

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



**“ANTEPROYECTO DE PONTONES METÁLICOS PARA
LA ESTACIÓN FLOTANTE DE BOMBEO DE AGUA EN LA
MINERA ARGENTUM”**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR POR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO NAVAL

ERNESTO FERNANDEZ DAVILA JARUFE

PROMOCION 2009-II

LIMA-PERU

2013

Dedicado a mis padres Humberto y Erika,
por su incondicional apoyo a lo largo de todo éste tiempo
que ha me ha tomado culminar satisfactoriamente mi carrera ,

A mi esposa Andrea, por sus palabras de aliento
en todo momento,

A mis hermanos Andrea y Humberto,

Por estar siempre conmigo

A ti MEJdS por tu ejemplo que me sirve día a día.

CONTENIDO CAPITULAR

	<i>Pág.</i>
PRÓLOGO	1
CAPITULO I: INTRODUCCION	5
1.1 Antecedentes	9
1.2 Objetivo General	11
1.3 Objetivo específico	11
1.4 Justificación.	11
1.5 Alcance.	12
1.6 Limitaciones.	12
1.7 Reglamentación y Normatividad	12
CAPITULO II: DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA	14
2.1 Ubicación de la Estación de bombeo	14
2.2 Descripción del Sistema de Bombeo de Agua.	16
2.3 Descripción de la Estación de Bombeo de Agua.	20
2.4 Trabajos en los pontones.	22
CAPITULO III: FUNDAMENTO TEORICO	25
3.1 Representación de las Formas	25
3.2 Flotabilidad y Desplazamientos	27
3.3 Atributos de la carena	29
3.4 Estabilidad Intacta	29

3.5 Software Autodesk Simulation Multiphysics (Ex Algor)	35
3.6 Introducción al Método de Elementos Finitos	38
3.7 Fundamentos Teóricos del Método de Elementos Finitos	39
3.8 Teoría de Falla por Energía de Máxima Distorsión	41
3.9 Resistencia Longitudinal	42
CAPITULO IV: DESARROLLO DEL DISEÑO	47
4.1 Requerimientos del Propietario	47
4.2 Estimación de las Dimensiones.	49
4.3 Líneas de Forma.	66
4.4 Curvas Hidrostáticas.	66
4.5 Curvas Cruzadas.	67
4.6 Anteproyecto De Estructuras.	67
4.7 Cálculo de la Estabilidad Inicial Transversal	84
CAPITULO V: EVALUACION ECONOMICA	95
5.1 Generalidades	95
5.2 Evaluación	95
5.3 Cálculo de Costos	96
5.4 Evaluación Económica	100
CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	106
BIBLIOGRAFIA	107
ANEXOS	109
PLANOS	110

PROLOGO

Desde el inicio de sus operaciones, la Compañía Pan American Silver Perú S.A.C, se ha preocupado por el entorno, su ecosistema y su comunidad. Su política del buen vecino se basa en formar parte integral de los pueblos de su zona de influencia, interesándose por sus necesidades y problemas, es así que siempre están dispuestos a dialogar y aplicar herramientas de gestión social destinadas a lograr el desarrollo de la comunidad.

Para alcanzar el tan ansiado desarrollo ha puesto énfasis en aplicar estrategias que fomenten el avance de las capacidades locales y brinden las oportunidades a la población para desenvolverse en actividades económicas paralelas a la minería con el fin que se conviertan en autosostenibles y generen sus propias empresas. Estas acciones son el resultado de una política de responsabilidad social empresarial, la cual revela su compromiso por realizar un trabajo en conjunto con la comunidad y contribuir a mejorar la calidad de vida de la población; para esto la empresa planifica y pone en ejecución de manera concertada proyectos de desarrollo comunitario participativo, convirtiendo a la comunidad en protagonista de su cambio.

Uno de estos proyectos es el denominado “Facilidades Asociadas a la Infraestructura de la Mina Morococha”, en el cual se desarrolla la Ingeniería de detalle y construcción de un nuevo campamento minero denominado “El Golf”, el

mismo que albergará y será centro de operaciones del personal administrativo y técnico que labora en la unidad minera. Dentro de este diseño, el sistema de provisión de agua para el campamento, es una de las obras mecánicas de mayor relevancia debido a que esta será recolectada desde la fuente más cercana, que es la laguna de Huacracocha, mediante un sistema de bombeo conformado por 02 bombas verticales, ubicadas dentro de la laguna que impulsarán el líquido hacia un tanque de paso y desde ahí se distribuirá por gravedad hacia un tanque de almacenamiento que posteriormente abastecerá las instalaciones del campamento.

En el presente Informe de Suficiencia se ha desarrollado el Anteproyecto de los pontones metálicos, que surge ante la necesidad de contar con una estructura flotante que soporte ambas bombas, tomando en consideración los requerimientos de operación por parte del usuario final, asegurando la estabilidad inicial del pontón y adoptando factores de seguridad que garanticen la resistencia estructural de los pontones. Se realizó el presente Informe, con la autorización y apoyo del Jefe del Proyecto de Panamerican Silver, empresa administradora de la Cía Argentum, quien brindó todas las facilidades del caso para el desarrollo del Informe.

Este Informe se desarrolla en 5 Capítulos, que se describen brevemente a continuación:

El **Capítulo I**, denominado **INTRODUCCION**, corresponde a una descripción general del Informe del anteproyecto, señalando los antecedentes relacionados, se fijan los objetivos generales y los objetivos específicos, se establecen los alcances del anteproyecto a realizarse junto con la justificación, limitaciones técnicas y normatividad que influyeron en el desarrollo del mismo.

El **Capítulo II**, denominado **DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BOMBEO**, corresponde al sistema de bombeo desde la Laguna Huacracocha hasta el campamento El Golf, indicando la ubicación geográfica de ambos lugares, en éste capítulo se describe la estación de bombeo flotante conformada por los pontones, las bomba y demás accesorios que parten desde la laguna hasta el tanque de paso, indicando los trabajos que se realizarán en los pontones durante la operación de las bombas.

El **Capítulo III**, denominado **FUNDAMENTO TEORICO**, corresponde a las teorías utilizadas para el desarrollo del anteproyecto, explicando conceptos de la teoría del buque, tales como las líneas de forma atributos de la carena, estabilidad inicial, así como también conceptos relacionados al cálculo de las estructuras mediante el método de Elementos Finitos utilizando el software Autodesk Simulation Muliphysics (Ex -Algor).

El **Capítulo IV**, denominado **DESARROLLO DEL DISEÑO**, corresponde al desarrollo del anteproyecto en el cual se determinan las dimensiones principales del flotador, plataforma y demás elementos estructurales, luego se hace la comprobación estructural utilizando el software de elementos finitos y demás estructuras y finalmente se realiza el cálculo de la flotabilidad y estabilidad inicial que asegure su buen desempeño en condiciones de operación.

En el **Capítulo V**, denominado **EVALUACION ECONOMICA**, se hace la estimación de costos que intervienen en la fabricación y construcción de los pontones, para luego realizar la evaluación económica que nos indique la

rentabilidad del proyecto a través de los indicadores como el VAN el TIR y el periodo de recuperación de capital.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La Cía Minera Argentum, viene culminando los trabajos de construcción del campamento El Golf, los cuales obedecen a un proceso de reubicación del campamento actual, ubicado en la ciudad de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín, hacia la zona conocida como Sierra Nevada ubicada a 2.00 Km al noroeste de Morococha, todo esto como parte del Proyecto Toromocho de la Empresa Minera Chinalco, el cual contempla la explotación de los recursos minerales, ubicados en dicha ciudad, bajo la modalidad de explotación a tajo o cielo abierto, es decir, la explotación de los minerales en la superficie del terreno, para la obtención de concentrado de cobre, durante un periodo de 30 años.

Las nuevas instalaciones, del campamento El Golf, requieren contar con la infraestructura adecuada para asegurar el funcionamiento de las operaciones en la unidad minera, las cuales a su vez requieren de una serie de servicios que permitan satisfacer las necesidades básicas del personal técnico-administrativo y las actividades relacionadas a la operación minera.

La Infraestructura asociada constará de los edificios e instalaciones indicados en la **Tabla 1.1**, mientras que los servicios serán los indicados a continuación:

Sistema de Aire Comprimido, para funcionamiento de sistemas hidroneumáticos que operan en interior mina.

Sistema Diesel, el campamento contará con una estación de suministro de combustible Diesel D-2 para vehículos livianos tales como camionetas pick – up y para vehículos pesados tales como volquetes, ómnibus y carros mineros.

Sistema GLP, que servirá para abastecer los servicios de Lavandería y cocina.

Sistema Eléctrico de Baja y Media Tensión de 4.16 kV y 22.9 kV. los cuales serán distribuidos dentro de la Unidad minera mediante subestaciones eléctricas, para satisfacer la demanda de las operaciones de acuerdo al **Tabla 1.2**.

Sistema de Agua, el cual será utilizado para abastecimiento de Agua Potable, Agua contra Incendio y Agua para uso industrial de los talleres y operaciones mineras.

Tabla 1.1 Instalaciones del campamento El Golf.

	INSTALACION	USO / DESCRIPCION
1.	Bunkhouse 1, 2 y 3	Para alojamiento de personal, técnico y administrativo.
2.	Edificio de Administración	Destinado para albergar las oficinas y ambientes relacionados a la operación minera en general y Planta Concentradora.
3.	Edificio de Seguridad y Lavandería	Integra los ambientes de seguridad y control de accesos, vestidores y central de lavandería, entre otros ambientes comunes como despacho de guardia y ambiente par cargado y entrega de lámparas.
4.	Laboratorio	Se distinguen 02 áreas, para laboratorio químico y para ensayos de Medio Ambiente.
5.	Edificio de Mantenimiento y Almacén	Se distinguen 02 áreas : Mantenimiento donde estarán ubicados los talleres mecánico y eléctrico así como la grúa puente de 10 ton métricas de capacidad y la zona de Almacén para el personal de logística.
6.	Edificio de comedor, cocina y club	Destinado para el preparado de alimentos, ambientes para consumo de alimentos y área de esparcimiento
7.	Edificio de Almacén de Madera	Consta de 02 áreas: una destinada para almacenamiento de madera y un espacio abierto para almacenamiento de equipos grandes.
8.	Casa de Compresoras	Edificio destinado para albergar las compresoras.
9.	Planta de Tratamiento De Agua Potable	Destinada a potabilizar una parte del agua proveniente de la Laguna Huacracocha que servirá para consumo humano.
10.	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	Destinada al tratamiento del agua efluente del uso humano a fin de eliminar los contaminantes físicos químicos presentes.
11.	Area de Balanza de camiones.	Destinada para el pesaje de volquetes provenientes de las bocaminas.
12.	Area de Dispensador de combustible Diesel	Consta de isla de despacho, tanque de almacenamiento y zona de bombas.
13.	Area de GLP	Destinado al almacenamiento de tanques de GLP.

FUENTE Análisis de Máxima Demanda Campamento El Golf -Año 2010

Tabla 1.2: Distribución de Baja y Media Tensión en Campamento El Golf.

ITEM	DESCRIPCION DE CARGA	VOLTAJE
1.0	Casa de Compresoras	22.9 kV
2.0	Bocaminas:	22.9 kV
2.1	Sulfurosa	
2.2	Pique María	
2.3	Manuelita	
2.4	Codiciada	
2.5	Alapampa	
2.6	Yacumina	
3.0	Planta Concentradora	22.9 kV
4.0	Estación de Bombeo Huacracocha	22.9 kV
5.0	Subestaciones Eléctricas:	22.9 kV
5.1	SE-001	
5.2	SE-002	
5.3	SE-003	
6.0	Bocamina Sierra Nevada	4.16 kV
7.0	Edificios:	220 V
7.1	Administración	
7.2	Seguridad	
7.3	Lavandería	
7.4	Cocina y Comedor	
7.5	Alojamientos	
7.6	Laboratorio	
8.0	Zona de Balanza	220 V
9.0	Edificio de Taller de Mantenimiento	440 V
10.0	Edificio de Almacén	440 V
11.0	Sistema de combustible	440 V
12.0	Planta de Tratamiento de Desagüe.	440 V
13.0	Planta de Tratamiento de Agua potable	440 V

FUENTE Análisis de Máxima Demanda Campamento El Golf -Año 2010

El presente informe se desarrolla a partir de la Ingeniería detallada del Sistema de Agua, la cual contempla que el suministro se hará recolectando el agua desde la fuente más cercana al campamento, que es la laguna de Huacracocho mediante un sistema de bombeo, compuesto por 02 bombas verticales, ubicado en la misma laguna, siendo el objetivo principal del informe, el diseño de la estructura flotante tipo pontón que soportará las bombas que impulsarán el agua hasta los tanques de almacenamiento que distribuirán al campamento.

1.1 ANTECEDENTES :

El antiguo campamento de Argentum localizado en la ciudad de Morococha, se abastece de agua, mediante el uso de camiones cisterna que recogen el agua desde la laguna San Antonio ubicada 1.5 km al norte del campamento como se observa en la **Figura 1.1**.

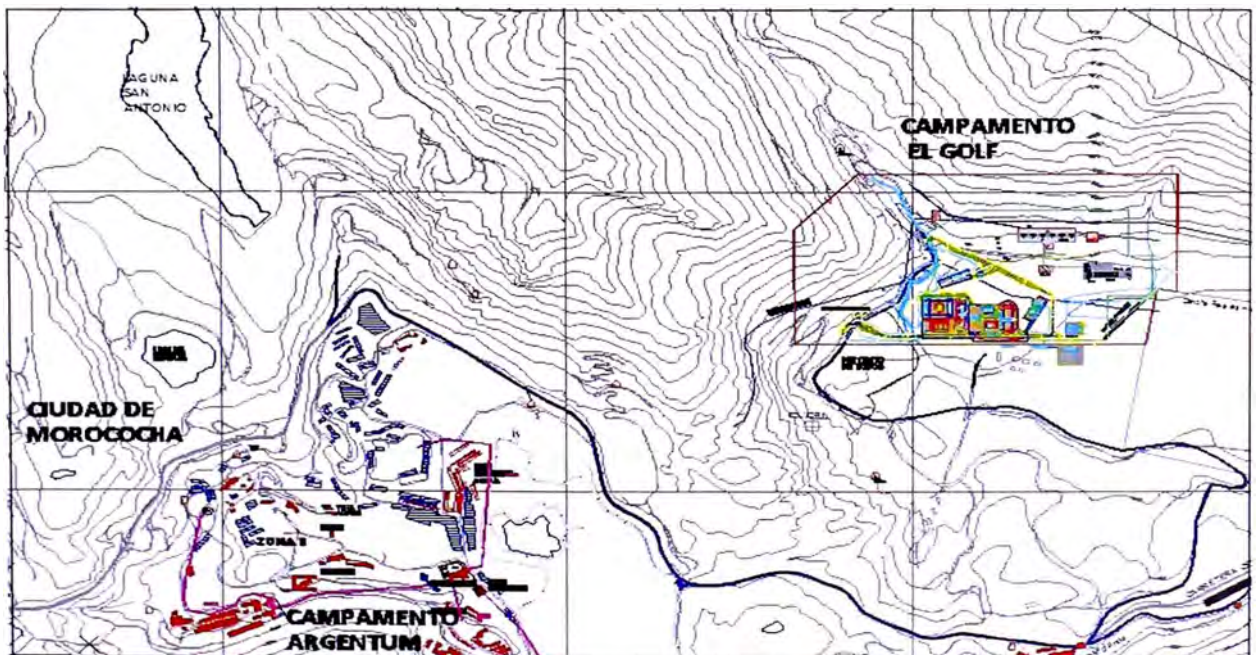


Fig. 1.1 : Ubicación Laguna San Antonio y Campamento Argentum en ciudad de Morococha- 2010

Sin embargo, debido a los altos costos que representa el tratamiento para potabilizar el agua que proviene de San Antonio y a la necesidad de contratar un servicio de camiones cisterna para su transporte, el nuevo campamento, El Golf, ha sido proyectado para contar con un sistema de bombeo de agua proveniente desde la laguna Huacracocha, **Figura N° 2.2**, que posteriormente será potabilizada en la Planta de Tratamiento ubicada en las instalaciones del campamento.

La laguna Huacracocha presenta una serie de ventajas comparada con San Antonio, siendo las más relevantes:

El nivel de agentes físicos-químicos que contribuyen a encarecer la potabilización del agua, es menor en Huacracocha.

El volumen de agua de Huacracocha es aproximadamente 12 veces mayor que el volumen de agua de San Antonio.

La geografía de la zona durante el recorrido de la línea de agua desde Huacracocha, presenta menor cantidad de quiebres y cambios bruscos de nivel, lo cual contribuye a un menor uso de accesorios hidráulicos tales como válvulas de alivio, codos, acoples, etc, los cuales son los causantes de pérdidas de carga por fricción.

La facilidad de acceso hacia Huacracocha y a las zonas de instalación de la línea permitirá un mejor desplazamiento del material y del personal que laborará en las inmediaciones.

1.2 OBJETIVO GENERAL:

Obtener el anteproyecto de los pontones que soporten las bombas verticales de 100 HP y 1.6t, que forman parte de la estación de bombeo, que abastecerá de agua el nuevo campamento, El Golf, de la Cía Minera Argentum.

1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

Realizar el diseño estructural de los pontones apoyado en el análisis computacional.

Realizar el cálculo de la estabilidad de los pontones.

Realizar la estimación de costos de fabricación de los pontones.

