	8.30	2193	8.5075
Tanque de Residuos Oleosas (MARPOL)	2.00	528	2.0500
Tanque de Aguas Residuales	10.30	2721	10.5575



**ELEVACION LONGITUDINAL ESTRIBOR**



**VISTA DE PLANTA**

**CARACTERISTICAS GENERALES**

ESLORA TOTAL	82.40 m
ESLORA DE FLOTACION	81.20 m
ESLORA DE REGLAMENTO (96% LWF)	77.95 m
MANGA MOLDEADA	17.503 m
PUNTAL MOLDEADO	3.866 m
CALADO DE DISEÑO	2.80 m

**NOTAS:**

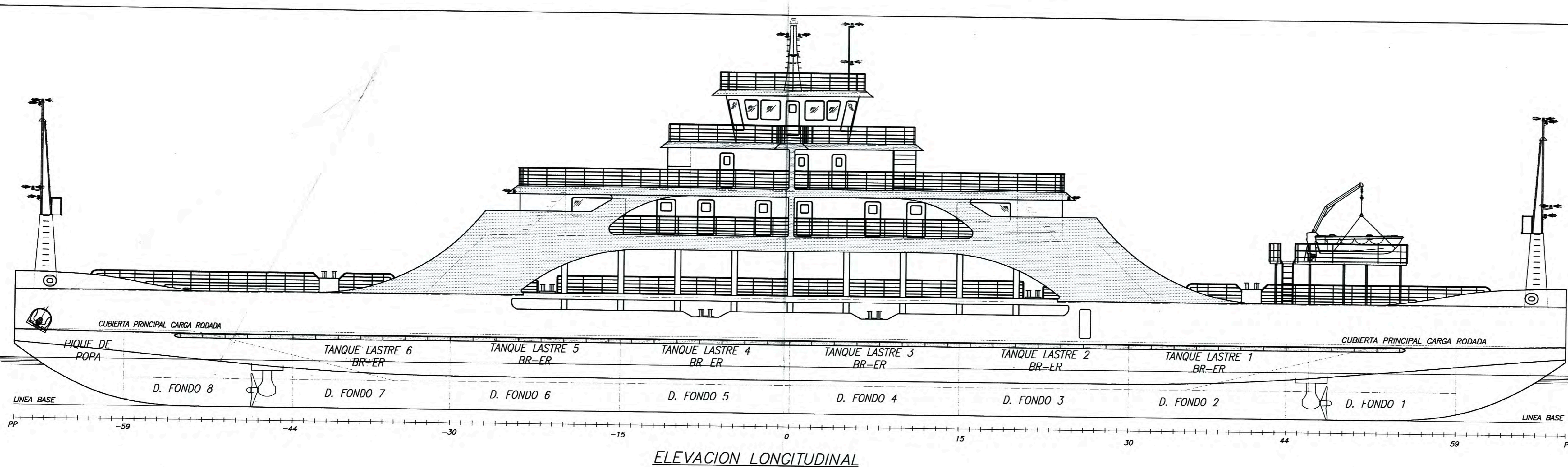
- LA DISTRIBUCION DE TANQUES DE BABOR Y ESTRIBOR ES SIMILAR, MANTENIENDO LA SIMETRIA QUE SE OBSERVA EN LA VISTA DE PLANTA
- LA ESLORA DE REGLAMENTO ES IGUAL AL 96% DE LA ESLORA DE FLOTACION A PLENA CARGA EN VERANO.

<p>Construcciones A. Maggiolo S.A.</p>	<p>CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A.</p> <p>AV. JORGE CHAVEZ 148 - CHUCUITO - CALLAO WEB: WWW.MAGGIOLO.COM.PE TEL: 429-8633/37</p>		
	<p>DESCRIPCION:</p> <p><b>DISPOSICIÓN DE TANQUES</b> (PROYECTO TAMBOR III)</p>		
<p>DISEÑADO: OFICINA DE INGENIERIA</p> <p>DIBUJADO: J.S.F.</p> <p>REVISADO: J.S.F.</p> <p>APROBADO: L.A.E.R.</p>	<p>ARMADOR:</p> <p><b>MARINA PUNTA PIEDRA AMARILLA S. A.</b> COSTA RICA</p>		
<p>FECHA: FEBRERO 2010</p> <p>ESCALA: 1:100</p>	<p>PLANO N°: CAMS2010-CAM030-A10</p>	<p>HOLLA: 01</p>	<p>REV.: 0</p>
<p><small>ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A. PROHIBIDA SU REPRODUCCION SIN PREVIA AUTORIZACION</small></p>			