1.4 JUSTIFICACIÓN:

El presente informe nace por la necesidad de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo de la especialidad de Ingeniería naval, para satisfacer la necesidad de la Cía Minera Argentum, de contar con 02 artefactos navales, tipo pontón, que soporten las 02 bombas verticales de 100 HP que forman parte de su sistema de bombeo de agua hacia el nuevo campamento denominado El Golf, los cual deben de cumplir con ciertos requerimientos que aseguren la resistencia estructural y estabilidad para las condiciones de operación de las bombas, las mismas que se detallarán en los siguientes capítulos.

1.5 ALCANCE:

El alcance del trabajo comprende el diseño de los pontones que soportarán las bombas verticales de 100 HP, sin considerar, el cálculo y selección de éstas últimas, ni las instalaciones mecánicas y eléctricas que forman parte de toda la estación flotante ni el amarre de los pontones.

1.6 LIMITACIONES:

Los pontones diseñados serán de uso exclusivo para operación y mantenimiento de las bombas, mas no serán utilizados para navegación.

El diseño de los pontones, está centrado en la obtención de las formas y comprobación de la resistencia estructural de los mismos, mas no del cálculo y selección del sistema de bombeo.

Los trabajos a realizarse en los pontones están limitados a operaciones de mantenimiento y reparaciones menores que no requieran el desmontaje total o parcial de la bomba.

1.7 REGLAMENTACIONES Y NORMATIVIDAD :

La información documentada, para el desarrollo de éste tipo específico de pontones, es muy escasa debido a que las normas navales han sido establecidas para naves y artefactos navales que navegan y cumplan con ciertas características físicas y de operación que se adapten a estas.

Asimismo, otras de las dificultades al empleo de alguna recomendación técnica conocida están basadas en las dimensiones físicas, las cuales en la

mayoría de normas se establece que la eslora mínima o largo mínimo se da a partir de los 12m de longitud, mientras que en el presente informe, los pontones a desarrollar tiene como dimensión una eslora 3.5m. Por tal razón el diseño estructural se basó en artefactos similares ya construidos aplicando factores de seguridad que garanticen la resistencia estructural.

CAPITULO II

DESCRIPCION DEL SISTEMA DE BOMBEO AGUA

2.1 UBICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO:

La Estación de bombeo flotante estará posicionada en la Laguna de Huacracocha, la cual está ubicada a la altura del Km 138 de la carretera Central en la provincia de Yauli, Junín, a un nivel aproximado de 4,620 msnm, entre las coordenadas topográficas N 8719000 E 373000 y N 8718000 E 375000 como se puede apreciar en la **Figura N° 2.2:**

Esta Laguna, es una fuente natural con un volumen para almacenamiento de agua, de 49'199,065.73 m³, el **Plano N° 02** muestra la batimetría de la Laguna, la cual es alimentada por el agua que escurre superficialmente por las laderas de la cuenca que encierra la laguna y por las precipitaciones que caen directamente sobre ella de acuerdo a datos de precipitaciones que se muestran en **Tabla 2.1**, obtenidos de las estaciones hidrometeorológicas, ubicadas en las zonas aldeanas a Huacracocha, mostradas en la **Figura N° 2.1.**

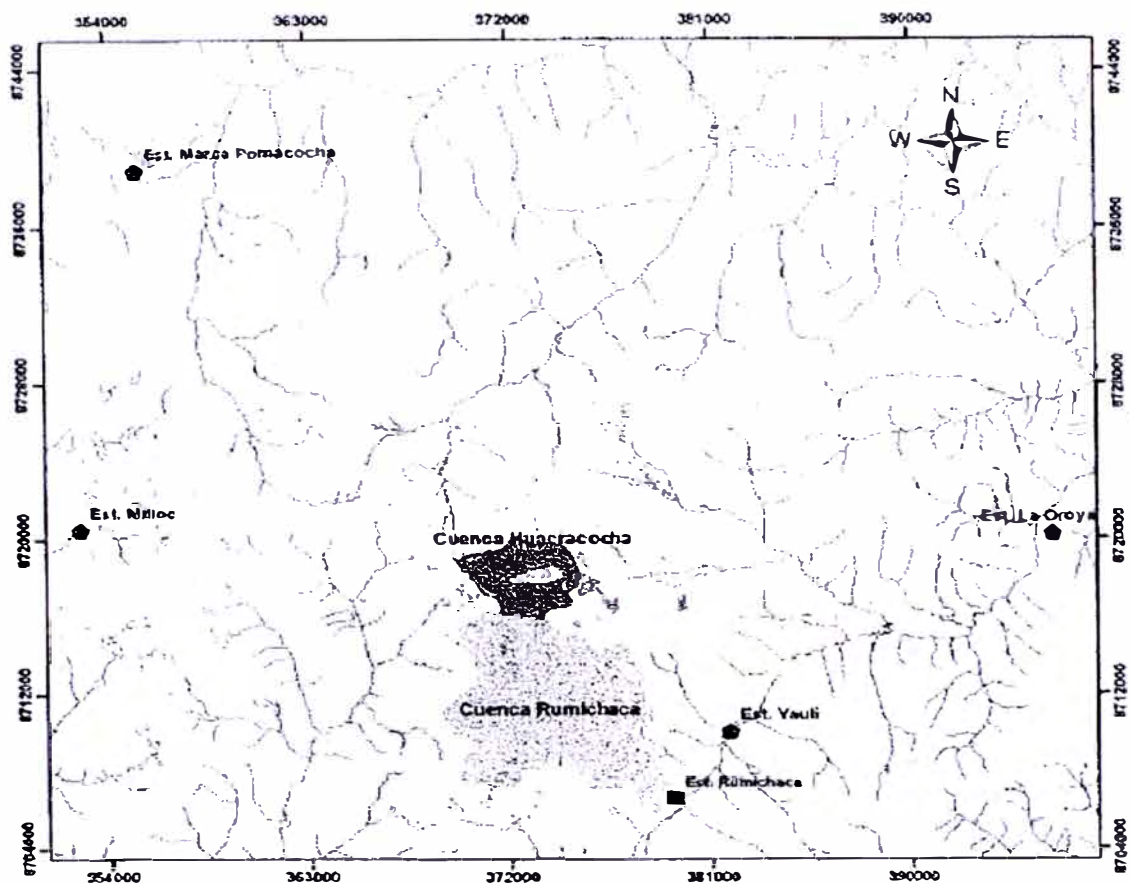


Fig. N° 2.1 Ubicación de Estaciones Hidrometeorológicas **Fuente:** Estudio Hidrológico Laguna Huacracoche –SVS Ingenieros- Año 2010.

Tabla 2.1: Información Meteorológica Laguna Huacracoche.

Precipitación Total Anual en milímetros (mm)	ESTACIONES HIDROMETEOROLOGICAS			
	Marcapomacocha	Milloc	Yauli	La Oroya
Promedio	966.1	905.2	781.2	617.3
Mínima	662.8	522.2	482.5	409.2
Máxima	1227.3	1369.6	1155.4	782.8

Fuente: Estudio Hidrológico Laguna Huacracoche - SVS Ingenieros - Año 2010

El nuevo campamento de Argentum, El Golf, se ubicará entre los 11° y 12° de latitud Sur, en la zona denominada Sierra Nevada, en la Operación Minera Morococha, Provincia de Yauli, Región Junín altura del Km. 140 de la carretera Central, entre las coordenadas topográficas N 8716500 – E 374000 y N 8719000 – E 379000 que se muestran en la **Figura 2.2**.

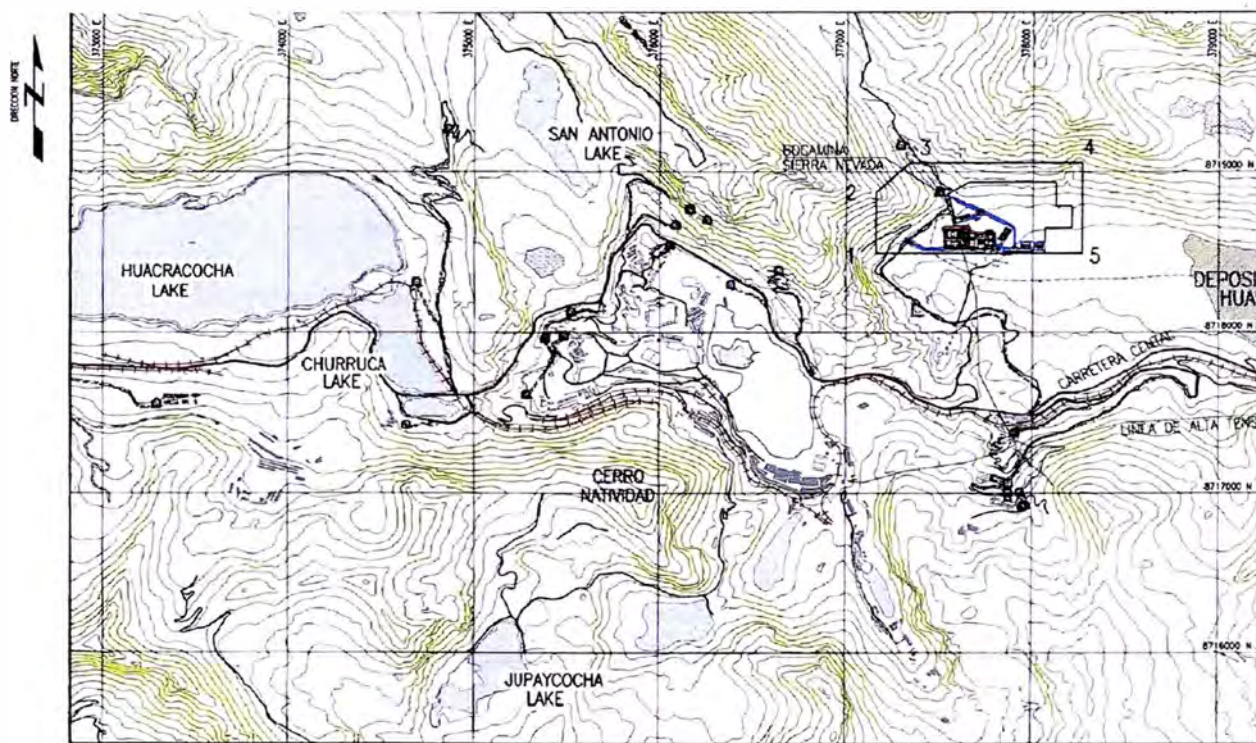


Fig. N° 2.2 : Ubicación del Proyecto entre los niveles 4,380 msnm y 4,640 msnm Año 2010

2.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA:

Como parte del funcionamiento del nuevo campamento de la Cía Minera Argentum, denominado El Golf, en la zona de Sierra Nevada, se tiene como una de las principales necesidades, el abastecimiento de agua para los diversos servicios que se requerirán dentro de las instalaciones del

mismo y otros campamentos fuera de la zona de Sierra Nevada que también pertenecen a la Unidad Minera Argentum.

Los principales servicios en los que será utilizada el agua son los que se detallan a continuación:

Agua Potable, es el agua fresca o cruda que proviene de Huacrachocha la cual es potabilizada en la Planta de Tratamiento del campamento; ésta agua será utilizada para consumo humano en las instalaciones del campamento el Golf y para las unidades Alpamina y Manuelita.

Agua para uso Industrial, es el agua fresca o cruda que proviene directamente desde la laguna Huacrachocha, la cual no es procesada en la Planta de Tratamiento ya que será utilizada como agua para el sistema Contra Incendio y para labores específicas en el taller de mantenimiento y para alimentación de los equipos hidroneumáticos en mina.

2.2.1 Sistema de Suministro de Agua Fresca:

El recorrido del agua fresca se podrá visualizar de forma general en la **Figura N° 2.3** de acuerdo al P&ID del plano PM-160895-3200-1-1104 identificado como **Plano N° 01**. A continuación se detalla brevemente el recorrido de la Línea de agua, la cual comienza en Huacrachocha y culmina con la distribución en el campamento El Golf.

2.2.1.1 Desde Laguna Huacracocha hasta el tanque de paso 3200-TK-002:

El suministro de agua se inicia en la laguna Huacracocha, en donde se instalará una estación de bombeo flotante, la cual contará con dos bombas (3200-PU-001: en operación y 3200-PU-002: en reserva) verticales tipo turbina. Las bombas transportarán agua a razón de 333 m³/h (92.5 l/s), hacia el tanque de paso (3200-TK-002) de 300m³ ubicado en el nivel 4637.8 msnm y a 316 m de distancia de la estación flotante.

2.2.1.2 Desde el tanque de agua fresca 3200-TK-002 hasta el tanque de almacenamiento de agua fresca 3200-TK-003:

El tanque de paso, 3200-TK-002, abastecerá por gravedad al tanque de almacenamiento (3200-TK-003) de 1300 m³, a través de un pipeline de aproximadamente 5 km. de longitud, pasando por las Bocaminas Alpamina y Codiciada; en su recorrido abastecerá a los consumidores que se muestran en la **Tabla 2.2:**

Tabla 2.2: Consumos de agua para operaciones.

	San Antonio	Potosí	Agua potable	Tanque Manuelita	Sulfurosa	Codiciada	Tanque 3200-TK-003
Caudal (m³/h)	21.6	9.0	23.4	39.6	32.4	43.2	162.0
Caudal (l/s)	6	2.5	6.5	11.0	9.0	12.0	45.0

Fuente: Estudio “Alternativas de agua “ GMI - Año 2010.

2.2.1.3 Desde tanque desde agua fresca 3200-TK003 hasta el tanque de Almacenamiento de Agua Potable 3200-TK-004:

El tanque de almacenamiento 3200-TK-003 recibe agua a razón de $162 \text{ m}^3/\text{h}$ (45 l/s), este tanque a su vez abastecerá a las siguientes unidades: La Nueva Planta Concentradora con un caudal de $144 \text{ m}^3/\text{h}$ (40 l/s), Bahía de mantenimiento con un caudal de $7.2 \text{ m}^3/\text{h}$ (2 l/s), y Planta de Tratamiento de Agua Potable con un caudal de $10.8 \text{ m}^3/\text{h}$ (3 l/s). Desde esta última, se bombeará agua potable hacia Alpamina a razón de 1.2 l/s . Los 1.8 l/s restantes se enviarán hacia las Nuevas Instalaciones de Oficinas, Almacenes, comedor, lavandería y dormitorios, en el campamento El Golf.

El tanque de almacenamiento 3200-TK-003 también abastecerá de agua para uso contra incendio en caso de algún siniestro, para lo cual se cuenta con una reserva mínima de 340 m^3

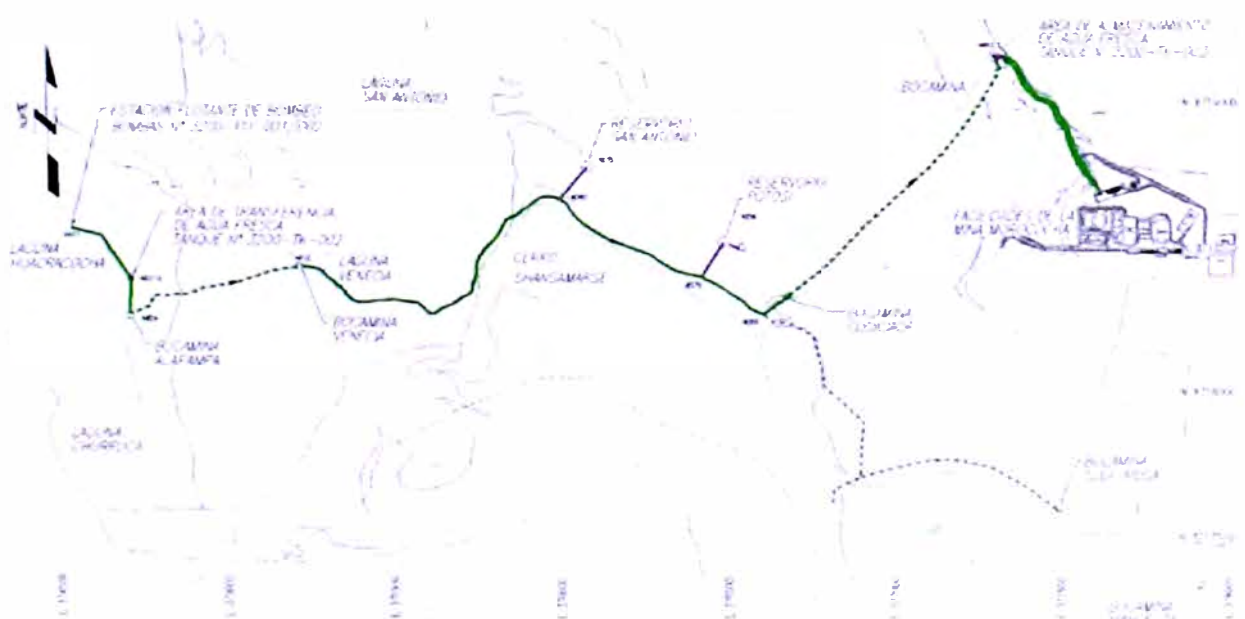


Fig. N° 2.3 Recorrido de la Línea de Agua : Laguna Huacracocho - Campamento El Golf.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA:

La estación de bombeo de agua, está conformada por 02 bombas tipo verticales de 100 HP, siendo una de éstas la bomba principal, de código 3200-PU-001, que funcionará permanentemente impulsando el agua desde la laguna Huacracocha, mientras que la segunda bomba, de código 3200-PU-002, será de reserva y funcionará en caso que la bomba principal sufra algún desperfecto o requiera algún mantenimiento que obligue a detener su operación por un tiempo determinado el cual conlleve a desabastecer de agua el tanque de almacenamiento 3200-TK-003. Cada una de estas bombas irán soportadas sobre 02 pontones, los cuales estarán flotando en la Laguna Huacracocha y desde ahí se bombeará el agua, mediante una línea de tuberías de 8" hasta el tanque de paso 3200-TK-002 (Ver **Figura N° 2.4**).

2.3.1 Configuración de Pontón:

Como se ha mencionado anteriormente, la estación de bombeo flotante de Huacracocha, constará de 02 pontones independientes entre sí, sobre las cuales se colocarán (02) Bombas verticales de 100 HP (3200-PU-001 Principal y 3200-PU-002 de Reserva), cuyas especificaciones se detallan en el **Anexo 1**.

Cada pontón tendrá los siguientes equipos y accesorios:

Mecánico:

- (01) Bomba vertical de 02 etapas y 100 HP.
- (01) Válvula Check de 8".
- (03) Bridas de 8".

- Tubería de 8", con una longitud que irá desde la descarga de la bomba hasta donde termina el pontón.

Eléctrico:

- (01) Caja de Pase para conduits eléctricos.

Las descarga de cada bomba es de 8" la cual se empalma mediante una brida con una tubería de acero de 8" hasta el borde donde termina el pontón, en éste corto tramo irá ubicada una válvula check de 8" para evitar el retorno del agua cuando se apague la bomba.

Desde el pontón saldrá 01 línea de tubería HDPE de 8" la cual irá sobre el agua con sus respectivos flotadores (cuyo cálculo está fuera del alcance del presente informe) y llegará a la orilla, ubicada a 12m de los pontones, a una estructura metálica tipo "Y" donde se unirán las 02 líneas de 8", (de la bomba principal y de la bomba Stand by), en éste recorrido de la orilla y antes de llegar a la estructura tipo "Y", irán ubicadas 02 válvulas compuertas de 8", una para cada línea cuya principal función será habilitar o restringir el flujo de agua a través de las tuberías.

A partir de la estructura tipo "Y", las 02 líneas de 8" se unirán en una sola tubería de 10" la cual llegará hasta el ingreso del tanque de paso 3200-TK-002 ubicado a 300 m de la estructura tipo "Y". **La Figura N° 2.4** muestra una vista de planta general del arreglo y el **Plano N° 03** muestra la ubicación de la Estación de Bombeo con la topografía de la zona.

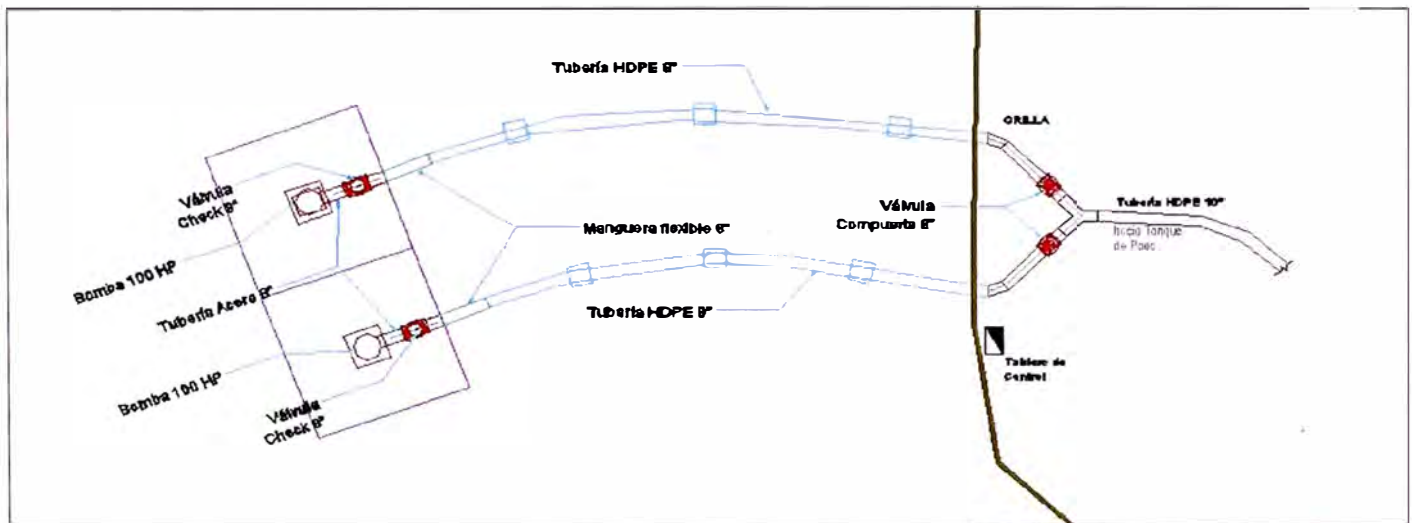


Fig. N° 2.4 Vista General de Sistema de bombeo en pontones.

2.4 TRABAJOS EN LOS PONTONES:

En los pontones se realizarán trabajos que no necesiten el desarme parcial o total de las bombas, es decir, todos aquellos que no requieran el uso de grúas o teclé para el desmontaje del impulsor y que signifiquen cambios bruscos en la ubicación del centro de gravedad del pontón evitando procedimientos de trabajos con cuerpos colgantes que generen escoras peligrosas. Los trabajos a realizarse sobre el pontón corresponden a la operación de las bombas, revisiones e inspecciones periódicas, y aquellas reparaciones menores producto de algunas fallas como las que se muestran en la **Tabla 2.3** :

Tabla 2.3: Fallas en Bombas verticales

Problema	Causa Posible	Solución Posible
Vibración y ruidos en la Bomba	Falta de agua en la bomba	Llenar y purgar la bomba
	No hay aspiración	Verificar si hay alguna obstrucción en la aspiración.
La bomba no arranca	No hay tensión en los bomes	Verificación de la potencia o comprobación del relé de seguridad del motor.
	El interruptor de seguridad térmica del motor se activó.	Restablecer la seguridad térmica del motor.
El motor funciona pero la bomba no funciona.	Acoplamiento entre motor y bomba está flojo.	Ajuste de tornillos de conexión al par recomendado.
La bomba no suministra una capacidad o presión suficiente.	La Válvula de entrada o de salida está cerrada	Abrir las 02 válvulas.
	Hay aire en la Bomba	Purgar la bomba
	La bomba gira en dirección incorrecta.	Cambie L1 y L2 en el suministro trifásico.
Desgaste excesivo del impulsor	Erosión	Asegurarse que la bomba se encuentre a una altura suficiente del pozo de agua.

Fuente: Manual de Operaciones y mantenimiento de ITT Goulds Pump

Para reparaciones en las que se requiera desmontar la bomba, ésta será remolcada con el pontón, mediante el uso de cabos, hasta la orilla donde estará esperando una grúa tipo Telescópica, TEREX, que ayudará en las maniobras para el retiro de la bomba del pontón y posteriormente llevarla a

taller para trabajos de mantenimiento correctivo que impliquen reemplazo de piezas o para alguna reparación mayor, mientras tanto entrará a operar la bomba de reserva. El procedimiento de montaje y desmontaje se hará acercando el pontón a la orilla, que de acuerdo al perfil de la laguna que se muestra en la **Figura N° 2.5**, la distancia entre ambos puede ser hasta 4 metros la cual está dentro de los rangos de alcance del brazo de la grúa para la maniobra de izaje, una vez posicionado el pontón primero se fijará el impulsor de la bomba con el pontón, posteriormente se montará el motor sobre el impulsor y se ajustarán los pernos de la brida que une ambos elementos. En el **Anexo 03** se muestran las especificaciones y rangos de alcance de la grúa TEREX.

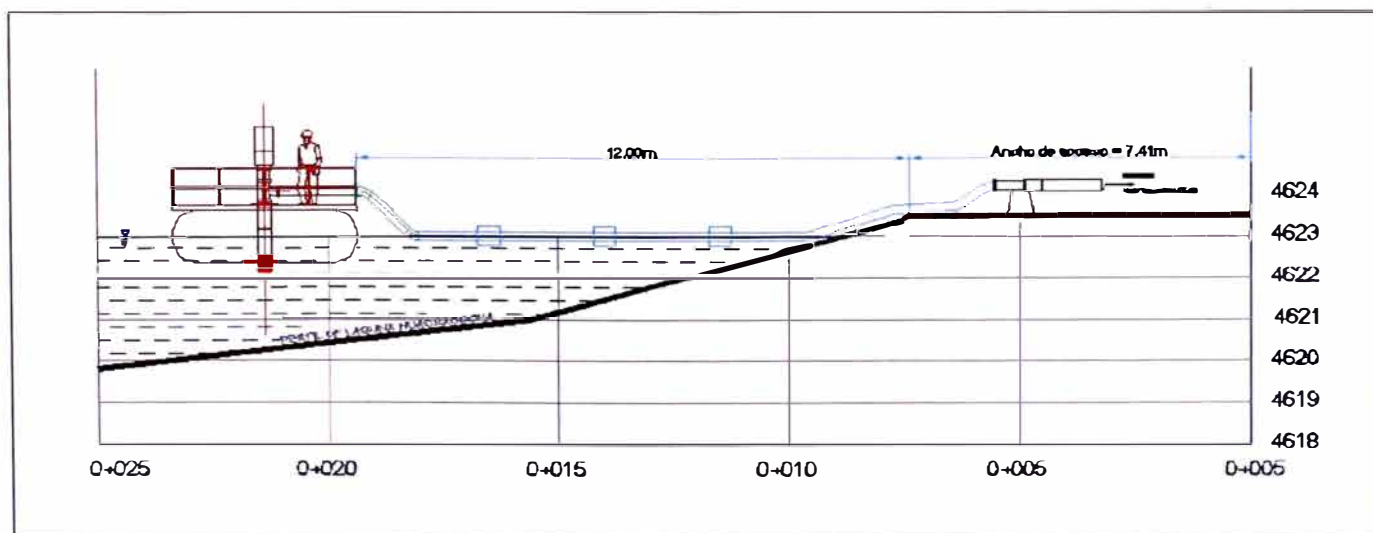


Fig. N° 2.5 Perfil de pontones respecto a la orilla.

CAPITULO III

FUNDAMENTO TEORICO

3.1 REPRESENTACIÓN DE LAS FORMAS:

El dibujo del Plano de formas representan la superficie interior o exterior del Casco de un buque o artefacto Naval (“Construcción naval destinada a cumplir en el agua funciones de complemento de actividades marítimas, fluviales o lacustres, tales como diques, grúas, gabarras, gánguiles, chatas, grifos flotantes, pontones, plataformas flotantes, balsas u otros similares”)¹, teniendo curvatura en dos direcciones, más aun las curvas utilizadas para su trazado se obtienen no a través de expresiones matemáticas, sino por medio de intercepciones del casco con planos paralelos a los planos de referencia, diametral o longitudinal, horizontal y transversal obteniéndose tres serie de curvas que se proyectan sobre los tres planos de referencia indicados, **Figura N° 3.1.**

¹ “Código de Seguridad de Equipos para Naves y Artefactos navales, marítimos, fluviales y lacustres”
DICAPI – Año 2003 – Pág. 63

- **Plano Diametral o Longitudinal**, es un plano vertical trazado en dirección Proa-Popa, plano de simetría del buque o artefacto naval y que la proyección ortogonal del buque sobre él, nos da su contorno longitudinal en dicho plano.
- **Plano Horizontal Base o Plano Base**, es un plano paralelo al plano de Flotación de Trazado, de proyecto o de verano, y que pasa por la línea de quilla, en un buque sin Asiento de Trazado, o por la Línea Base si lo tiene
- **Plano transversal**, es un plano vertical y por tanto perpendicular al Plano Base, y también al Diametral; este Plano, para que sirva de referencia para las coordenadas horizontales longitudinales que necesitamos, para determinar un punto en el buque.

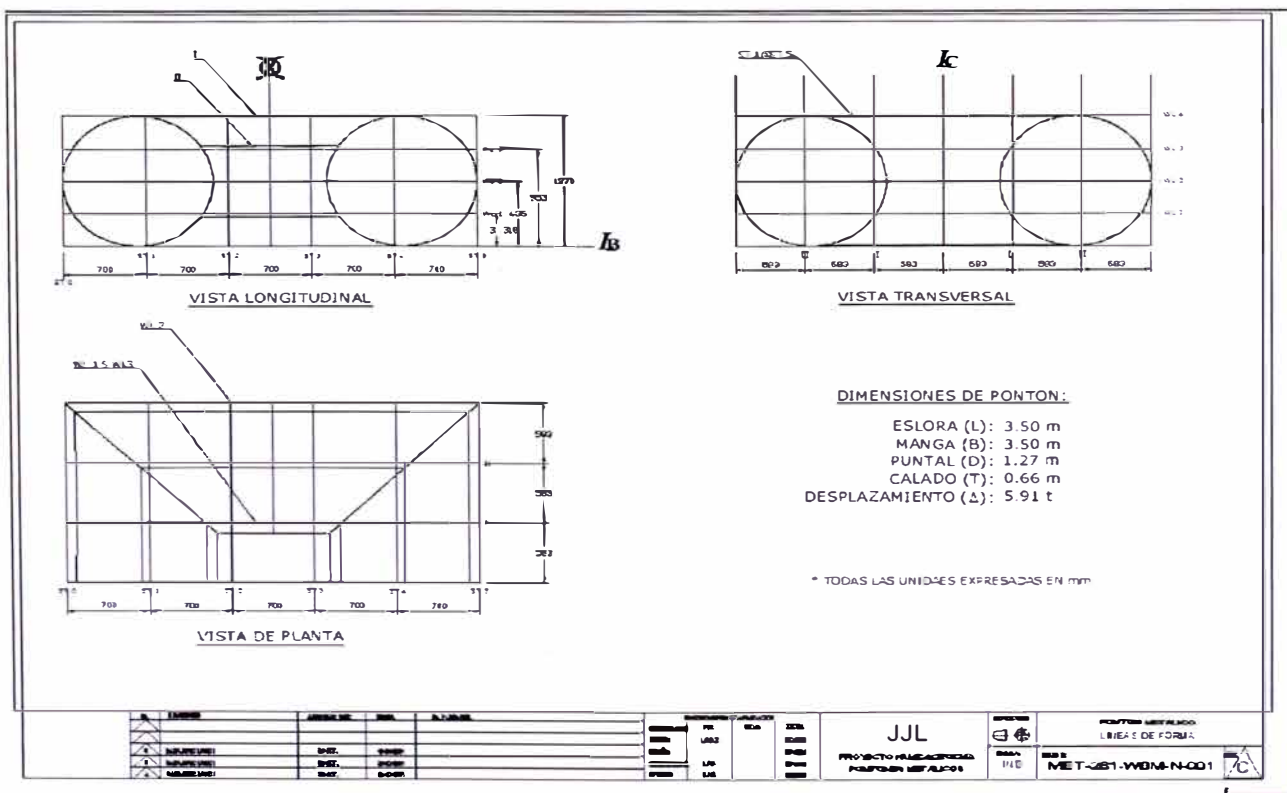


Fig. N° 3.1 Representación de las Líneas deforma de un pontón

3.2 FLOTABILIDAD Y DESPLAZAMIENTOS:

3.3.1 Flotabilidad:

Una de las condiciones que deben de satisfacer los buques entre otras es la flotabilidad, mediante la cual, cuando el empuje que el líquido en reposo ejerce sobre el buque o artefacto naval, representado por un vector de abajo hacia arriba y aplicado en el centro de figura de volumen sumergido, y cuyo valor según el principio de Arquímedes es el peso del volumen del líquido desalojado por el buque; se haga igual a su peso, cuyo vector va aplicado de arriba abajo en el centro de gravedad; parte del buque emerja.

Resumiendo, para que un buque tenga flotabilidad, su peso deberá ser menor que el del volumen de aguas desalojado por él, para que cuando se haga el equilibrio en sentido vertical, parte del mismo emerja. La parte que emerge, debe cumplir ciertos valores en función de la parte sumergida.

Recibe el nombre de “reserva de flotabilidad de un buque”, al volumen de su obra muerta estanca.

Se le da el nombre de “coeficiente de flotabilidad”, a la relación entre el volumen de la obra muerta estanca o reserva de flotabilidad, y el volumen de la obra viva o muerta.

$$K_f = \frac{\nabla_m}{\nabla}$$

Donde:

K_f : Coeficiente de Flotabilidad

∇_m : Volumen de la Obra Muerta Estanca o Reserva de Flotabilidad

∇ : Volumen de la Obra viva o carena

3.3.2 Desplazamientos:

Se llama desplazamiento, al peso del buque, y es igual al peso del volumen de agua desplazada por su carena. Llamando Δ al desplazamiento, ∇ al volumen de la carena correspondiente, y γ a la densidad del agua en que flota el buque.

Tenemos:

$$\Delta = \gamma \cdot \nabla$$

3.3.2.1 Desplazamiento en Rosca:

Este desplazamiento corresponde a la condición cuando el buque se encuentra completamente construido y con los fluidos en circulación en sus instalaciones, tales como, agua en calderas, condensadores, aceite de lubricación, etc.

3.3.2.2 Peso Muerto:

Es la diferencia entre el “Desplazamiento en carga” y el “Desplazamiento en rosca”, nos indica por tanto la capacidad de carga del buque incluido la condición de servicio del mismo. Comprende los

siguientes conceptos: tripulación, víveres, pertrechos, fluidos y carga; en sus valores máximos.