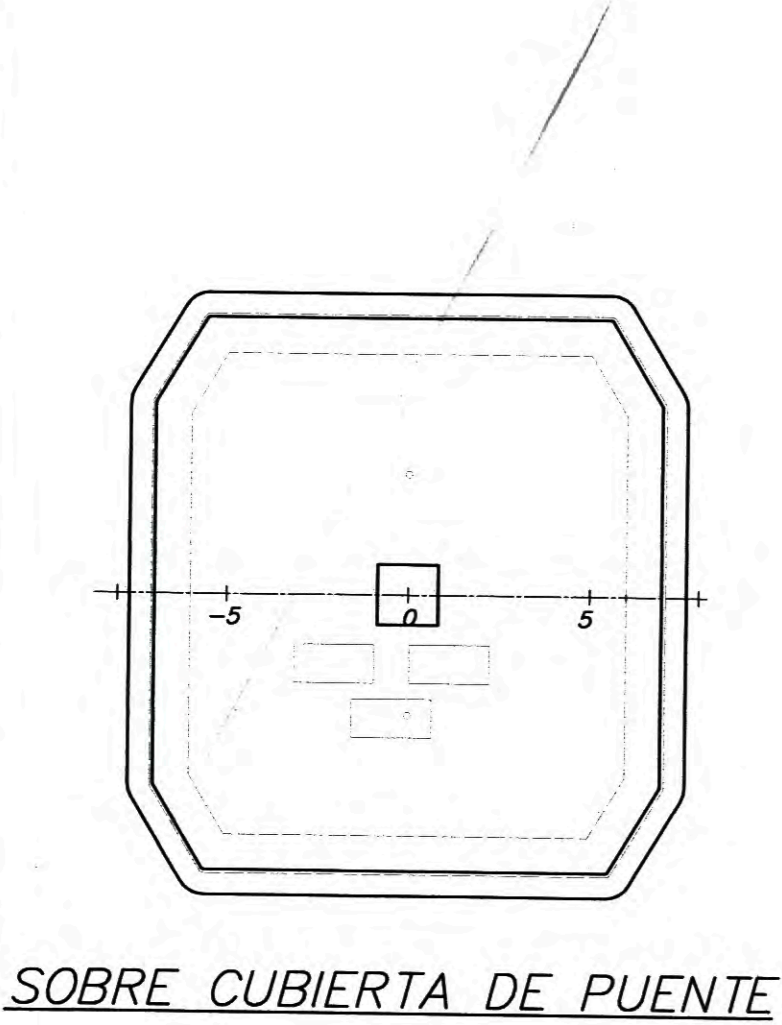


## **ANEXO 2**

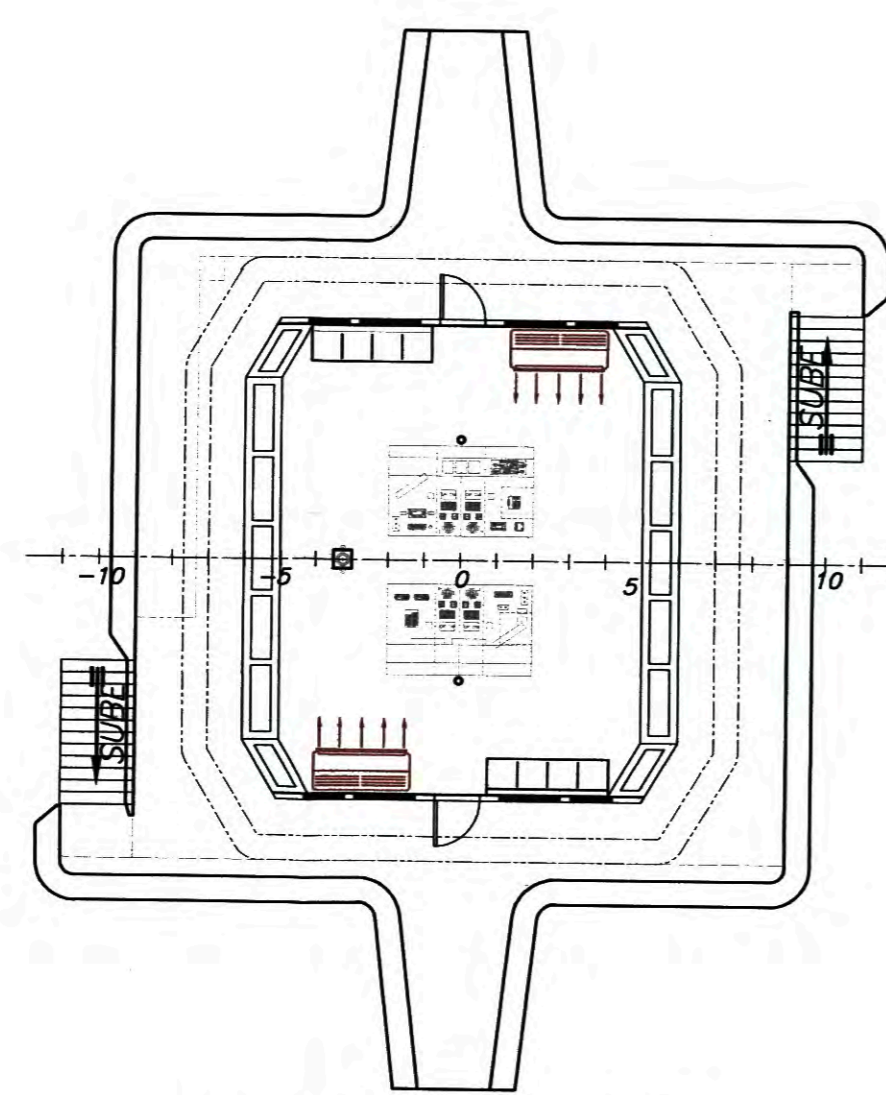




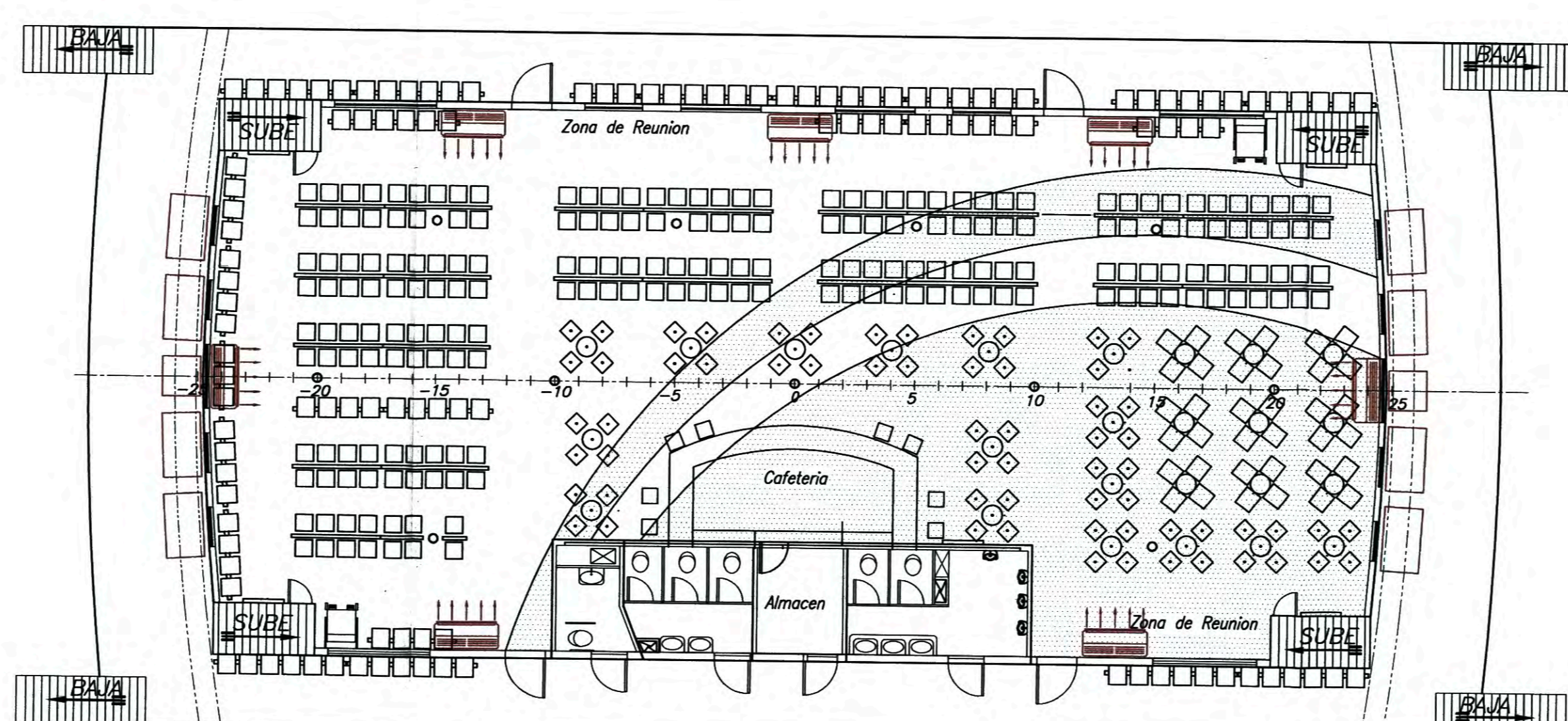
ELEVACION LONGITUDINAL



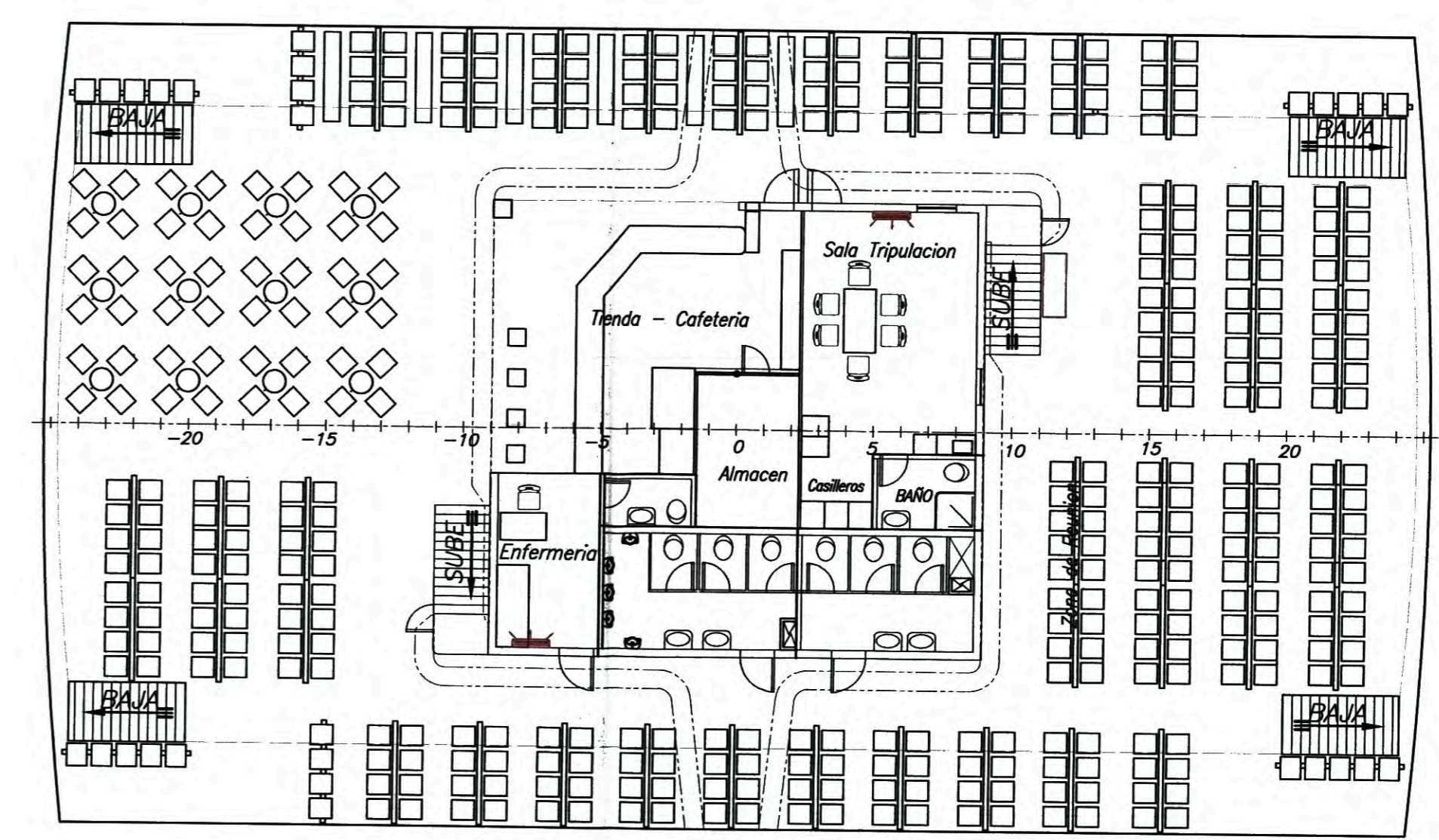
SOBRE CUBIERTA DE PUENTE



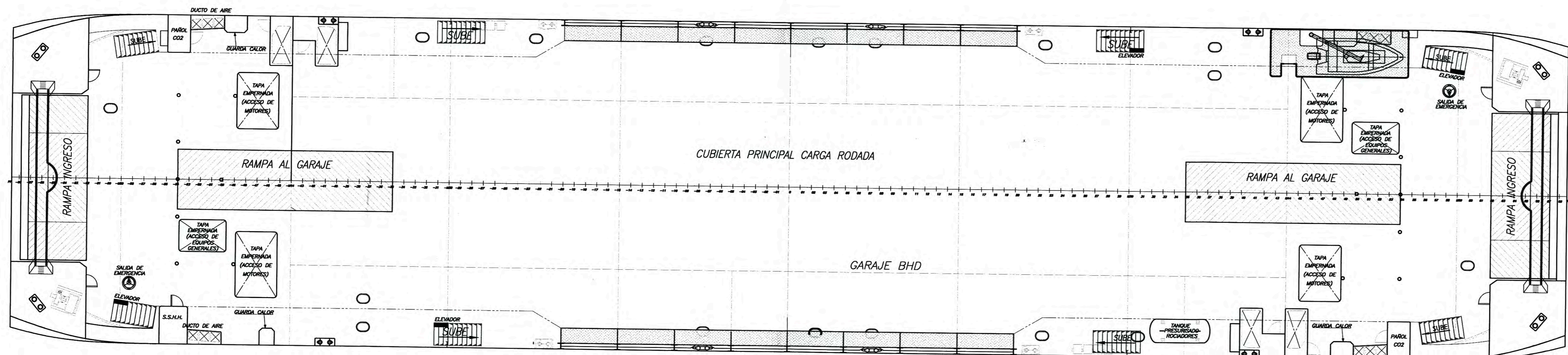
CUBIERTA DE PUENTE



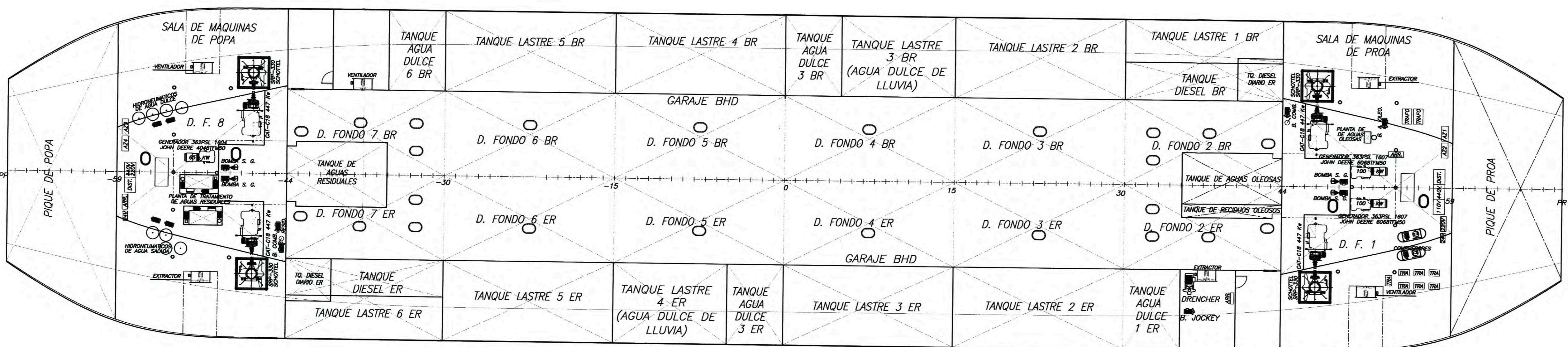
VISTA DE PLANTA CUBIERTA DE SALON



VISTA DE PLANTA CUBIERTA SUPERIOR



VISTA DE PLANTA CUBIERTA PRINCIPAL



VISTA DE PLANTA DEBAJO CUBIERTA PRINCIPAL

**CARACTERISTICAS GENERALES**

ESLORA TOTAL	82.40 m
ESLORA DE FLOTACION	81.20 m
ESLORA DE REGLAMENTO (96% LWF)	77.95 m
MANGA MOLDEADA	17.503 m
PUNTA MOLDEADA	3.866 m
CALADO DE DISEÑO	2.80 m
CAPACIDAD PASAJEROS	850 PERSONAS
NUMERO DE TRIPULANTES	8 TRIPULANTES (Ver nota 2)
CAPACIDAD VEHICULOS	120 CUB PRINC-40 CUB INFER
MOTORES PRINCIPALES	4 CAT C18 -600 BHP @ 1800 RPM
VELOCIDAD ESTIMADA	12 NUDOS
SISTEMA PROPULSION	4 AZIMUTAL THRUSTER
SEPARACION DE CUADERNAS	600 mm

**NOTAS:**

- 1.- LA ESLORA DE REGLAMENTO ES IGUAL AL 96% DE LA ESLORA DE FLOTACION A PLENA CARGA EN VERANO.
- 2.- CANTIDAD DE TRIPULANTES REQUERIDOS PARA LA OPERACION DEL FERRY A PLENA CARGA
- 3.- UNIDADES EN MM.