3.3 ATRIBUTOS DE LA CARENA:

El buque o artefacto naval, es la suma de varios pesos, de los cuales el único que se mantiene inalterable es el peso propio del buque vacío, los demás pesos varían según la condición de carga, por lo que al variar los pesos varía el volumen de la carena y por ende todos los atributos y/o propiedades geométricas que de ésta se desprenden, como lo son el Volumen de carena, desplazamiento en agua dulce y salada, área de flotación, área de sección maestra sumergida, posición del centro de carena (L.C.B.), posición del centro de flotación (L.C.F.), Toneladas por centímetro de aumento de Inmersión (T.P.C.), momento de asiento unitario y corrección de desplazamiento por asiento, posición del metacentro transversal y longitudinal, coeficientes de afinamiento de carena. Estas propiedades o atributos se reflejan en una gráfica en que representa en las ordenadas los diferentes calados para las diversas flotaciones que puede tener el buque o artefacto naval, mientras que en el eje de las abscisas, se representan en una escala determinada los valores de éstas propiedades. La gráfica toma el nombre de Curvas Hidrostáticas y es la que se mostrará en el **Plano N° 05**.

3.4 ESTABILIDAD INTACTA:

Basado en la determinación de la altura metacéntrica (GM), siendo su valor relevante para saber si la embarcación posee buena estabilidad. En el

estudio de estabilidad se analizan dos casos; estabilidad estática y estabilidad dinámica. Para ello primero definiremos lo que es el metacentro y altura Metacéntrica de un buque o artefacto naval:

3.4.1 Metacentro Transversal y Altura Metacéntrica:

Si tenemos un artefacto naval o un buque cualquiera con un cierto volumen de carena V , su centro de carena "B" se encontrará en la posición indicada en la **Figura N° 3.2a**, si ahora escoramos el buque un cierto ángulo σ , pero manteniendo el mismo volumen de carena, el centro de carena cambiará y será B', tal como se aprecia en la **Figura N° 3.2b**, el empuje que en ambos casos seguirá siendo igual al desplazamiento Δ , pasará ahora por B'. Si se prolonga la recta de acción de éste último hasta cortar la recta de acción del empuje inicial, que pasaba por B, tendremos el punto M, el cual se mantendrá inamovible si es que escoramos el buque o artefacto naval en ángulos pequeños, 8° a 12° , éste punto tomará el nombre de Metacentro Transversal.

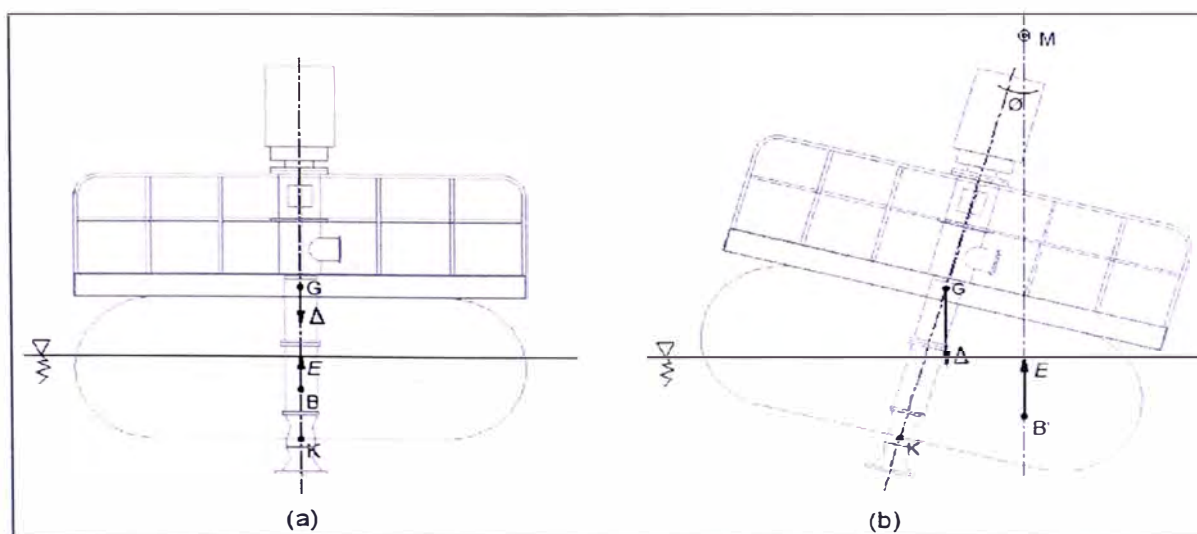


Fig. N° 3.2 Ubicación del centro de carena y metacentro.

De acuerdo a la **Figura N° 3.3** tenemos: que

$$KM = KB + BM$$

Donde:

KM : Posición Vertical del Metacentro

KB : Posición Vertical del Centro de Carena

BM : Radio Metacéntrico

Igualmente, la Posición vertical del Centro del Metacentro se puede calcular de la siguiente manera:

$$KM = KG + GM$$

Donde:

KM : Posición Vertical del Metacentro

KG : Posición Vertical del Centro de Gravedad

GM : Altura Metacéntrica

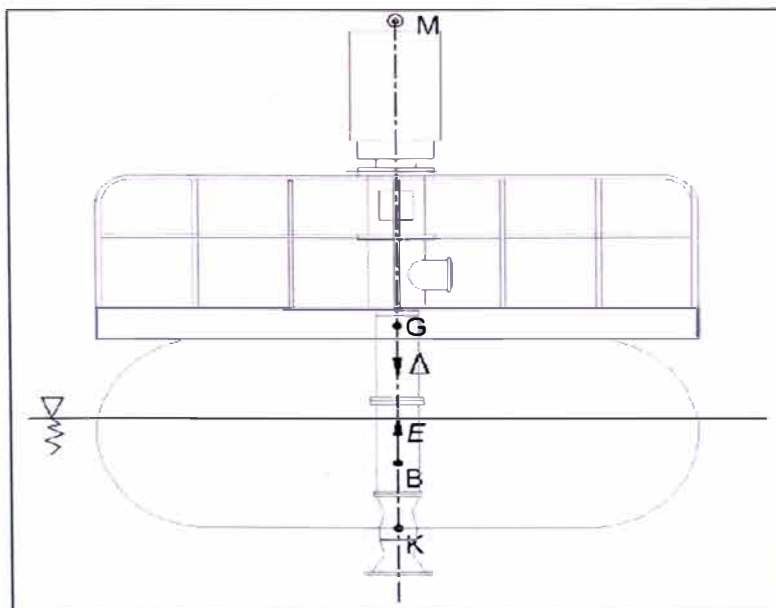


Fig. N° 3.3 Determinación de la Altura Metacéntrica (GM)

La altura metacéntrica GM, es el parámetro que nos permitirá determinar si nuestro buque o artefacto naval, se encuentra en equilibrio estable, inestable o indiferente. Para que un cuerpo flotante, se encuentre en equilibrio se deben de cumplir 2 condiciones:

Peso = Empuje.

Centro de Gravedad “G” y centro de Carena “B” deben estar en la misma vertical, **Figura N° 3.2a.**

El equilibrio como se dijo anteriormente puede ser de 03 tipos:

- ***Equilibrio Estable***, si el cuerpo al ser apartado de su posición original tiende a regresar a éste.
- ***Equilibrio Inestable***, si el cuerpo al ser apartado de su posición original tiende a seguir apartándose.
- ***Equilibrio indiferente***, si el cuerpo al ser apartado de su posición original tiende a mantenerse en su nueva posición.

Tratemos al cuerpo flotante como un cuerpo cualquiera y para determinar el tipo de equilibrio en que se halla, apartémoslo ligeramente de su posición de equilibrio imprimiéndole una pequeña escora “ θ ” tal como se muestra en la **Figura N° 3.4a**, el peso Δ seguirá aplicado en G ya que éste punto inherente al buque como masa, no habrá cambiado. El empuje “E” pasará por el nuevo centro de carena B’. Peso y empuje deberán seguir siendo iguales, ya que continúa cumpliéndose la primera condición básica del equilibrio, pero ya no serán fuerzas opuestas, sino que formarán una

cupla, la cual tiende evidentemente a adrizar, es decir regresar a su posición original de equilibrio, el cuerpo, estamos pues ante un caso de equilibrio Estable, podría haber sucedido que al escorar el cuerpo un ángulo pequeño, el nuevo empuje quedara como se muestra en la **Figura N° 3.4b**, en cuyo caso la cupla tendería a seguir escorándolo y el equilibrio sería Inestable o en la posición que se muestra en la **Figura N° 3.4c**, en la que el peso y el empuje siguen siendo fuerzas opuestas y el cuerpo continúa en equilibrio en la nueva posición, siendo éste caso de equilibrio Indiferente.

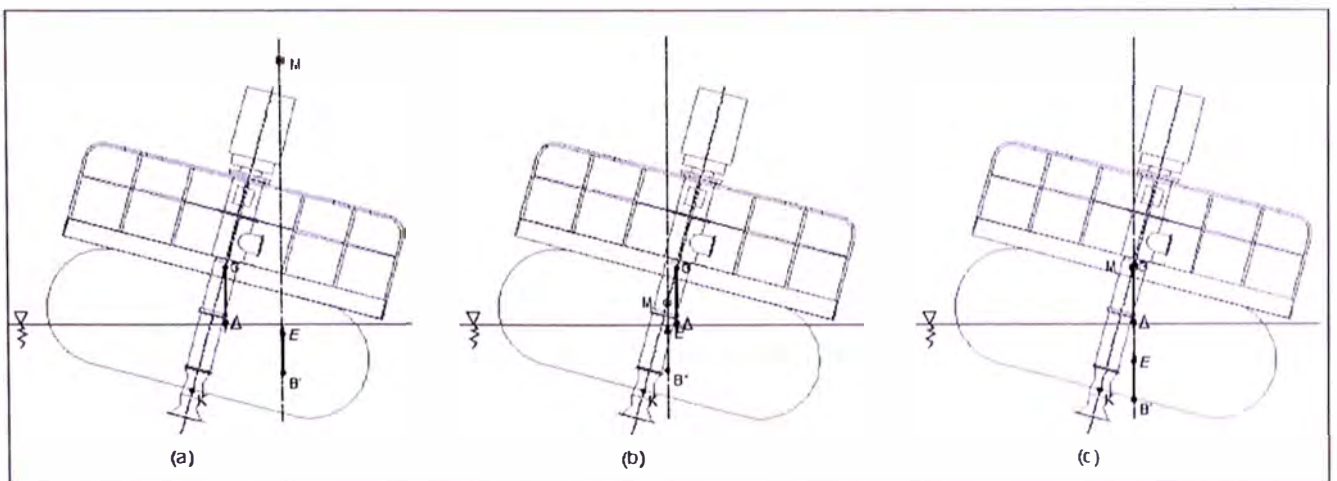


Fig. N° 3.4 Condiciones de Equilibrio

De lo anterior podemos observar que:

$GM > 0$: Equilibrio Estable

$GM < 0$: Equilibrio Inestable

$GM = 0$: Equilibrio Indiferente

3.4.2 Estabilidad Estática:

Su análisis está dirigido en el cálculo del brazo GZ, para un determinado ángulo de inclinación y desplazamiento. La **Figura N° 3.5** muestra un buque o artefacto naval con un desplazamiento (Δ) y con un centro de gravedad (G), escorado a distintos ángulos. Se observa que para cada uno de ellos quedará perfectamente fijada la posición del centro de carena (B). Las únicas fuerzas actuantes en la embarcación son el peso y el empuje, siendo sus módulos iguales. Formándose la cupla = $\Delta * GZ$. Esta cupla será adrizante si trata de adrizar a la embarcación y será escorante en el caso contrario.

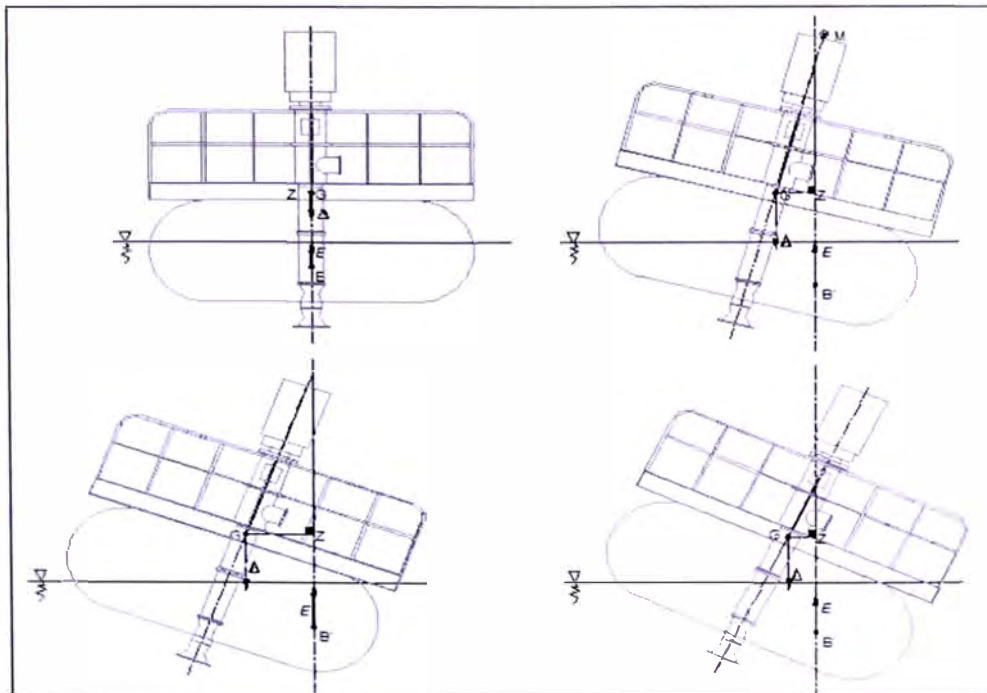


Fig. N° 3.5 Artefacto naval escorado a distintos ángulos.

El brazo GZ se llamará brazo adrizante o escorante, según sea el caso. Llevándolos valores del brazo adrizante en función del ángulo de

inclinación (θ) obtenemos la gráfica que se muestra en la **Figura N° 3.6**, en donde la cupla adrizante = $C = \Delta * GZ$, siendo el desplazamiento constante.

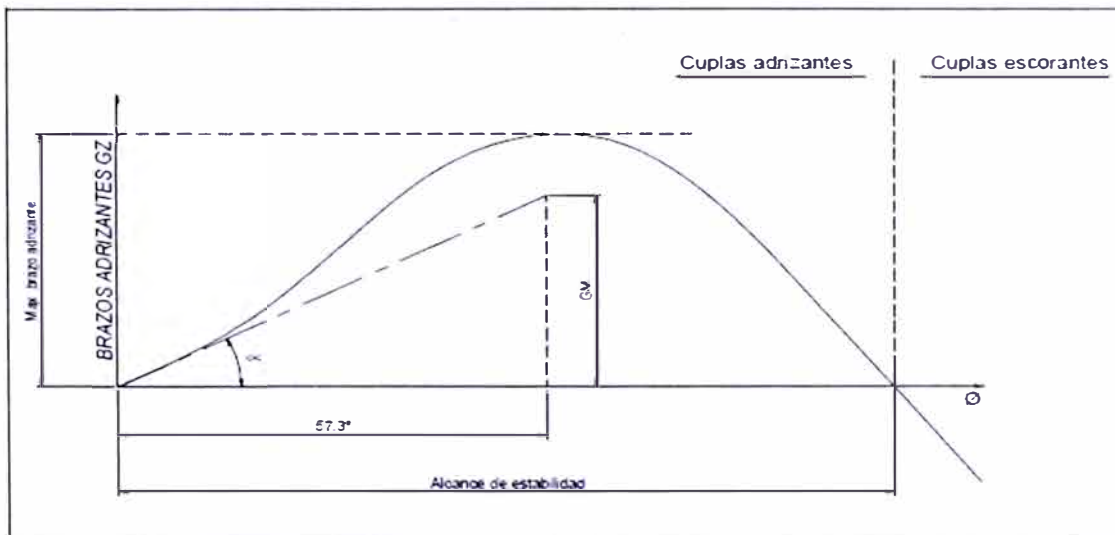


Fig. N° 3.6 Curva de Brazos Adrizantes.