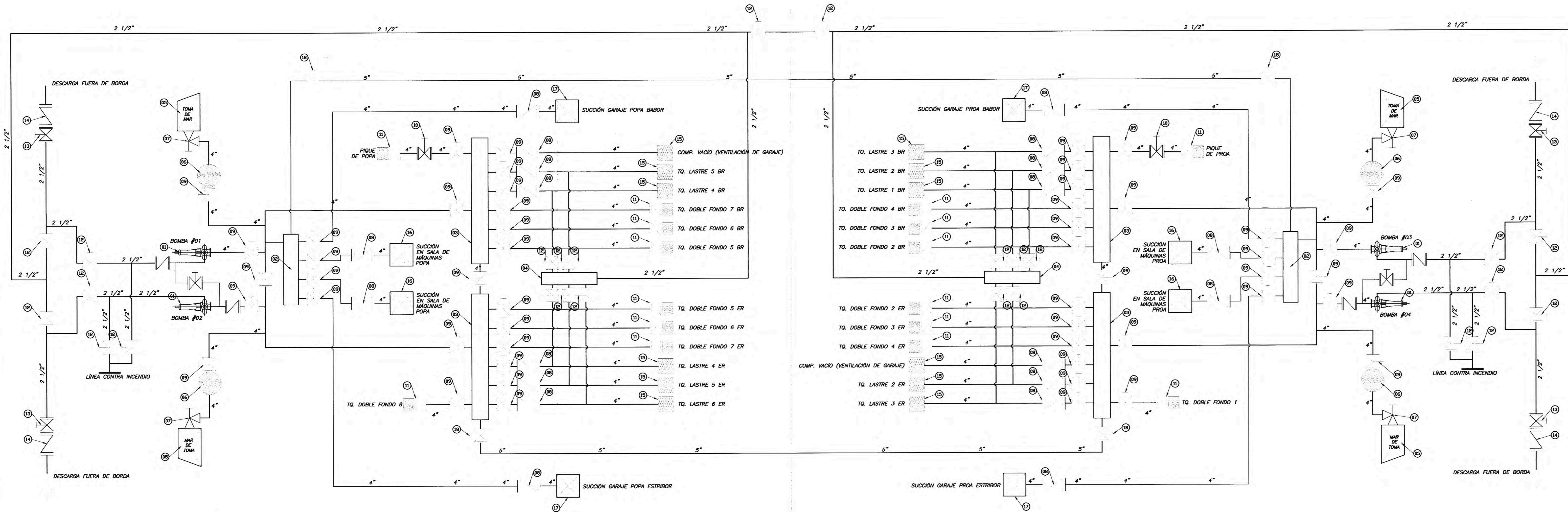
<p>CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A. AV. JORGE CHAVEZ 148-CHUCUTO-CALLAO WEB: WWW.MAGGIOLO.COM.PE TEL: 429-8633/37</p>	DESCRIPCION:
	<b>DISPOSICION GENERAL</b> (PROYECTO TAMBOR III)
DISEÑADO: OFICINA DE INGENIERIA	ARMADOR:
DIBUJADO: J.S.F.	<b>MARINA PUNTA PIEDRA AMARILLA S. A.</b> COSTA RICA
REVISADO: J.S.F.	FECHA:
APROBADO: L.A.E.R.	NOVIEMBRE 2010
ESCALA:	PLANO N°:
1:125	CAMS2010-MAC030-A01
HUJA:	01
REV:	0

ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DE CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A. PROHIBIDA SU REPRODUCCION SIN PREVIA AUTORIZACION



## **ANEXO 3**





**ESQUEMA DE PRINCIPIO - POPA**

**ESQUEMA DE PRINCIPIO - PROA**

**NOTAS:**

- 1.- TODAS LAS TUBERÍAS SON DE ACERO SIN COSTURA: ASTM A-53 GRADO-B / SCH-40.
- 2.- TODOS LOS MANIFOLD SERÁN DE ACERO: ASTM A-53 GRADO-B / SCH-80.
- 3.- TODOS LOS TUBOS, BRIDAS Y PASAMAMPAROS SERÁN GALVANIZADOS, DESPUÉS DE SER PREFABRICADOS.
- 4.- TODO EL SISTEMA DE TUBERÍA SERÁ CON BRIDAS, EN TRAMOS DESARMABLES.
- 5.- PARA TOMAS DE FONDO VER PLANO CORRESPONDIENTE.
- 6.- LOS PASAMAMPAROS, POZAS DE SUCCIÓN, REJILLAS DE SUCCIÓN Y LOS FILTROS TIPO CAJA DE FANGO SERÁN FABRICADOS SEGÚN "ESTÁNDAR"
- 7.- EL MEJOR RECORRIDO DE LAS TUBERÍAS SERÁ DEFINIDO EN OBRA POR EL JEFE DE PROYECTO.
- 8.- LOS MATERIALES COMPLEMENTARIOS TALES COMO: BRIDAS, CODOS, EMPAQUETADURAS, PERNOS, ETC. SERÁN DEFINIDOS EN OBRA DE ACUERDO AL RECORRIDO DE LAS TUBERÍAS.
- 9.- TODAS LAS VÁLVULAS ADYACENTES A LA TOMA DE MAR SERÁN FIJADAS A DICHA TOMA DE MAR EN BASE A BRIDAS (VER PLANO DE TOMA DE MAR).
- 10.- TODAS LAS VÁLVULAS TENDRÁN ASIENTOS DE BRONCE.
- 11.- LAS VÁLVULAS QUE TIENEN CONTACTO CON EL CASCO (DESCARGA FUERA DE BORDA, TOMA DE FONDO) SERÁN NECESARIAMENTE DE ACERO FUNDIDO
- 12.- LA PRESIÓN DE DISEÑO ES 51 PSI. (ES LA PRESIÓN MÁXIMA QUE ENTREGA LA BOMBA).
- 13.- LA TEMPERATURA DE DISEÑO 35 °C. (ES LA MÁXIMA TEMPERATURA DEL AMBIENTE).
- 14.- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE ACHIQUE SON:
  - a. BRIDAS: ASTM A105
  - b. VÁLVULAS ANSI CLASS 125 Y 150
  - c. ACCESORIOS ASTM A234
  - d. ESPÁRRAGOS: ASTM A193
  - e. TUERCAS: ASTM A194

\*\* INCLUYE DRENAJE DE LOS COMPARTIMENTOS VACÍO (ACCESO AL GARAJE).

POS	SYM.	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	OBSERVAC.
18		VÁLVULA COMPUERTA 4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	4 Pzs.	
17		POZA DE SUCCIÓN EN GARAJE.	ACERO	4 Pzs.	
16		POZA DE SUCCIÓN EN SALA DE MÁQUINAS.	ACERO	4 Pzs.	
15		CAJA DE SUCCIÓN EN TANQUES DE LASTRE.	ACERO	12 Pzs.	
14		VÁLVULA SWING CHECK 2.5" 125 PSI. C/B.	AC. FUNDIDO	4 Pzs.	VER NOTA 14
13		VÁLVULA COMPUERTA 2.5" 125 PSI. C/B.	AC. FUNDIDO	4 Pzs.	VER NOTA 14
12		VÁLVULA COMPUERTA 2.5" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	26 Pzs.	**
11		VÁLVULA CHECK DE PIE CON CANASTILLA 4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	16 Pzs.	
10		VÁLVULA COMPUERTA DE VÁSTAGO LARGO 4" 125 PSI. C/B.	AC. FUNDIDO	2 Pzs.	VER NOTA 14
09		VÁLVULA COMPUERTA 4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	52 Pzs.	
08		VÁLVULA SWING CHECK 4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	20 Pzs.	
07		VÁLVULA DE RETENCIÓN Y CIERRE 4" 150 PSI. C/B.	AC. FUNDIDO	4 Pzs.	VER NOTA 14
06		FILTRO 4" 125 PSI (CAJA DE FANGO) C/B	ACERO	4 Pzs.	
05		TOMA DE MAR (VER PLANO CORRESPONDIENTE)	ASTM A-131 A	4 Pzs.	
04		MANIFOLD TUBO DE ACERO NEGRO SCH-80 6" (LLENADO-LASTRE)	ASTM A-53	2 Pzs.	
03		MANIFOLD TUBO DE ACERO NEGRO SCH-80 8" (ACHIQUE-LASTRE)	ASTM A-53	4 Pzs.	
02		MANIFOLD TUBO DE ACERO NEGRO SCH-80 8" (ACHIQUE-SENTINA)	ASTM A-53	2 Pzs.	
01		BOMBA DE ACHIQUE (Q=55m3) (H=28m) (NSPH=3.9m)	HIERRO FUNDIDO	4 Pzs.	VER CALCULOS

		<b>CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A.</b> AV. JORGE CHAVEZ 148-CHUCUITO-CALLAO WEB: WWW.MAGGIOLO.COM.PE TEL: 429-6633/37	
DISEÑADO: OFICINA DE INGENIERIA DIBUJADO: J.S.F. REVISADO: J.S.F. APROBADO: L.A.E.R.		DESCRIPCION: <h2 style="text-align: center;">SISTEMA DE ACHIQUE</h2> <h3 style="text-align: center;">(PROYECTO MAC030)</h3>	
FECHA: NOVIEMBRE 2010		ARMADOR: <b>MARINA PUNTA PIEDRA AMARILLA S. A.</b> COSTA RICA	
ESCALA: 1:100	PLANO N°: CAMSA2010-MAC030-C43	HOJA: 01	REV.: 0

ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A. PROHIBIDA SU REPRODUCCION SIN PREVIA AUTORIZACION



## **ANEXO 4**







## **ANEXO 5**



**NOTAS:**

- 1.- TANQUE DE COMPENSACION DE 3.6M3 DE VOLUMEN TOTAL, CON UN CONTENIDO MÍNIMO DE AGUA DE 1.8M3 (50% DE SU CAPACIDAD).
- 2.- EL TANQUE DE AGUA DULCE TENDRÁ UN SENSOR DE MÍNIMO NIVEL CONECTADO AL PANEL DE ALARMAS.
- 3.- TODAS LAS TUBERIAS SON DE ACERO SIN COSTURA: ASTM A-53 GRADO-B / SCH-40.
- 4.- LA PRESION DE DISEÑO ES 101 PSI. (ES LA PRESION MAXIMA QUE ENTREGA LA BOMBA).
- 5.- LA TEMPERATURA DE DISEÑO 35 °C. (ES LA MAXIMA TEMPERATURA DEL AMBIENTE).
- 6.- LAS ESPECIFICACIONES DE LOS COMPONENTES Y ACCESORIOS DEL SISTEMA DE ACHIQUE SON:
  - a. BRIDAS A105
  - b. VALVULAS ANSI CLASS 125 Y 150
  - c. ACCESORIOS ASTM A234
  - d. ESPARRAGOS A193
  - e. TUERCAS ASTM A194
- 7.- LA TEMPERATURA DE ACCIONAMIENTO DEL ROCIADOR PENDENT AND RECESSED P. "TY-FRB" K=2.8(40.3) ES: 68°C
- 8.- LA TEMPERATURA DE ACCIONAMIENTO DEL ROCIADOR ESTANDAR UPRIGHT "TY-FRB" K=2.8(40.3) ) ES: 79°C
- 9.- LOS ROCIADORES SERAN UBICADOS DE FORMA DE QUE TENGAN AREAS EFECTIVAS SIMILARES EN UN MISMO COMPARTIMENTO.
- 10.- TODAS LAS TUBERIAS SON DE ACERO SIN COSTURA: ASTM A-53 GRADO-B / SCH-40.
- 11.- TODOS LOS TUBOS, BRIDAS Y PASAMAMPAROS SERÁN GALVANIZADOS, DESPUES DE SER PREFABRICADOS.
- 12.- TODO EL SISTEMA DE TUBERIA SERÁ CON BRIDAS, EN TRAMOS DESARMABLES.
- 13.- PARA TOMAS DE FONDO VER PLANO CORRESPONDIENTE.
- 14.- LOS PASAMAMPAROS, POZAS DE SUCCION, REJILLAS DE SUCCION Y LOS FILTROS TIPO CAJA DE FANGO SERÁN FABRICADOS SEGUN "ESTÁNDAR"
- 15.- EL MEJOR RECORRIDO DE LAS TUBERIAS SERÁ DEFINIDO EN OBRA POR EL JEFE DE PROYECTO.
- 16.- LOS MATERIALES COMPLEMENTARIOS TALES COMO : BRIDAS, CODOS, EMPAQUETADURAS, PERNOS, ETC. SERÁN DEFINIDOS EN OBRA DE ACUERDO AL RECORRIDO DE LAS TUBERIAS.
- 17.- TODAS LAS VALVULAS ADYACENTES A LA TOMA DE MAR SERÁN FIJADAS A DICHA TOMA DE MAR EN BASE A BRIDAS (VER PLANO DE TOMA DE MAR).
- 18.- TODAS LAS VALVULAS TENDRÁN ASIENTOS DE BRONCE.
- 19.- LAS VALVULAS QUE TIENEN CONTACTO CON EL CASCO (DESCARGA FUERA DE BORDA, TOMA DE FONDO) SERÁN NECESARIAMENTE DE ACERO FUNDIDO

**CARACTERISTICAS GENERALES**

ESLORA TOTAL	82.40 m
ESLORA DE FLOTACION	81.20 m
ESLORA DE REGLAMENTO (96% LWF)	77.95 m
MANGA MOLDEADA	17.503 m
PUNTA MOLDEADA	3.866 m
CALADO DE DISEÑO	2.80 m
CAPACIDAD PASAJEROS	850 PERSONAS
CAPACIDAD VEHICULOS	120 CUB PRINC-40 CUB INFER

POS	SIMB.	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	OBSERVAC.
20	○	MANOMETRO DE PRESION [0-20] BAR		3 Pzs.	
19	—	VISOR DE NIVEL DE AGUA DEL TANQUE CON VALVULAS	VIDRIO	1 Pz.	
18	○	VALVULA BOLA 1/2" 125 PSI. C/R.	FE. FUNDIDO	3 Pzs.	
17	○	VALVULA GLOBO 1" 125 PSI. C/R.	FE. FUNDIDO	1 Pz.	
16	○	VALVULA GLOBO 2" 125 PSI. C/R.	FE. FUNDIDO	1 Pz.	
15	△	PRESOSTATO MAX-MIN		2 Pzs.	PARA MOTORES
14	○	ROCIADOR PENDENT AND RECESSED P. "TY-FRB" K=2.8(40.3)	BRONCE	51 Pzs.	S.-ESTRUCTURA
13	○	ROCIADOR ESTANDAR UPRIGHT "TY-FRB" K=2.8(40.3)	BRONCE	36 Pzs.	GARAJE
12	△	SENSOR DE FLUJO 4" 125 PSI. C/B.		3 Pzs.	ALARMAS
11	△	VALVULA STOP CHECK 4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	3 Pzs.	
10	○	TANQUE DE COMPENSACION PRESURIZADO (3.6m3 total)	ACERO	1 Pz.	
09	△	VALVULA STOP CHECK 1 1/4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	1 Pz.	
08	△	VALVULA STOP CHECK 6" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	1 Pz.	
07	△	VALVULA COMPUERTA 1 1/4" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	1 Pz.	
06	△	VALVULA SWING CHECK 6" 125 PSI. C/B.	FE. FUNDIDO	1 Pz.	
05	○	FILTRO 6" 125 PSI (CAJA DE FANGO) C/B	ACERO	1 Pz.	VER PLANO ESTÁNDAR
04	△	VALVULA DE RETENCION Y CIERRE 4" 150 PSI. C/B.	AC. FUNDIDO	1 Pz.	
03	△	TOMA DE MAR (VER PLANO CORRESPONDIENTE)	ASTM A-131 A	1 Pz.	
02	○	BOMBA DE JOCKEY		1 Pz.	
01	○	BOMBA DE DRENCHER (Q=96m3/h) (H=55m)	FE. FUNDIDO	1 Pz.	