Las curvas de brazos adrizantes y la de cuplas adrizantes, se designan con el nombre de curvas de estabilidad estática. Para determinar las curvas cruzadas de estabilidad, tomamos un desplazamiento fijo y determinamos el valor de GZ para diferentes ángulos de inclinación. **Figura N°3.7**

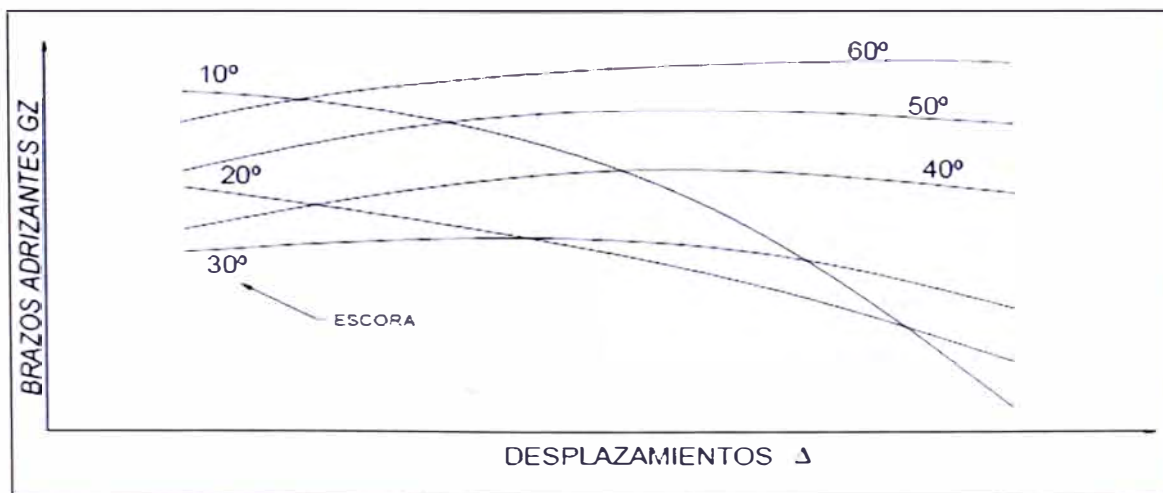


Fig. N° 3.7 Gráfica de Curvas Cruzada de Estabilidad

3.5 SOFTWARE AUTODESK SIMULATION MULTIPHYSICS (EX – ALGOR) :

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la modelación de eventos mecánicos usando el método de elementos finitos, es la veracidad de los resultados, ya que si bien es cierto que la técnica de elementos finitos nos es exacta desde sus fundamentos por ser un método numérico para la solución de ecuaciones, tenemos que añadir aun un factor de error mayor debido a la modelación y a los problemas para generar diseños en CAD fiables, que sean representativos del modelo físico real y que las condiciones de operación y de frontera de los modelos.

Básicamente, el método de elementos finitos presenta 2 grandes desventajas, el primero es que es un método numérico y su precisión depende de la cantidad de nodos que se puedan incluir en una sola pieza, ya que a mayor número de nodos, se obtiene un resultado mucho más certero, sin embargo, un mayor número de nodos, también representa una mayor cantidad de ecuaciones y por lo tanto, una mayor cantidad de recursos computacionales empleados para la solución de dichas ecuaciones.

La segunda desventaja que tiene el método, es la modelación, ya que para que una simulación sea representativa de los fenómenos físicos estudiados, tiene que considerarse los factores más preponderantes que afecten directamente los resultados. Por ejemplo, al estudiar una pieza sometida a cargas estáticas, en la vida real, también está afectada por el coeficiente de expansión térmica y por lo tanto, los resultados serán afectados

también por la temperatura a la que se encuentre la pieza, pero dado que la magnitud de las cargas estáticas exceden por gran medida este factor, es entendible asumir que la temperatura, la gravedad o algún otro factor, no nos afecta en la determinación de esfuerzos de la pieza estudiada, pero tenemos que estar conscientes que los resultados no son la realidad, es una aproximación. Es básicamente por estas razones, por lo que el futuro de la ingeniería asistida por computadora, se encuentra ligada en la habilidad de representar de forma precisa el comportamiento natural de un fenómeno.

Autodesk Simulation Multiphysics, cuenta con una gran variedad de módulos aplicados a diferentes campos de estudio, pero uno de los más importantes, es el módulo de simulación mecánica de eventos, o por sus siglas en inglés MES (Mechanical Event Simulation) ya que dentro de este módulo, se pueden simular diferentes escenarios y situaciones. El módulo MES, brinda la posibilidad de realizar análisis cinemáticos en función del tiempo, empleando el método de elementos finitos, lo que provee la facultad de analizar y simular de forma simultánea, flexiones, movimiento y en sí, la interacción dinámica de un ensamble de piezas. Entre alguno de los detalles más importantes se puede mencionar, que para el análisis de esfuerzo máximo y el factor de seguridad, el software basa su análisis en la teoría de Von Mises o teoría de falla por energía de distorsión máxima.

3.6 INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE LOS ELEMENTOS FINITOS:

El Método de Elementos Finitos (MEF o FEM por sus siglas en inglés Finite Element Method), es una de las herramientas más utilizadas al momento de obtener resultados rápidos y fiables para los diferentes problemas que se presentan en el área de ingeniería, especialmente en problemas en el cálculo de estructuras en donde es necesario obtener soluciones rápidas a problemas complejos de abordar mediante otras técnicas. El planteamiento del método de los Elementos Finitos sigue una serie de procesos y subprocesos como se muestra en la **Figura N° 3.7**:

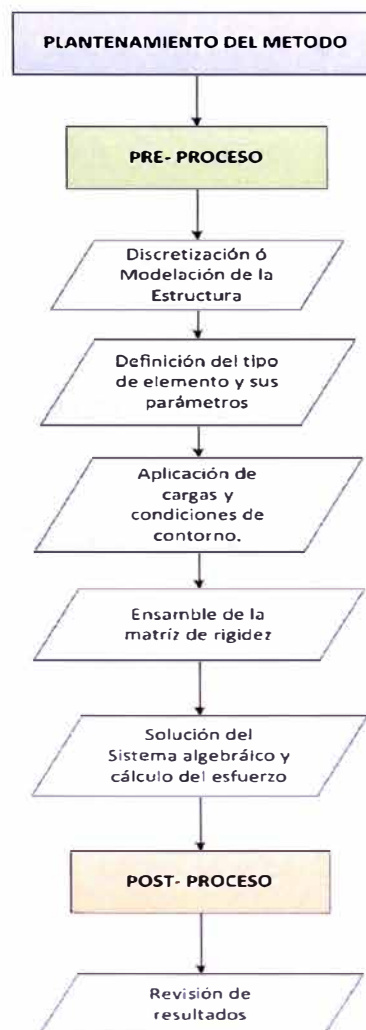


Fig. N° 3.7 Planteamiento del Método de los Elementos Finitos

3.7 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL MÉTODO DE ELEMENTO

FINITOS:

Para la aplicación de éste método se debe de seleccionar un modelo matemático que describa el comportamiento del fenómeno que se requiera estudiar, que para el caso de las estructuras metálicas que se desarrollarán en éste informe, sería la teoría de la elasticidad. Sobre éste modelo se le aplicarán las técnicas físico-matemáticas, con el fin de simular las propiedades de la estructura que se requiere calcular y del que se pueden obtener resultados que sean posibles trasladar a la realidad.

El Método por Elementos Finitos basa su desarrollo en una serie de conceptos y teorías como son:

Teoría de la Elasticidad , la cual se extiende al estudio de los sólidos deformables, los cuales se dice que son deformables, cuando al aplicar sobre él fuerzas externas las partículas que lo componen se desplazan hasta obtener un equilibrio entre las fuerzas externas e internas, producidas por las fuerzas de unión moleculares. Para describir el comportamiento de los sólidos deformables se utilizan los conceptos de Tensión y Deformación, los cuales están relacionados entre sí mediante la Ley de Elasticidad de Hooke.

- **Tensión**, la cual se define como la medida de la cantidad promedio de fuerza ejercida por unidad de superficie. Si consideramos un sólido como el de la **Figura N° 3.8**, que está sometido a cargas externas, y que es

atravesado, imaginariamente por un plano, que pasa a través del punto P, y que lo divide en dos partes, si suprimimos una de las partes, y hacemos un estudio del equilibrio de las fuerzas en la otra, vemos que el esfuerzo aparece al equilibrar las fuerzas externas.

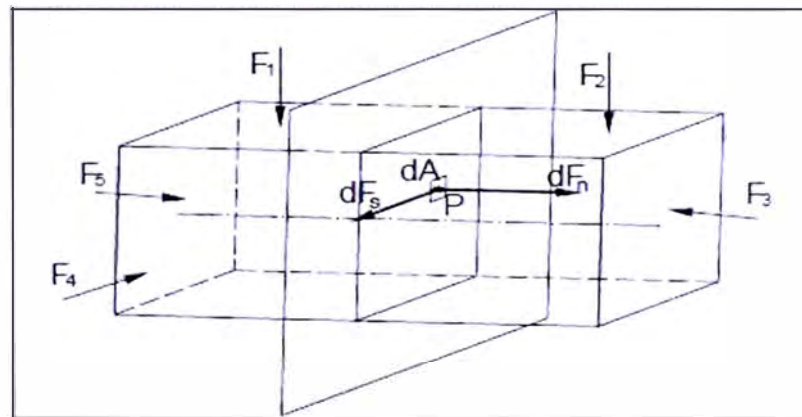


Fig. N° 3.8 Sólido sometido a cargas externas

Sea dA , un área infinitesimal que rodea al punto P , sobre la que actúan fuerzas internas. La resultante de estas fuerzas es dF , la que se puede dividir en dos componentes, una normal al plano, dF_n , y otra tangencial al plano, dF_s . La tensión, al igual que las fuerzas, se puede dividir en dos, la tensión normal, σ y la tensión tangencial, τ , las que están definidas por:

$$\tau = \frac{dF_s}{dA} \quad \sigma = \frac{dF_n}{dA}$$

- **Deformación**, todo sólido elástico al aplicarle fuerzas externas se encuentra sometido a tensiones, las que producen deformaciones proporcionales al estado tensional. Debido a que el sólido es elástico

cuando las fuerzas externas dejan de aplicarse éste vuelve a su condición original.

3.8 TEORÍA DE FALLA POR ENERGÍA DE DISTORSIÓN MÁXIMA:

Un cuerpo sometido a fuerzas externas, se encuentra en un estado tensional complejo, por otro lado, en un material la información de que generalmente se dispone es el límite elástico, σ_y , obtenido de un ensayo de tracción, es por esto que surge la necesidad de encontrar un estado monoaxial equivalente al estado triple que se considere y así hacer posible la comparación de esta tensión equivalente con el límite elástico del material. Unos de los criterios más utilizados es el de la Teoría de la Máxima Distorsión, también conocida como el Criterio de Falla de Von Mises-Hencky, según el cual un elemento estructural falla cuando, en alguno de sus puntos, la energía de distorsión por unidad de volumen rebasa un cierto umbral. Esto en términos de tensiones puede escribirse según la llamada tensión de Von Mises.

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \geq \sigma_y$$

Para el caso del presente informe, las estructuras modeladas serán llevadas al Software Autodesk Simulation Multiphysics, donde se les asignarán las condiciones de contorno y de carga que servirán para que el

software calcule del esfuerzo de Von Misses, éste resultado será comparado con el esfuerzo de fluencia del material para determinar si el diseño contemplado tendrá la resistencia mecánica necesaria para soportar las condiciones de trabajo.

3.9 RESISTENCIA LONGITUDINAL

El cálculo de la resistencia estructural de los flotadores del pontón se basará en la medición de su resistencia longitudinal considerando que los flotadores están compuestos por tubos y que cada uno de éstos tiene el comportamiento del casco de una embarcación, de ésta manera se podrá aplicar la Teoría de la Viga-Buque.

La Teoría de la Viga-Buque considera a éste como una estructura que sometida a una serie de esfuerzos originados por la acción de cargas las externas e internas, por tanto, debe ser capaz de soportar los esfuerzos con determinado margen de seguridad. Los esfuerzos de mayor relevancia en el caso de buques está dado en la condiciones de arrufo y quebranto (**Figura N° 3.9**),

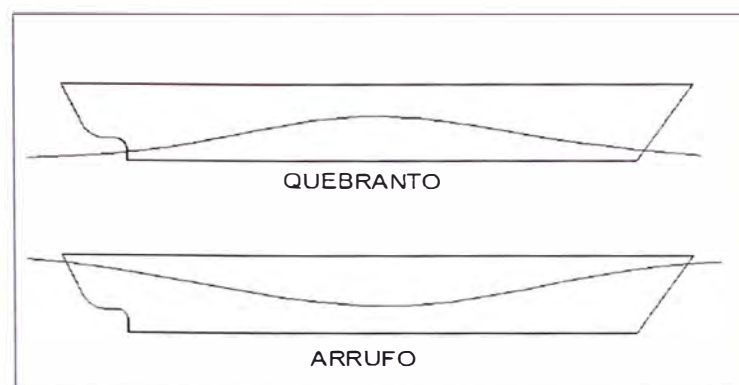


Fig. N° 3.9 Arrufo y Quebranto en un buque

Los pesos actúan en dirección de la gravedad y se componen, la estructura, máquinas, peso muerto, cargas producidas por las vibraciones de las máquinas, los empujes que actúan en sentido contrario tienen una magnitud que depende de las formas del casco siendo, por lo tanto de más continuidad que los pesos o carga, etc. Para el cálculo de la resistencia longitudinal existen diversas maneras de obtener respuestas fiables, la más rápida consiste en calcularla mediante Reglamentos proporcionados por las Casas de Clasificación, las que se basan en fórmulas empíricas obtenidas por estos organismos, otra forma de cálculo es considerar la totalidad de la estructura primaria del buque como una sola viga simplemente apoyada y con una sección transversal variable, sometida a diversas cargas producidas por los empujes y los pesos, la que se puede calcular mediante métodos numéricos, como la ecuación de Navier, para obtener los esfuerzos.

El estudio estructural de los flotadores, estará basado en el análisis de los momentos flectores generados por las cargas, siendo la zona de mayor interés la sección media, considerando a los flotadores como vigas simplemente apoyadas, **Figura N° 3.10** con una sección media circular.

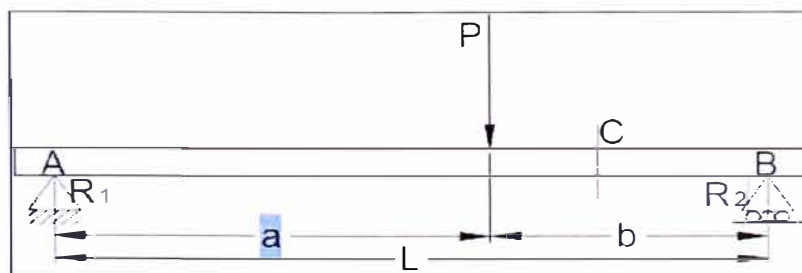


Fig. 3.10 Idealización de una Viga Simplemente Apoyada

Según la distribución de las cargas se producen momentos flectores sobre la Viga, haciendo que ésta se haga curva hacia arriba o hacia abajo pudiendo notarse que existen zonas en la viga que se comprimen y otras que se alargan, además de existir una línea que no se comprime ni se alarga, esta se denomina “*eje neutro*”. De la **Figura N° 3.11** se puede notar que las partes de la viga que están comprimidas o alargadas son las zonas que están sometidas a mayores esfuerzos y de acuerdo a la Ley de Navier, la cual sostiene que en una sección sometida a flexión pura, los módulos de las tensiones que se ejercen sobre las distintas fibras son directamente proporcionales a sus distancias a la fibra neutra, se puede deducir que los esfuerzos máximos ocurren en los puntos más alejados al eje Neutro. Por lo tanto el Momento Flector estará determinado por la siguiente fórmula ²:

$$M_F = \frac{P \cdot L}{4}$$

Donde:

M_F : Momento Flector en la Sección Media.

L : Eslora de la embarcación.

P : Carga a soportar

² “Cálculo de Estructuras de Buques” Ricardo Martín Domínguez – Pág. 33

El esfuerzo en la sección media estará dado por la siguiente fórmula:

$$\sigma = - \frac{M_F}{I_Z} y$$

Donde:

M_F : Momento Flector en la Sección Media.

I_Z : Momento de Inercia respecto al eje neutro

y : Distancia del eje neutro a fibra más alejada.

De acuerdo a lo anterior y a la Ley de Navier podemos deducir que el esfuerzo máximo se va a producir a en la fibra más alejada del eje neutro:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = - \frac{M_F \cdot y_{m\acute{a}x}}{I_Z}$$

Como vemos el cociente $y_{m\acute{a}x}/I_Z$, depende exclusivamente de las propiedades geométricas de la sección transversal de la viga, y se le conoce como módulo resistente, y se representa, generalmente por W_Z , por lo que la ecuación de Navier para el esfuerzo máximo sería:

$$\sigma_{m\acute{a}x} = - \frac{M_F}{W_Z}$$

Una vez obtenidos el esfuerzo máximo, éste deberá ser menor que el esfuerzo admisible del material a utilizar para las estructuras del flotador, En el estudio de la viga buque, la inercia y el centroide de la sección transversal van a estar dados por los elementos estructurales longitudinales, como el casco, los mamparos longitudinales y esloras, por lo que para obtener estas propiedades es necesario obtener una buena distribución de estos elementos.

CAPITULO IV

DESARROLLO DEL DISEÑO

4.1 REQUERIMIENTOS DEL PROPIETARIO:

Para realizar el anteproyecto, se analizaron los requerimientos del propietario, en éste caso la Cía. Minera ARGENTUM, siendo el más importante, la capacidad de soportar el peso de las bombas de 100 HP de manera segura, es decir, el diseño debe tener la resistencia estructural suficiente para soportar los esfuerzos producto de las cargas a las que será sometido, asimismo, deberá tener la capacidad de flotar y mantener un equilibrio estable durante los periodos de operación y mantenimiento de las bombas. A continuación se detallan otros requisitos importantes y forma de operación de las bombas:

- Cada bomba debe ser soportada por un pontón, los cuales deben ser independiente entre ellos, con la finalidad que si en algún momento se requiere retirar la bomba para una reparación mayor, el pontón pueda ser remolcado a la orilla fácilmente mediante cabos utilizando fuerza humana.
- El tamaño de los pontones deben ser los adecuados, de manera que permitan ser remolcados manualmente, mediante el uso de cabos.

- Cada pontón soportará el peso de la bomba y los accesorios necesarios para el funcionamiento del sistema, asimismo, debe contemplar las cargas producto del personal que realizará la operación y/o mantenimiento de las bombas que no requieran el desmontaje de éstas, tal como se muestra en la **Tabla 4.1.**
- El Diseño de los pontones no incluyen las instalaciones eléctricas ni mecánicas, sin embargo, para la determinación de las dimensiones se deberá de considerar el espacio necesario para el acomodo de las tuberías, accesorios y conduits para las instalaciones eléctricas.
- Los pontones estarán ubicados a una distancia máxima de 12 m respecto a la orilla, para la cual la profundidad mínima de la laguna es de 1.50m.

Tabla 4.1: Resumen de Pesos que soportará cada pontón

	DESCRIPCION	QTY	PESO UNITARIO (Kg)	PESO TOTAL (Kg)
1.	Bomba 100HP	01	1,600	1,600
2.	Tubería de 8" SCH 40	01	80	89
3.	Válvula check de 8" CL 250 Bridada	01	50	90
4.	Brida de 8" CL 250	03	33.3	100
5.	Caja de paso p/ conexiones eléctricas	01	15	15
6.	Personal	03	75	225
7.	Herramientas	01	50	50
8.	Peso de Agua y otros	01	1000	1000

4.2 ESTIMACIÓN DE LAS DIMENSIONES:

En el medio actual, existen diferentes configuraciones de sistemas de bombeo flotante, en la mayoría de casos la(s) bomba(s) van soportadas sobre artefactos flotantes, llamados pontones, cuyas dimensiones y arreglo varían según el requerimiento de operación de por parte del propietario, pudiendo encontrarse configuraciones de 02 a 04 bombas, cada una sobre pontones independientes entre sí o sistemas donde las bombas están todas juntas en un mismo pontón, el cual debe contemplar en su diseño, la existencia de un pórtico que permita realizar los trabajos de mantenimiento que requieran el desmontaje total o parcial de la(s) bomba(s) dentro del mismo pontón. La **Tabla 4.2** muestra las dimensiones de algunos pontones encontrados en el medio o en internet:

Tabla: 4.2 Dimensiones de pontones similares en el mercado

	DIMENSIONES	TIPO PONTON	MATERI AL	FUENTE	BOMBAS
1.	Plataforma: 7.0m x 7.0m Flotadores: Tubulares Ø 1.50m	Independientes	Plataforma de Acero Flotadores de Acero	Antapaca y	(02) de 400 HP
2.	Plataforma: Octogonal de Ø 5.0m Flotadores : Sección circular de Ø 1.80m	Independientes	Plataforma de acero Flotadores HDPE	Vogt (Empresa especialista en Bombeo)	(01) 1000 HP
3.	Plataforma: 3.50m x 3.70m Flotadores: Bloques de 1.40mX1.00mX1.00m	Independientes	Plataforma de acero Flotadores Acero	Hy Trans	(02) de 100 HP

En función a las medidas mostradas en la **Tabla 4.2**, y de acuerdo a los requerimientos del propietario se procederá a estimar las dimensiones de cada uno de los (02) pontones teniendo en cuenta que el procedimiento realizado para el cálculo de uno será el mismo para el otro. Para ello el dimensionamiento se hará en 02 partes: dimensionando la plataforma que soportará la bombas y sus accesorios y el dimensionamiento del flotador en sí:

4.2.1 Estimación de las Dimensiones de la Plataforma:

Para estimar las dimensiones de la Plataforma se ha considerado que la disposición de los equipos y accesorios que irán sobre la plataforma estén lo más cercano posible al centro de ésta, a fin de evitar posibles escoras, asimismo, la separación entre la bomba y cualquiera de las bandas del pontón deberá ser no menor a 1.0m (Código de Seguridad de Equipos para Naves y Artefactos Navales, Marítimos, Fluviales y Lacustres). En los **Anexos 1 y 2**, se encontrarán las características de la bomba y válvula mencionadas en la **Cuadro N° 6** De acuerdo a los datos indicados anteriormente y teniendo en cuenta los datos de otros pontones indicados en **Cuadro N° 7**, tenemos las medidas de la Plataforma serían tal como se muestra en la **Figura N° 4.1**:

Largo: 3.50 m

Ancho : 3.50m

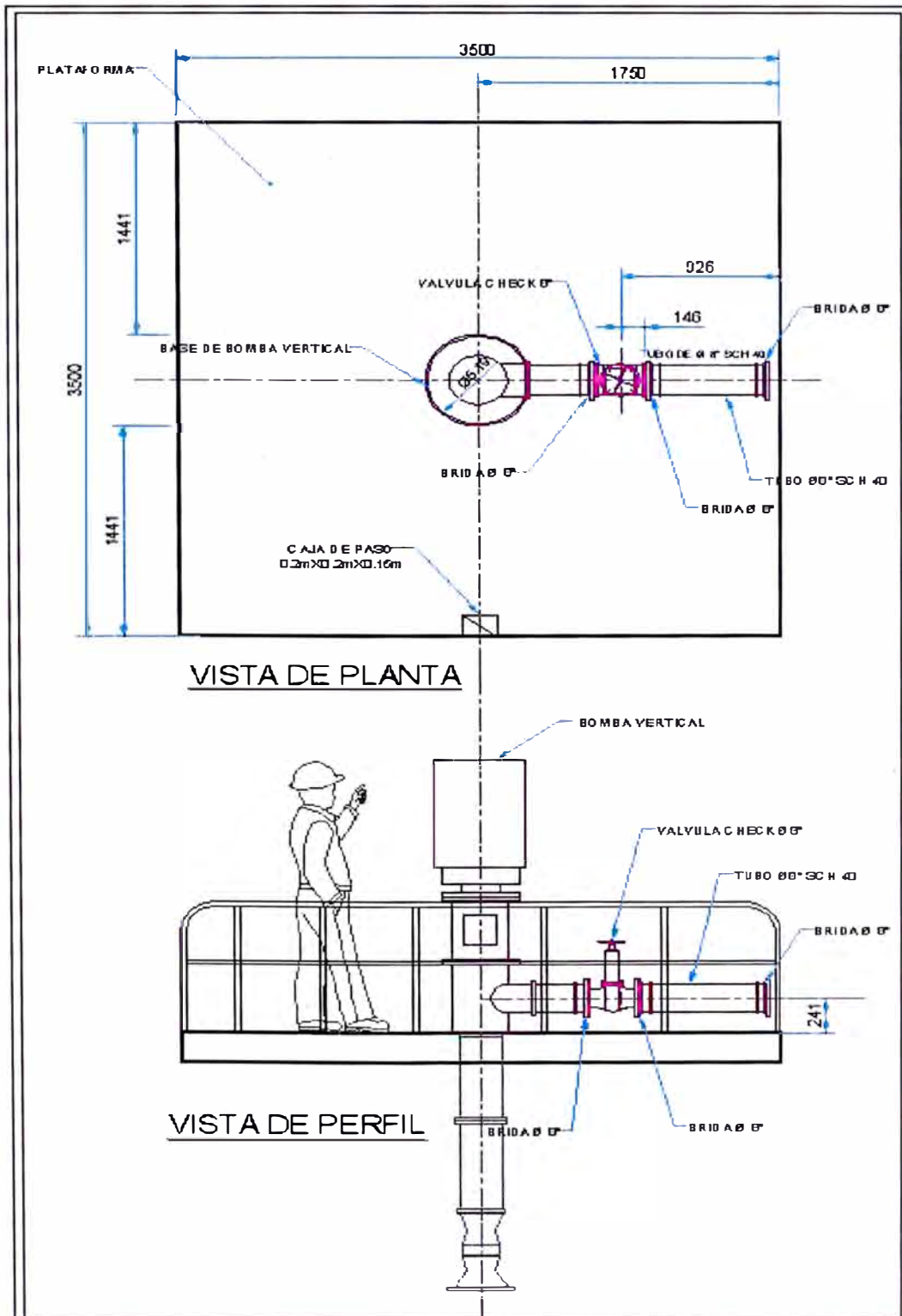


Fig. N° 4.1 Arreglo General de bomba y accesorios en Plataforma de Pontón

4.2.2 Estimación de las Dimensiones del Flotador:

De acuerdo a los modelos de flotadores existentes en el medio tenemos diferentes formas y materiales, siendo las más predominantes los flotadores de acero y HDPE cuyas formas varían tal como se muestran en las **Figura N° 4.2, 4.3 y 4.4.**

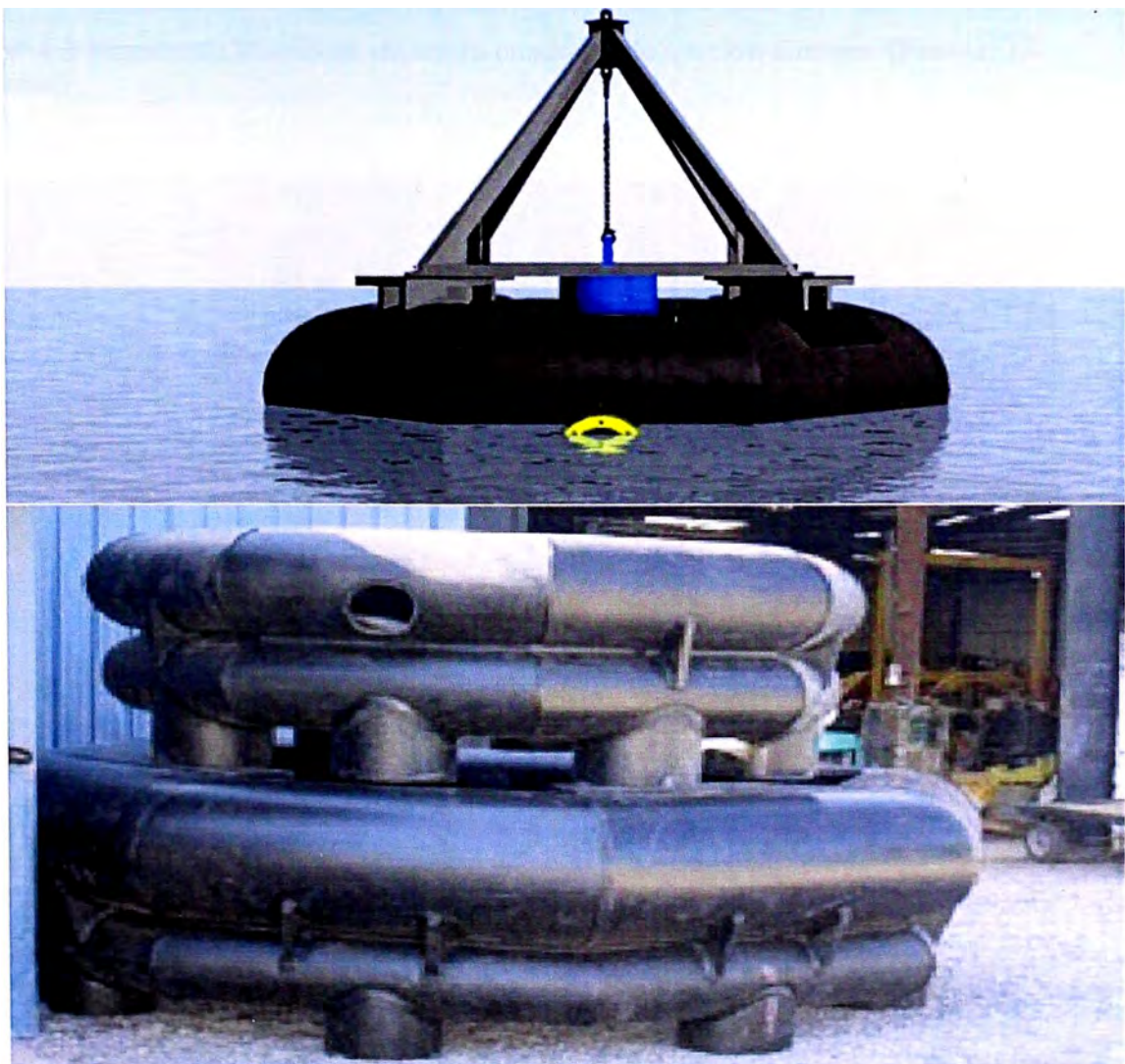


Fig. N° 4.2 Flotadores de HDPE, anillo octogonal de Sección circular.(Fuente: Internet)



Fig. N° 4.3 Flotadores Metálicos de anillo cuadrado de sección circular. (Fuente: JJJ Ingenieros)

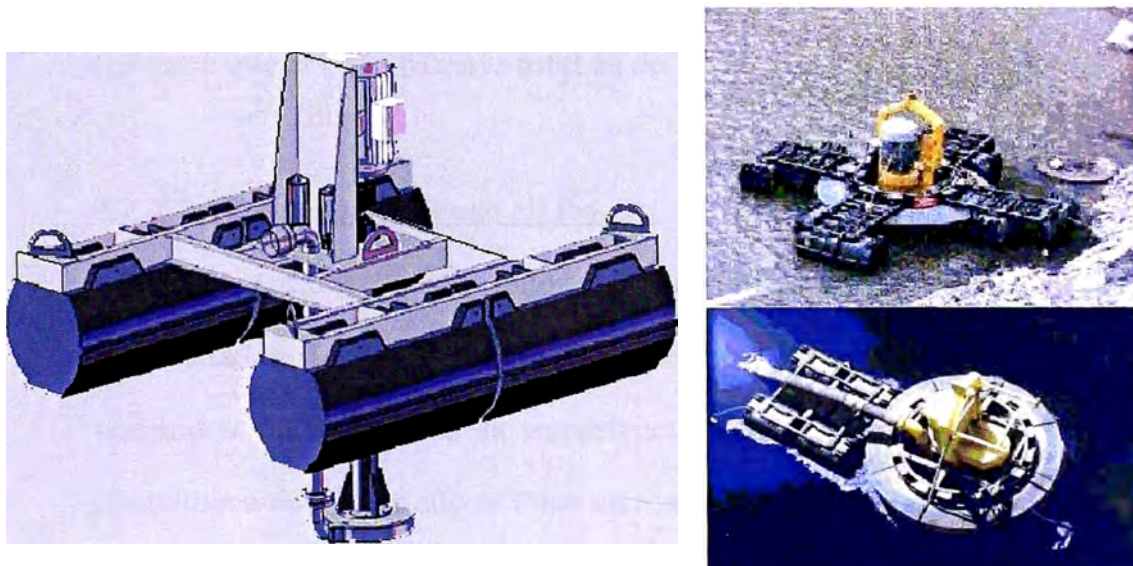


Fig. N° 4.4 Otros tipos de Flotadores (Fuente: Internet)

De los tipos de flotadores mostrados se elige el que corresponde al anillo cuadrado de sección circular, por presentar una forma más simétrica que asegura una mejor estabilidad y una construcción más fácil de realizar.

La determinación del tamaño del flotador y de su flotabilidad se basó en el Principio de Arquímedes, el cual establece que *“Un cuerpo total o parcialmente sumergido en un fluido en reposo, recibe un empuje de*

abajo hacia arriba igual al peso del volumen del fluido que desaloja”. Para ello se necesita estimar el Peso total cuyo cálculo se realizó según lo mostrado en la **Fórmula 4.1**.

$$\mathbf{Peso\ Total =\ Peso\ en\ Rosca +\ Peso\ Muerto \dots (4.1)}$$

4.2.2.1 Estimación del Peso Muerto:

Está conformado por los mostrados en la **Tabla 4.2**, de los cuales tenemos que el Peso Muerto total es de **3,169 Kg**.

4.2.2.2 Estimación del Peso en Rosca:

La estimación de éste peso se hará de acuerdo a medidas aproximadas de los componentes estructurales del pontón y de datos obtenidos de acuerdo a la experiencia en fabricación de una empresa Metalmecánica. Para ello el Peso en rosca se separará en 03 partes:

$$\mathbf{Peso\ en\ Rosca =\ P1 +\ P2 +\ P3\ y\ P4 \dots (4.2)}$$

Donde:

- P1 Peso de Plataforma.
- P2 : Peso de Barandas.
- P3 : Peso de Flotador Metálico.
- P4 : Peso de Refuerzos y soldadura.