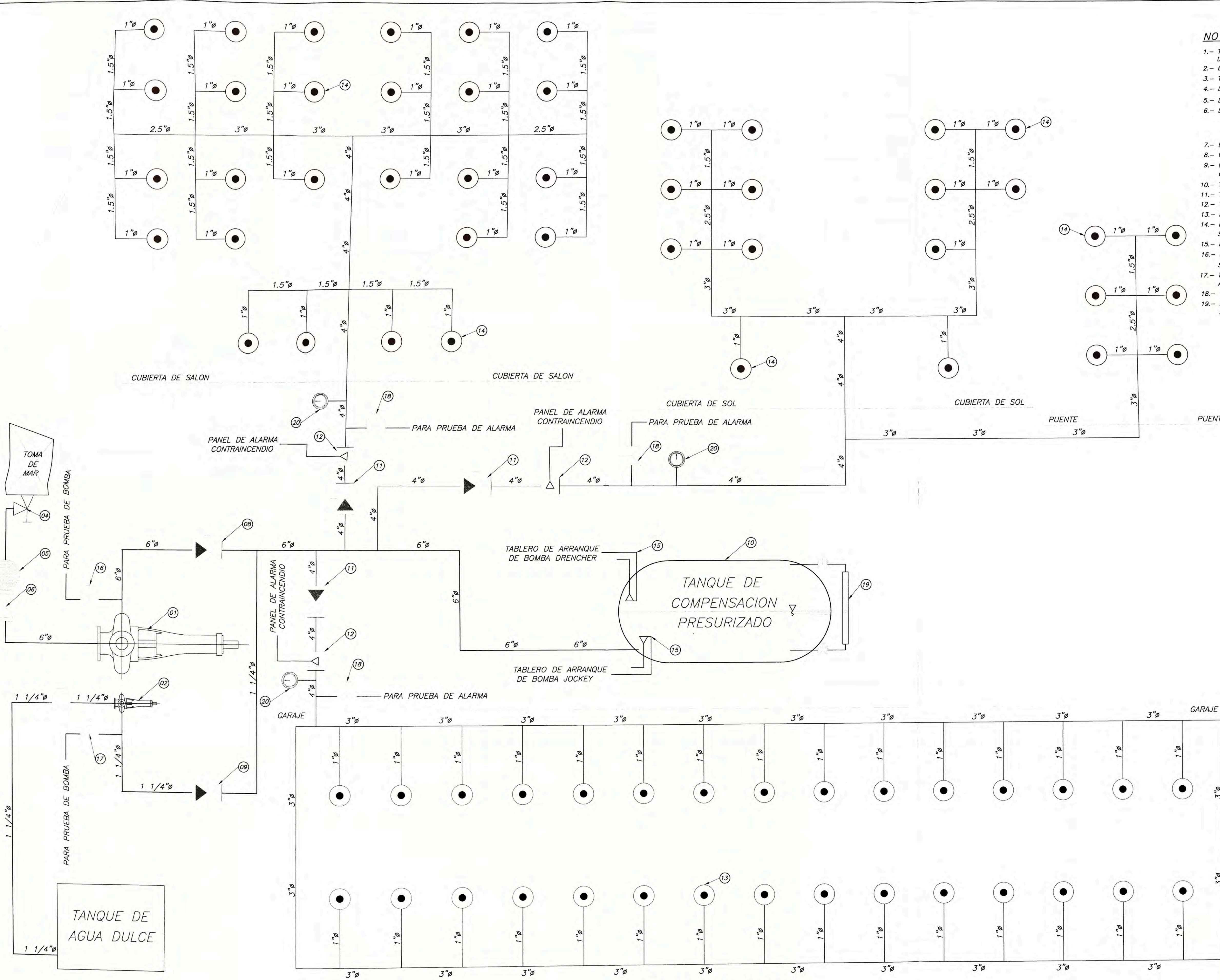
**CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A.**  
 AV. JORGE CHAVEZ 148-CHUCUITO-CALLAO WEB: WWW.MAGGIOLO.COM.PE TEL: 429-6633/37

DESCRIPCION:  
**SISTEMA DE ROCIADORES**  
 (PROYECTO MAC030)

ARMADOR:  
**MARINA PUNTA PIEDRA AMARILLA S. A.**  
 COSTA RICA

FECHA: **NOVIEMBRE 2010** ESCALA: 1:75 PLANO N°: CAMSA2010-MAC030-C50 HOJA: 01 REV.: 0

ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELLECTUAL DE CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S. A. PROHIBIDA SU REPRODUCCION SIN PREVIA AUTORIZACION

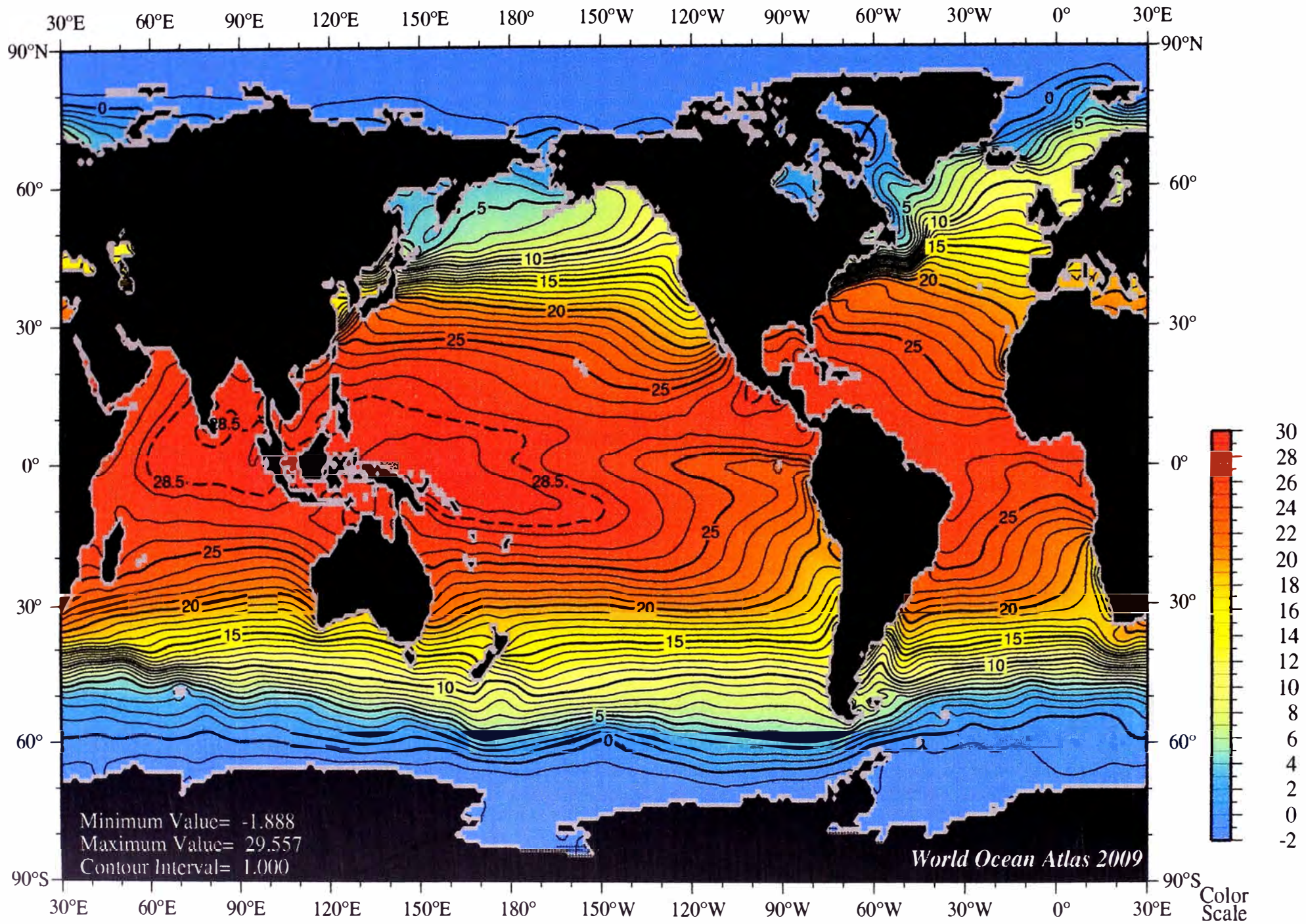


**ESQUEMA DE PRINCIPIO**



## **ANEXO 6**

# Annual temperature [°C] at the surface.



## **ANEXO 7**



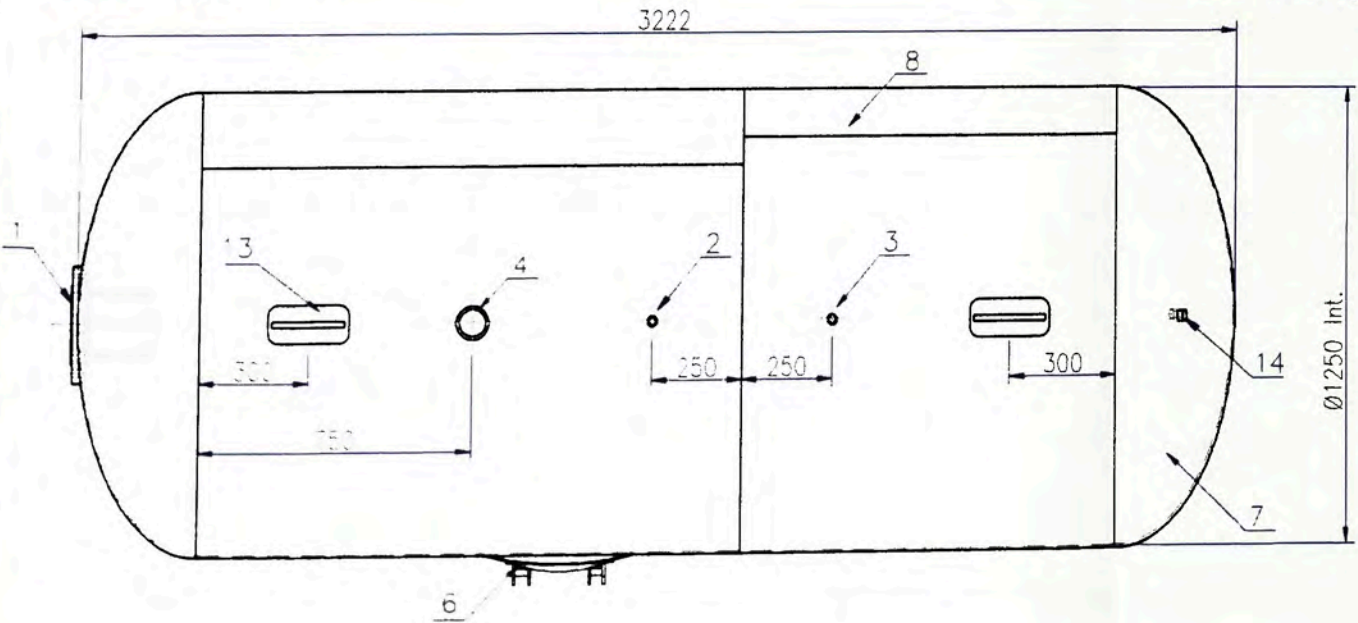
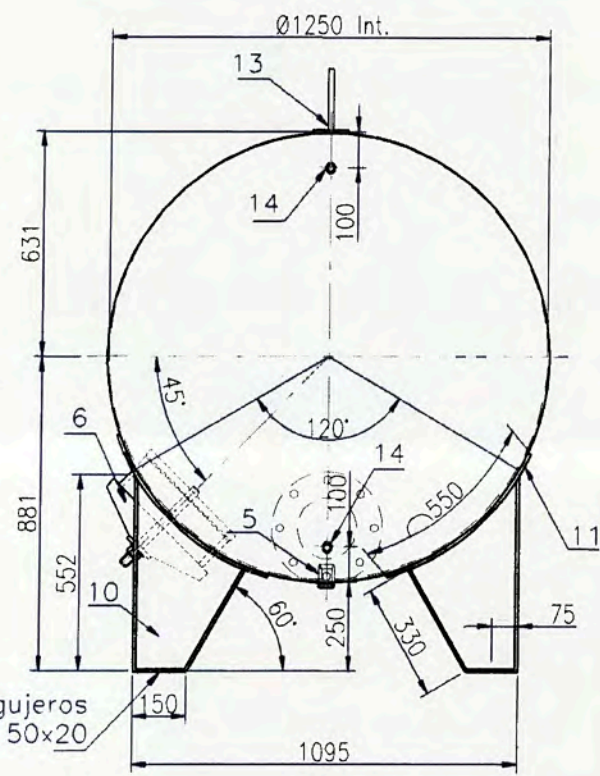
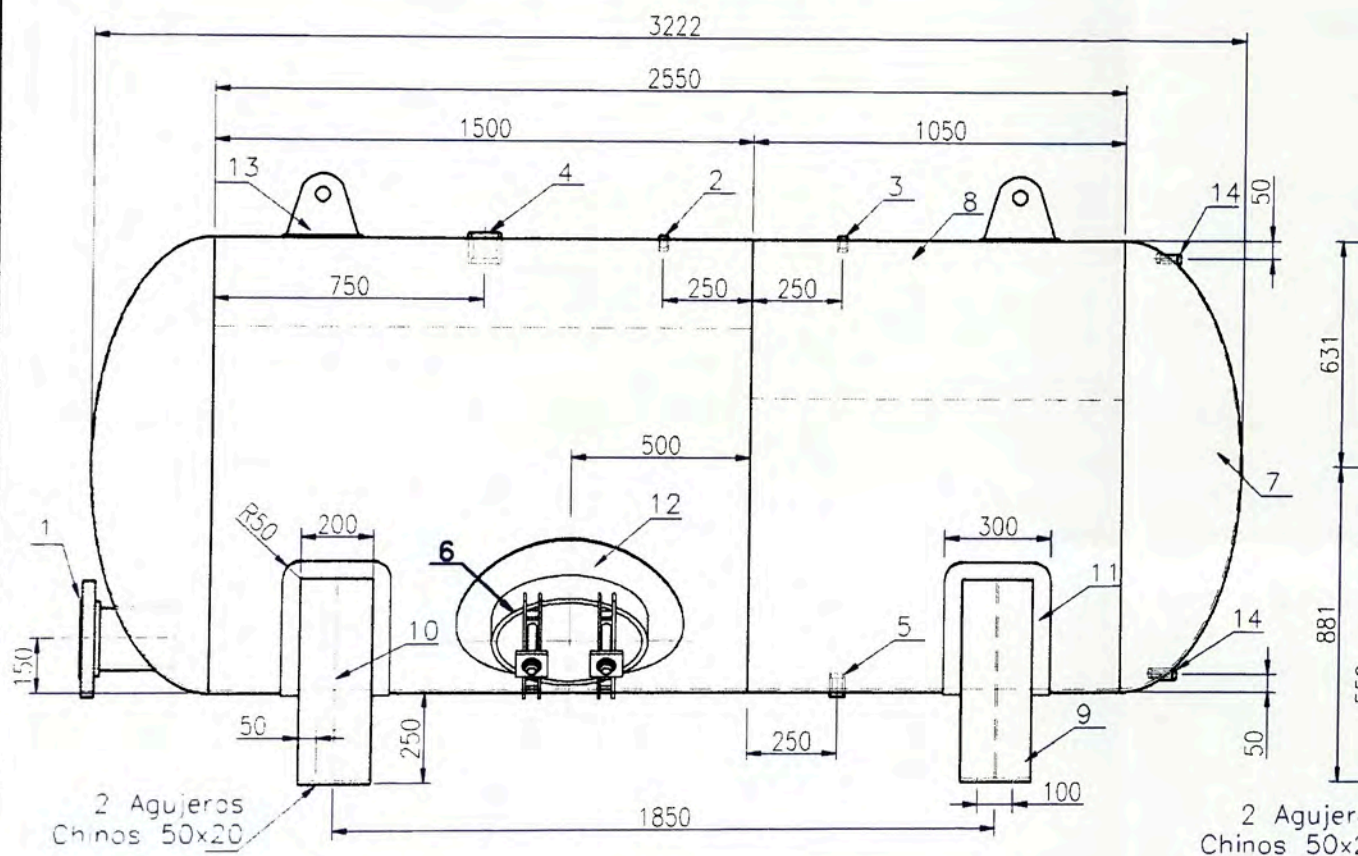
Temp $t$ (°C)	Density $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\frac{\partial \rho}{\partial t}$ (kg/m <sup>3</sup> .°C)	Viscos $\mu$ (Pa·s)	$\frac{\partial \mu}{\partial t}$ (Pa·s/°C)	$\nu = \frac{\mu}{\rho}$ (m <sup>2</sup> /s)	$\frac{\partial \nu}{\partial t}$ (m <sup>2</sup> /s.°C)	Pressure $p_v$ (MPa)	$\frac{\partial p_v}{\partial t}$ (MPa/°C)
1	1028.0941	-0.0680	0.001843	-6.186E-05	1.7926E-06	-6.005E-08	6.4363E-04	4.639E-05
2	1028.0197	-0.0810	0.001783	-5.862E-05	1.7341E-06	-5.689E-08	6.9153E-04	4.944E-05
3	1027.9327	-0.0930	0.001726	-5.561E-05	1.6787E-06	-5.395E-08	7.4256E-04	5.265E-05
4	1027.8336	-0.1050	0.001671	-5.282E-05	1.6262E-06	-5.122E-08	7.9689E-04	5.604E-05
5	1027.7225	-0.1170	0.001620	-5.021E-05	1.5762E-06	-4.867E-08	8.5471E-04	5.962E-05
6	1027.6000	-0.1280	0.001571	-4.777E-05	1.5288E-06	-4.630E-08	9.1620E-04	6.340E-05
7	1027.4662	-0.1390	0.001524	-4.549E-05	1.4836E-06	-4.408E-08	9.8157E-04	6.738E-05
8	1027.3214	-0.1500	0.001480	-4.337E-05	1.4406E-06	-4.200E-08	1.0510E-03	7.156E-05
9	1027.1659	-0.1605	0.001438	-4.137E-05	1.3995E-06	-4.006E-08	1.1248E-03	7.597E-05
10	1027.0000	-0.1710	0.001397	-3.950E-05	1.3604E-06	-3.823E-08	1.2030E-03	8.061E-05
11	1026.8238	-0.1815	0.001359	-3.774E-05	1.3230E-06	-3.652E-08	1.2861E-03	8.550E-05
12	1026.6376	-0.1915	0.001322	-3.609E-05	1.2873E-06	-3.492E-08	1.3741E-03	9.063E-05
13	1026.4416	-0.2010	0.001286	-3.454E-05	1.2532E-06	-3.341E-08	1.4674E-03	9.601E-05
14	1026.2360	-0.2105	0.001252	-3.308E-05	1.2205E-06	-3.198E-08	1.5662E-03	1.017E-04
15	1026.0210	-0.2195	0.001220	-3.170E-05	1.1892E-06	-3.064E-08	1.6709E-03	1.076E-04
16	1025.7967	-0.2290	0.001189	-3.040E-05	1.1592E-06	-2.938E-08	1.7816E-03	1.139E-04
17	1025.5633	-0.2380	0.001159	-2.918E-05	1.1304E-06	-2.819E-08	1.8987E-03	1.204E-04
18	1025.3210	-0.2470	0.001131	-2.801E-05	1.1028E-06	-2.706E-08	2.0225E-03	1.272E-04
19	1025.0700	-0.2555	0.001103	-2.692E-05	1.0763E-06	-2.599E-08	2.1533E-03	1.344E-04
20	1024.8103	-0.2640	0.001077	-2.588E-05	1.0508E-06	-2.498E-08	2.2914E-03	1.419E-04
21	1024.5421	-0.2725	0.001051	-2.489E-05	1.0263E-06	-2.402E-08	2.4373E-03	1.498E-04
22	1024.2656	-0.2805	0.001027	-2.396E-05	1.0027E-06	-2.312E-08	2.5912E-03	1.581E-04
23	1023.9808	-0.2890	0.001004	-2.307E-05	9.8002E-07	-2.226E-08	2.7535E-03	1.667E-04
24	1023.6881	-0.2970	0.000981	-2.223E-05	9.5818E-07	-2.144E-08	2.9247E-03	1.757E-04
25	1023.3873	-0.3050	0.000959	-2.143E-05	9.3713E-07	-2.066E-08	3.1050E-03	1.851E-04
26	1023.0788	-0.3125	0.000938	-2.067E-05	9.1683E-07	-1.993E-08	3.2950E-03	1.949E-04
27	1022.7626	-0.3200	0.000918	-1.995E-05	8.9726E-07	-1.922E-08	3.4950E-03	2.052E-04
28	1022.4389	-0.3275	0.000898	-1.926E-05	8.7837E-07	-1.856E-08	3.7056E-03	2.159E-04
29	1022.1078	-0.3345	0.000879	-1.860E-05	8.6014E-07	-1.792E-08	3.9271E-03	2.271E-04
30	1021.7694	-0.3420	0.000861	-1.798E-05	8.4253E-07	-1.731E-08	4.1600E-03	2.388E-04