4.2.1.2.1 Estimación del peso de la Plataforma:

El peso de la Plataforma estará compuesto por el peso de la Parrilla Grating y de la estructura que soportará la parrilla:

De acuerdo a información obtenida de Internet, se tiene que el peso de las parrilla grating para una aplicación industrial es de 37.8 Kg/m² (Fuente: Empresa Sack Chile), Conociendo las dimensiones de la plataforma podemos determinar el peso de la parrilla de la siguiente manera:

$$\text{Area de Plataforma} = 3.5\text{m} \times 3.5\text{m} = 12.25 \text{ m}^2$$

$$\text{Peso de Grating} = 12.25\text{m}^2 \times 37.8 \text{ Kg/m}^2 = 463.05 \text{ Kg}$$

Para determinar el peso de la Estructura de la Plataforma, se investigó acerca de los perfiles mas utilizados para la fabricación de éste tipo de plataformas en general, y se concluyó que uno de los perfiles mas utilizados son los perfiles “W6” y “C6” , de acuerdo a ello, se procedió a bosquejar la estructura de la plataforma, teniendo en cuenta las dimensiones anteriormente estimadas, tal como se muestra en la **Figura N° 4.5**

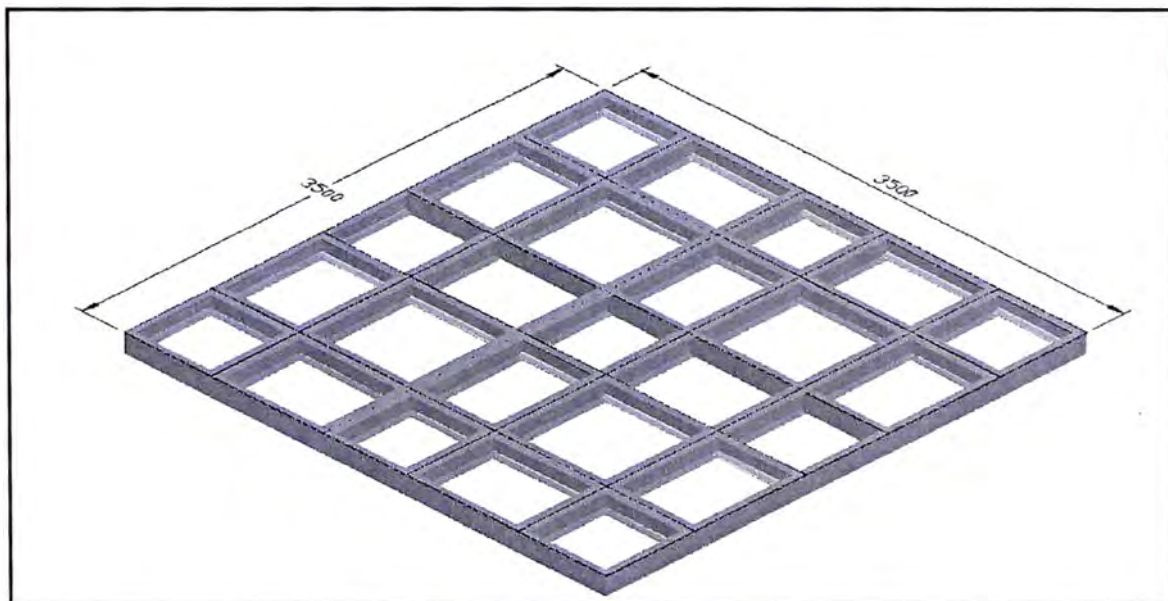


Fig. N° 4.5 Estructura de Plataforma (**Fuente:** Inventor Autodesk)

De los datos obtenidos por el programa Inventor tenemos que el Peso de la estructura que soportará el Grating, es de es de **631 Kg.**

Por lo tanto se tiene que:

$$P1 = 631 + 463.05 = 1094.5 \text{ Kg} \dots(4.3)$$

4.2.1.2.2 Estimación del peso de las Barandas:

Las barandas de protección que irán alrededor de la plataforma serán de tubo de 1 ¼" y su altura será de 1.00m , ya que de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 400.034 establece que la altura mínima de brandas para plataformas andamio es de 0.90 m, en la **Figura N° 4.6**, se muestra la disposición de las barandas sobre la plataforma.

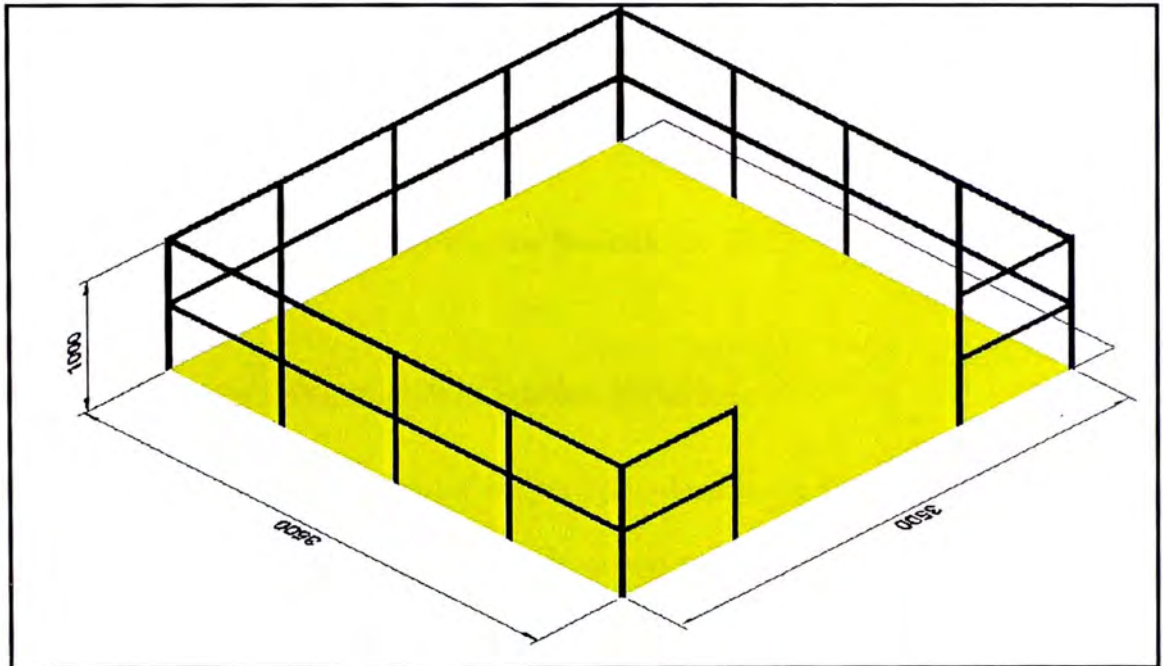


Fig. N° 4.6 Disposición de barandas sobre plataforma

De acuerdo a la **Figura N° 4.6** se tiene una longitud total de baranda de 41.5m y según la **Tabla 4.3**, obtenido de Catálogo podremos calcular el Peso total de la baranda.

Tabla 4.3: Cuadro de Peso de tubería para barandas

Diam. (Pulg)	SCH	ESPESOR PARED (mm)	PESO NOMINAL (Kg/m)
1 ¼"	40	3.56	3.39

(Fuente: Catálogo TUBISA)

$$P2 = 41.5\text{m} \times 3.39(\text{Kg/m}) = 140.68 \text{ Kg} \dots (4.4)$$

4.2.1.2.3 Estimación de los pesos de Soldadura y refuerzos:

De los cuales tenemos que serán el 6% del Peso de Rosca del Pontón.

$$P4 = 6\% \times (\text{Peso en Rosca}) \dots\dots(4.5)$$

4.2.1.2.4 Estimación del peso del Flotador Metálico:

Para este caso en particular, se ha considerado un flotador en forma de anillo cuadrado con sección circular, como se muestra en la **Figura N° 4.7**, éste flotador al tener la forma cuadrada, permitirá el cálculo de las características hidrostáticas con mayor facilidad, asimismo, debido a su forma, podrá contar con 04 compartimentos simétricamente ubicados los cuales fungirán de tanques de lastre que ayudarán a estabilizar el pontón en caso de ser necesario.

Para determinar el peso del flotador, debemos de tener en consideración que éste se encontrará en función a un parámetro que es el diámetro de la sección circular del anillo, ya que un mayor diámetro implicará un mayor peso, igualmente, se tendrá en consideración dejar un francobordo mínimo de 300 mm, para lo cual elaboraremos una Tabla de Excel en la que se visualizarán los parámetros necesarios para obtener el diámetro óptimo que cumpla con la condición de Francobordo indicada. Otros parámetros a tener en consideración para la determinación del peso y diámetro del flotador, son las cargas totales que soportará el pontón indicadas en el **Cuadro N° 9** .

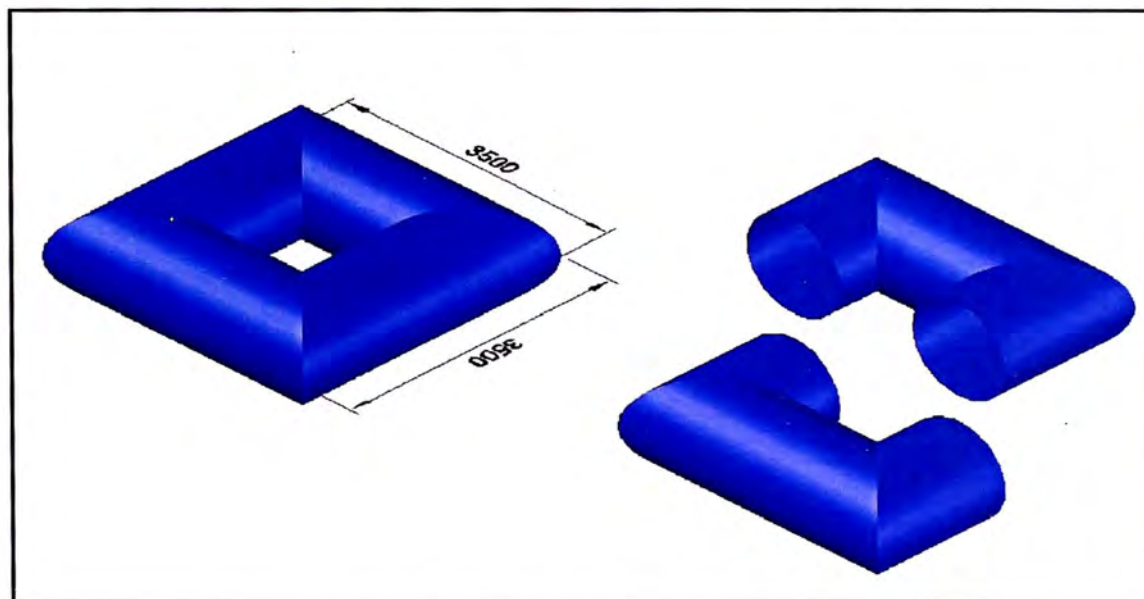


Fig. N° 4.7 Modelado del Flotador.

Tabla 4.4 Pesos soportados por cada pontón

ITEM	DESCRIPCION	PESO TOTAL (Kg)
1.	PESO MUERTO	3169
1.1	Bomba de 100 HP	1600
1.2	Tubería de Acero de 8"	89
1.3	Válvula Check de 8"	90
1.4	Bridas de 8"	100
1.5	Caja de Paso	15
1.6	Personal	225
1.7	Herramientas	50
1.8	Peso de Agua y otros	1000
2.	PESO EN ROSCA	1.1.(1234.73 + P3) *
2.1	Grating	463.05
2.2	Estructura y Plataforma	631
2.3	Barandas	140.68
2.4	Flotador	P3

*Incluye el % adicional por peso de soldadura y refuerzos.

Considerando que el espesor de la plancha del flotador es de 4.5mm, procederemos a calcular el peso del flotador de acuerdo a las medidas indicadas en la **Figura N° 4.8**.

$$\text{Peso de Flotador } (P_3) = p \cdot A_{\emptyset} \dots\dots(4.6)$$

Donde:

p : Perímetro medio del Flotador = $4 \cdot (L - D)$

A_{\emptyset} : Area de Sección circular del Flotador = $\pi \cdot (D \cdot t - t^2)$

D : Diámetro de la Sección Circular del Flotador (m)

t : Espesor de la plancha del flotador (m)

L : Longitud de la Plataforma (m)

$$\text{Peso de Flotador } (P_3) = 4 \cdot (L - D) \cdot \pi \cdot (D \cdot t - t^2) \cdot \rho_{acero} \dots\dots(4.7)$$

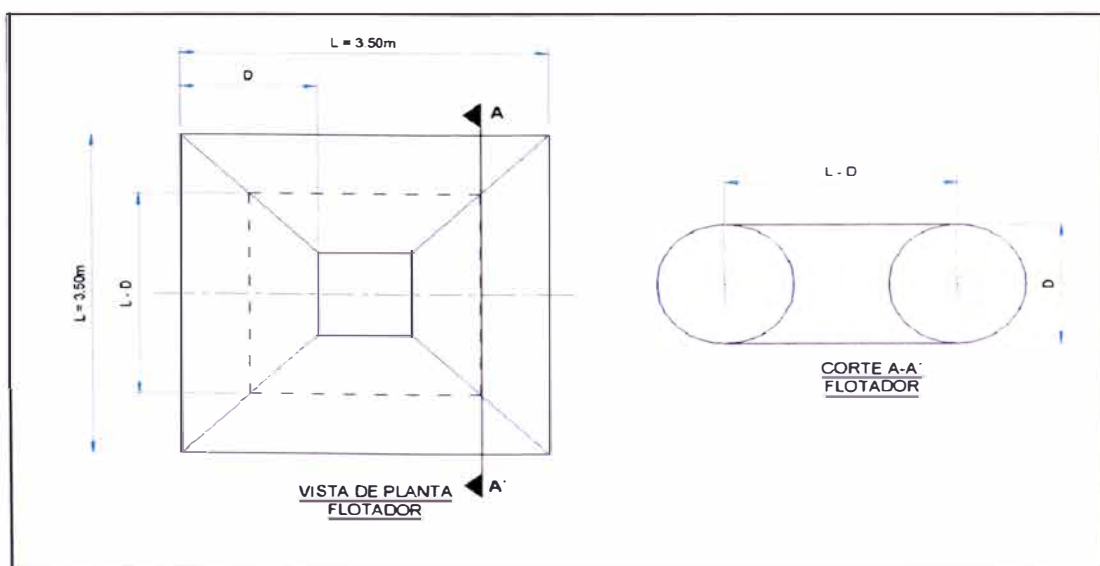


Fig. N° 4.8 Vista de planta y corte del flotador

El volumen del flotador será:

$$\nabla = \frac{\pi}{4} D^2 \cdot p \quad \dots (4.8)$$

$$\nabla = \pi \cdot D^2 \cdot (L - D) \quad \dots (4.9)$$

Para determinar el diámetro del flotador utilizaremos las **Fórmulas 4.7 y 4.9**, debiendo comprobarse que:

$$\nabla \cdot \rho_{agua} > P_3 \quad \dots (4.10)$$

Asimismo, tenemos que la reserva de Flotabilidad será:

$$\text{Reserva de Flotabilidad} = \nabla \cdot \rho_{agua} - P_3 \quad \dots (4.11)$$

El objetivo de éste cálculo es obtener un diámetro que cumpla con la **Fórmula 4.10**, y de acuerdo a ello determinar el Francobordo, debiendo ser éste no menor a 300 mm., para ello empezaremos asumiendo un diámetro de $D=1.0\text{m}$:

$$\begin{aligned} D &= 1.00 \text{ m} \\ L &= 3.50 \text{ m} \\ t &= 4.5 \text{ mm} \\ \rho_{acero} &= 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \rho_{agua} &= 1.00 \text{ Ton/m}^3 \end{aligned}$$

Luego aplicando las fórmulas procedemos a calcular y obtenemos los siguientes resultados:

Peso de flotador (P_3), **Fórmula 4.7** : 1104.77 Kg (1.10 t)

Peso en Rosca, **Cuadro N° 9** : 2573.45 Kg (2.57 t)

Peso Total, **Fórmula 4.1** : 5742.45 Kg (5.74 t)

Volumen (V), **Fórmula 4.9** : 7.85 m³

Reserva de Flotabilidad **Fórmula 5.11** : 2.11t

Entonces para un flotador de diámetro $D = 1.0\text{m}$, tenemos la siguiente obtenemos la siguiente tabla de Calado vs Desplazamiento:

CALADO (m)	DESPLAZAMIENTO (Ton)
0.125	0.57
0.25	1.53
0.375	2.69
0.5	3.93
1.0	7.85

El desplazamiento total será de 5.74 t (Peso Total), interpolando los calados de la Tabla anterior, tenemos que para ese desplazamiento el calado será de 0.73m, siendo el Francobordo:

$$\mathbf{Francobordo = 1.0 - 0.73 = 0.26\ m}$$

Del francobordo obtenido vemos que el obtenido es **menor** a 300mm.

Para un diámetro $D= 1.20\text{m}$, tenemos los siguientes datos:

$$\begin{aligned} D &= 1.20 \text{ m} \\ L &= 3.50 \text{ m} \\ t &= 4.5 \text{ mm} \\ \rho_{\text{acero}} &= 7850 \text{ Kg/m}^3 \\ \rho_{\text{agua}} &= 1.00 \text{ Ton/m}^3 \end{aligned}$$

Luego aplicando las fórmulas procedemos a calcular y obtenemos los siguientes resultados:

Peso de flotador (P_3), **Fórmula 4.7** : 1220.59 Kg (1.22 t)

Peso en Rosca, **Cuadro N° 9** : 2700.85 Kg (2.70 t)

Peso Total, **Fórmula 4.1** : 5869.850 Kg (5.87 t)

Volumen (∇), **Fórmula 4.9** : 10.40 m³

Reserva de Flotabilidad **Fórmula 5.11** : 4.54 t

Entonces para un flotador de diámetro $D = 1.20\text{m}$, tenemos la siguiente obtenemos la siguiente tabla de Calado vs Desplazamiento:

CALADO (m)	DESPLAZAMIENTO (Ton)
0.15	0.75
0.30	2.03
0.45	3.56
0.60	5.20
1.20	10.40

El desplazamiento total será de 5.87 t (Peso Total), interpolando los calados de la Tabla anterior, tenemos que para tal desplazamiento el calado será de 0.68 m, siendo el Francobordo:

$$\mathbf{Francobordo = 1.2 - 0.68 = 0.52\ m}$$

Del francobordo obtenido vemos que el obtenido es **mayor** 300mm.