Table 3: Standard seawater properties at 1 °C increment

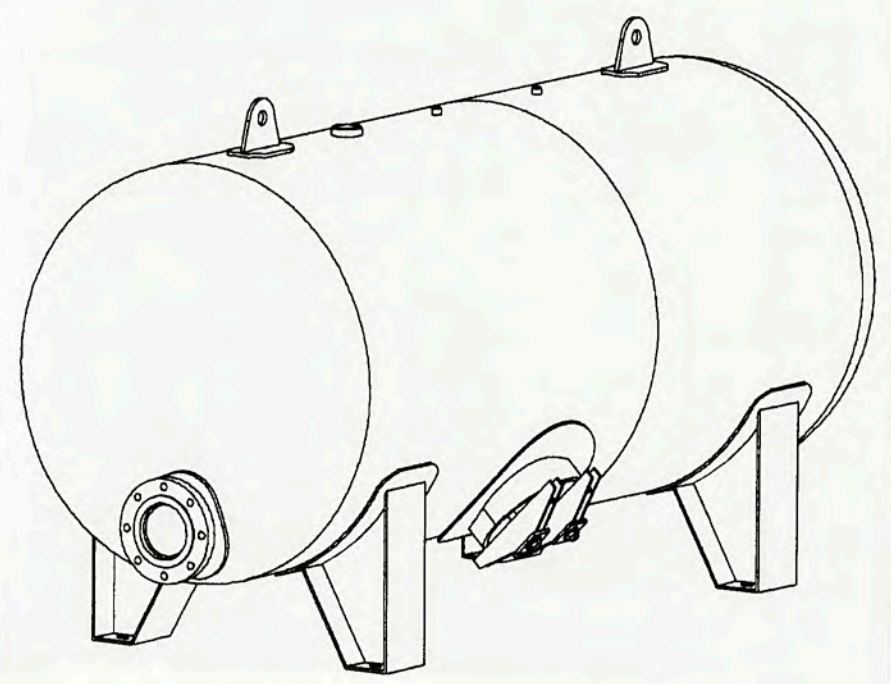
## **ANEXO 8**



REV.	DESCRIPCION	POR	FECHA




VISTA ISOMETRICA



14	2	Cople Ø 1/2" NPT serie 3000	
13	2	Cáncamo de izaje	
12	1	Plancha de Sacrificio (Manhole) (PL SA-36 636x557x8 mm)	
11	4	Plancha de Sacrificio (Patas de Apoyo) (PL SA-36 660x300x8 mm)	
10	4	Plancha de Refuerzo (Patas de Apoyo) (PL SA-36 530x300x8 mm)	
9	4	Patas de Apoyo (PL SA-36 1032x200x8 mm)	
8	1	Cuerpo (PL SA-36 1600x800x8 mm)	
7	2	Tapas (PL SA-36 1600x800x8 mm)	
6	1	Manhole Elíptico 16"x12"	
5	1	Cople Ø 1" NPT serie 3000	DRENAJE
4	1	Cople Ø 2 1/2" NPT serie 3000	ALIVO
3	1	Cople Ø 1/2" NPT serie 3000	MANOMETRO
2	1	Cople Ø 1/2" NPT serie 3000	AIRE COMPRIMIDO
1	1	Tubo Sch 40 of Brida Slip On 60° Serie 150 Lbs.	INGRESO Y SALIDA
ITEM	CANT.	DESCRIPCION	CODIGO / EQUIPO

REVISADO P.R.P.:	APROBADO J.A.V.:
------------------	------------------

REVISADO C.S.S.:	REVISADO W.B.G.:
------------------	------------------



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

CLIENTE:

**CONSTRUCCIONES A. MAGGIOLO S.A.**

PROYECTO: **TANQUE HORIZONTAL DE AIRE COMPRIMIDO 3.6m3**

APROBADO:		TITULO:			
J.A.V.	06.02.11	ENSAMBLE GENERAL			
W.B.G.	09.02.11				
C.S.C.	09.02.11				
W.B.G.	09.02.11	ESC: 1/20	O.TAP:	PLANO N°:	REV N°:
NOBRE	FECHA	Angulo de Proyección			1

TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN CALDERERIA (DIN 8570)

PRECISION MEDIA	Medidas Nominales (Valores en mm)									
	mas de 30 hasta 120	mas de 120 hasta 315	mas de 315 hasta 1000	mas de 1000 hasta 2000	mas de 2000 hasta 4000	mas de 4000 hasta 8000	mas de 8000 hasta 12000	mas de 12000 hasta 16000	mas de 16000 hasta 20000	mas de 18000 hasta 20000
	+ 2	+ 2	+ 3	+ 4	+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 14	+ 16