Para un diámetro $D = 1.30\text{m}$, tenemos los siguientes datos:

$$\begin{aligned} D &= 1.30\ \text{m} \\ L &= 3.50\ \text{m} \\ t &= 4.5\ \text{mm} \\ \rho_{\text{acero}} &= 7850\ \text{Kg/m}^3 \\ \rho_{\text{agua}} &= 1.00\ \text{Ton/m}^3 \end{aligned}$$

Luego aplicando las fórmulas procedemos a calcular y obtenemos los siguientes resultados:

$$\text{Peso de flotador } (P_3), \mathbf{F\acute{o}rmula\ 4.7} : 1265.18\ \text{Kg}\ (1.26\ \text{t})$$

$$\text{Peso en Rosca, } \mathbf{Cuadro\ N^{\circ}\ 9} : 2749.90\ \text{Kg}\ (2.75\ \text{t})$$

$$\text{Peso Total, } \mathbf{F\acute{o}rmula\ 4.1} : 5918.90\ \text{Kg}\ (5.92\ \text{t})$$

$$\text{Volumen } (V), \mathbf{F\acute{o}rmula\ 4.9} : 11.68\ \text{m}^3$$

$$\text{Reserva de Flotabilidad } \mathbf{F\acute{o}rmula\ 5.11} : 5.76\ \text{t}$$

Para un flotador de $D = 1.30\text{m}$, tenemos la siguiente Tabla:

CALADO (m)	DESPLAZAMIENTO (Ton)
0.1625	0.84
0.325	2.28
0.4875	4.00
0.65	5.84
1.30	11.68

El desplazamiento total será de 5.92 t (Peso Total), interpolando los calados de la Tabla anterior, tenemos que para tal desplazamiento el calado será de 0.66 m, siendo el Francobordo:

$$\text{Francobordo} = 1.3 - 0.66 = 0.64 \text{ m}$$

Del francobordo obtenido vemos que el obtenido es **mayor** a 300mm.

De los resultados obtenidos, observamos que el diámetro más óptimo para el Flotador está comprendido entre 1.25m y 1.30m, viendo que a medida que nos acercamos al valor de 1.30m tenemos una mayor reserva de flotabilidad y que el área de flotación a máxima carga es la de mayor magnitud, lo que garantiza una mayor estabilidad, por tal motivo para fines del proyecto el diámetro elegido será de 1.27 m, ya que ésta medida permite optimizar plancha al momento de hacer el rolado para dar la forma circular.

4.3 LÍNEAS DE FORMA:

De las estimaciones obtenidas anteriormente, establecemos que las medidas del pontón serán las mostradas en la **Tabla 4.5**:

Tabla 4.5: Dimensiones Pontón

FLOTADOR METALICO:	
Eslora (L):	3.50 m
Manga (B):	3.50 m
Puntal (D):	1.27 m
Calado (T):	0.66 m
Desplazamiento a Máx. Carga (Δ):	5.92 t
PLATAFORMA:	
Eslora (m):	3.50 m
Manga (m):	3.50 m

Para éste pontón obtendremos las Líneas de su flotador según se muestra en el **Plano N° 04**.

4.4 CURVAS HIDROSTÁTICAS:

Para la determinación de las curvas hidrostáticas se utilizó el Software Hydromax Versión 11, tomando en consideración que la densidad del agua de la Laguna Huacrachocha es de 1,000 Kg/m³, obtenemos las Curvas que se muestran el **Plano N° 05**, el cuadro de valores de las Curvas se muestra en el **Anexo 5**.

4.5 CURVAS CRUZADAS:

Para la determinación de las curvas cruzadas se utilizó el Software Hydromax, tomando en consideración que la densidad del agua de la Laguna Huacracocha es de $1,000 \text{ Kg/m}^3$ y que la ubicación del centro de gravedad sobre la Línea Base ($\text{KG} = 0$). El resultado del cálculo de los brazos adrizantes a determinados ángulos de inclinación transversal, son los que se muestran en el **Anexo 6**, asimismo, el gráfico de las Curvas Cruzadas se muestran en el **Plano 06**.

4.6 ANTEPROYECTO DE ESTRUCTURAS:

El objetivo del Diseño Estructural, es el de crear una estructura segura que satisfaga una serie de requisitos impuestos por las condiciones de trabajo y operación a la que será sometido el pontón. El desarrollo de las estructuras se dividirá en el cálculo por separado de los 03 componentes principales del pontón: Plataforma, Base de bomba y Flotador. Para el desarrollo de ésta materia, las normas existentes como ABS, Germanischer Lloyds, Lloyds Register, etc, no cuentan con un criterio específico para la construcción de éste tipo de artefactos navales , más aún para dimensiones menores a 5m, por lo que la aplicación de los criterios, como es el caso de la ABS para embarcaciones menores de 90m, si bien no indica cual es la eslora mínima de aplicación, existen constantes para el cálculo de la resistencia longitudinal que limitan la eslora a un mínimo de hasta 12 m, y que su aplicación

implicaría un resultado incierto. Sin embargo, consultando literatura como es el caso de la normativa Canadiense “Construction Standards for Small Vessel”, indica respecto a la resistencia estructural y estanqueidad de una embarcación menor, “que debe ser la adecuada teniendo en cuenta las cargas que irá a soportar”. Por ello que en éste capítulo, se procederá a hacer el cálculo de los elementos principales del pontón utilizando el Software Autodesk Simulation Multiphysics (Ex.-Algor) el cual basa sus cálculos en el método de los Elementos Finitos y de acuerdo a las condiciones de carga a la que estará sometido el pontón se evaluará el esfuerzo máximo por el método de Von Mises comparándolo con el esfuerzo de fluencia del material que será construido, debiendo obtener un esfuerzo por tracción que no sea superior a los 10 Kg/mm^2 ³, es decir, debemos obtener un factor de seguridad mínimo de 2.5³. Para el diseño de las estructuras, en especial de la plataforma, se usó como referencia modelos típicos de plataformas ya construidas cuya configuración consiste en una malla metálica, como se muestra en la **Figura N° 4.9**, conformada por perfiles “W6” y “C6” que le darán la resistencia y rigidez suficiente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas de las demás estructuras y equipamiento, asimismo, se contemplará que los trabajos de soldadura se deberán ejecutar de acuerdo a la norma de soldadura AWS D1.1 ASME IX.

³ Tesis “Diseño de Empujador Fluvial de 900HP para navegación en la Amazonía Peruana” – Autor: Aember Gago Rodríguez- Año 2010-Pág.28

4.6.1 Material:

En el mercado actual los flotadores de pontones utilizados para sistemas de bombeo flotantes suelen ser de acero o de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), existiendo sus ventajas y desventajas para la elección de uno u otro material. Para el caso del presente trabajo, el material a usar será Acero Dulce A-36, debido a que presenta una serie de ventajas que se mencionan a continuación:

El acero presenta mejores propiedades mecánicas debido a que posee un mayor comportamiento elástico comparado con el HDPE, el cual es un material termoplástico, es decir, que a temperaturas relativamente alta se vuelve un material plástico, en la **Tabla 4.6** y **Tabla 4.8** se pueden observar la principales propiedades mecánicas del acero y del HDPE, notándose que el acero presenta un mayor módulo de elasticidad, así como una mayor resistencia a la tracción lo que en conjunto permite al acero soportar mayores esfuerzos producto de las cargas.

Las tuberías de HDPE, se encuentran en el mercado en tamaños que llegan hasta 48” de diámetro con espesores que van desde 1.846” hasta los 2.824” los cuales varían según la capacidad de presión que soportará la tubería, en el **Anexo 04** se muestran las dimensiones de las tuberías de HDPE existentes en el mercado. Esta limitación de tamaños contribuye a encarecer el proceso de fabricación de los flotadores, debido que se necesitará configurar formas de flotadores que requieran el uso de uno o más tubería de diferentes diámetros para obtener la flotabilidad deseada,

en la **Figura N° 4.2** se muestra una configuración de un flotador de forma octogonal conformado por 02 tuberías de diferentes diámetros. Asimismo, el peso del flotador en éste tipo de configuraciones, es mayor en el HDPE debido al espesor de pared, lo cual conlleva a replantear las dimensiones del flotador.

- Los flotadores de acero debido, a su facilidad para ser trabajados, pueden subdividirse en compartimientos estancos que se comporten como tanques de lastre para estabilizar el pontón en caso de escoras.

Tabla 4.6: Propiedades del Acero al carbono A-36

PROPIEDAD	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR
Densidad	g/cm ³)	7.85
Resistencia a la tracción	MPa	400 - 552
Límite de Fluencia	MPa	250
Módulo de Young	MPa	200,000
Módulo de Cortante	MPa	79,300
Coefficiente de Poisson		0.26
Elongación	%	18
Dureza Rockwell	B	67 – 83
Dureza Brinell		119 – 159

Tabla 4.7: Composición química del Acero

ELEMENTOS	%
Carbono (C)	0.25 – 0.29
Cobre (Cu)	0.20
Hierro (Fe)	98
Manganeso (Mn)	1.03
Fósforo (P)	≤ = 0.04
Silicio (Si)	0.28
Azufre (S)	≤ = 0.05

Tabla 4.8: Propiedades del Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

PROPIEDAD	Unidad	Valor
Densidad	g/cm ³	0.945 – 0.955
Módulo de Elasticidad o Young	MPa	813
Tensión a la Tracción (rango elástico)	MPa	22
Elongación Límite (rango elástico)	%	15
Resistencia a la Rotura	MPa	32
Alargamiento de rotura	%	>800
Tensión Límite de flexión	MPa	28
Módulo de Resistencia a la Torsión	MPa	240

4.6.2 Plataforma Metálica:

Para el diseño estructural de la Plataforma de los pontones, se ha considerado un entreamado de perfiles estructurales W6"x12 y C6"x8 de acero A-36, que es el sistema más común utilizado, según datos de Metalmecánica, tal como se muestra en la **Figura N° 4.9**. El cálculo de la resistencia estructural, se procederá a determinar simulando las condiciones de carga en el Software Autodesk Simulation Multiphysics (ex-Algor), con el que obtendremos el esfuerzo en la peor condición de trabajo el cual no deberá sobrepasar el esfuerzo de Fluencia del material, para las cargas consideradas en la **Tabla 4.9**

Tabla 4.9: Cargas que soportará plataforma

ITEM	DESCRIPCION	PESO (Kg)
1.	Bomba de 100 HP	1600
2.	Otros Pesos	
2.1	Parrilla Grating	463.05
2.2	Válvula Check	90
2.3	Bridas	100
2.4	Tubería de acero	89
2.5	Barandas	140.68
2.6	Peso del Agua + cargas adicionales	1000
2.7	Caja de Pase Eléctrico	15
		3497.73 Kg

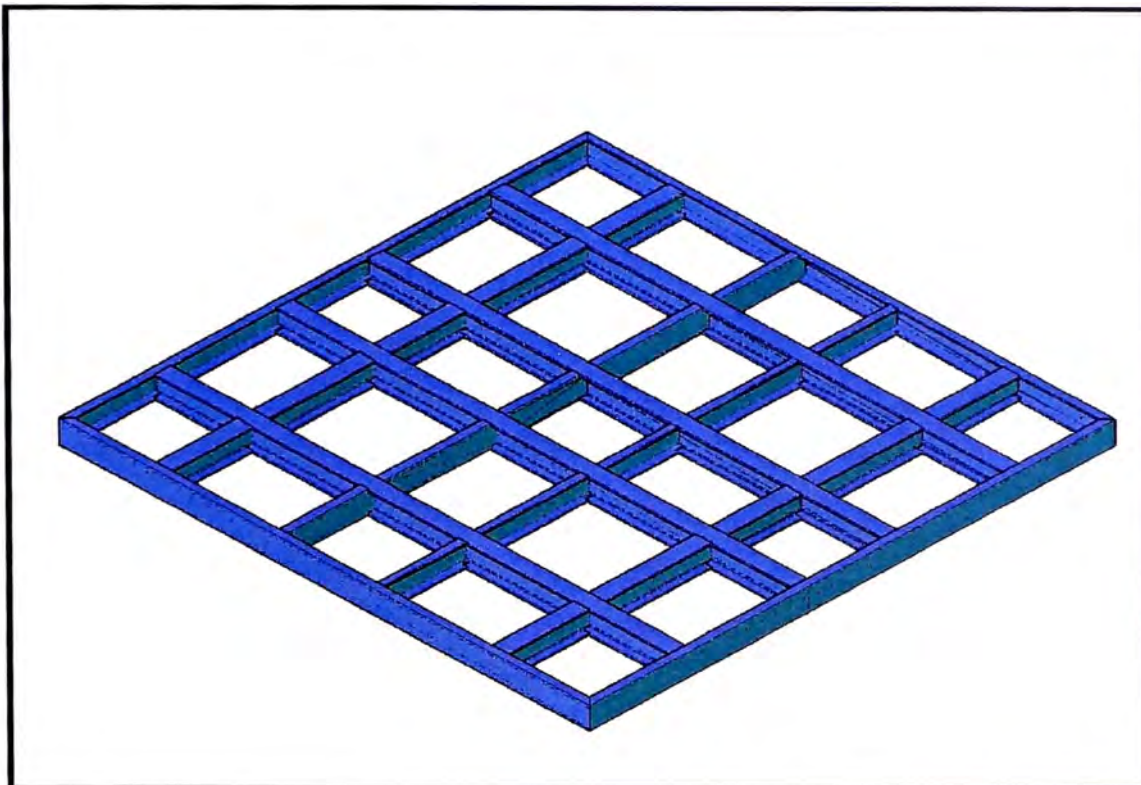


Fig. N° 4.9 Plataforma conformada por perfiles W6 y C6

Para la simulación de los esfuerzos a los que está sometido la plataforma, se procede a distribuir las cargas linealmente y de manera uniforme en toda la estructura tomando en consideración que en la zona central de la Plataforma se concentrarán las cargas producto del peso de la Bomba de 100 HP, mientras que los otros pesos como lo son la válvula check, accesorios, tubería, agua, personal herramientas, etc, se distribuirán en el resto de la plataforma, asimismo se ha considerado que los Nodos 1, 2, 3 y 4 estarán restringidos de movimientos de traslación al ser los puntos de apoyo de la plataforma sobre flotador, pudiendo tener movimientos de sólo de rotación, la distribución de cargas es la que se muestra en la **Figura N° 4.10**

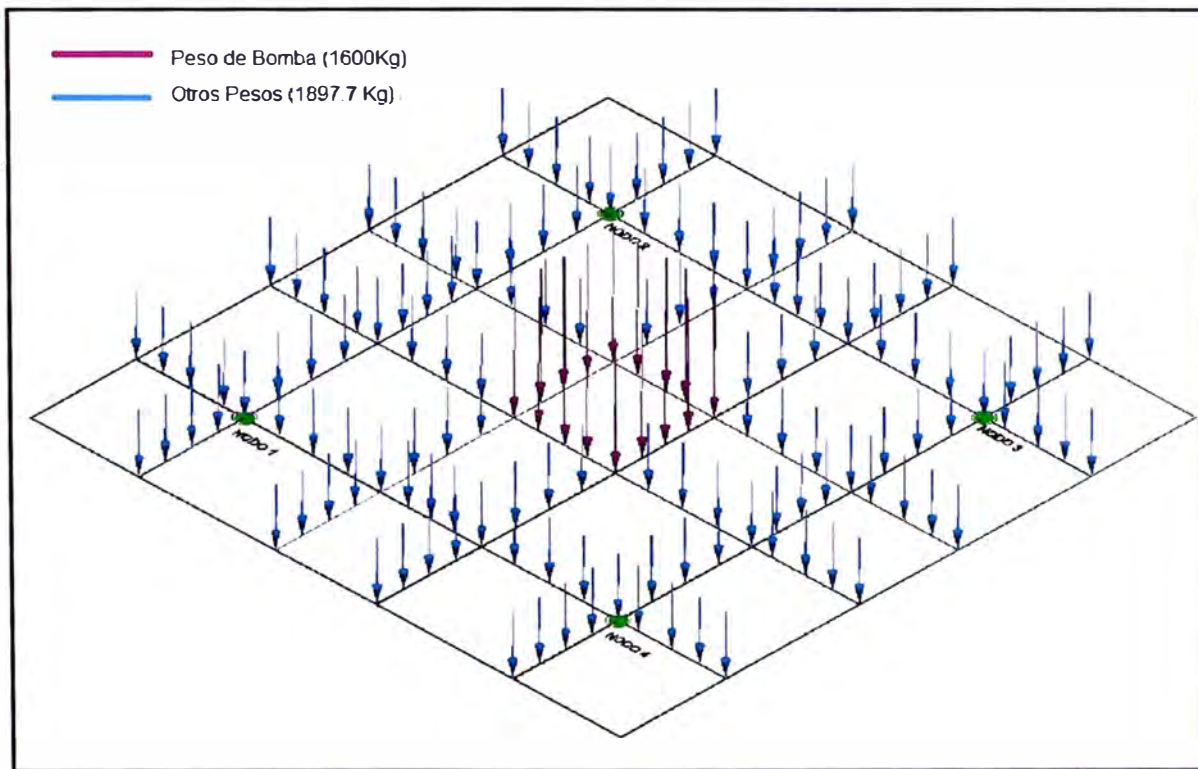


Fig. N° 4.10 Distribución lineal de cargas sobre Plataforma de Pontón.

Una vez determinada las cargas distribuidas se aplican las condiciones de carga y demás parámetros de cálculo y se procede a correr el programa obteniéndose que el esfuerzo en la peor condición de trabajo, resaltado en las zonas de la **Figura N° 4.11** rojas es de 17.26 N/mm^2 , observando que no sobrepasa el esfuerzo de fluencia del material ya que se obtiene un Factor de Seguridad de 14.48,

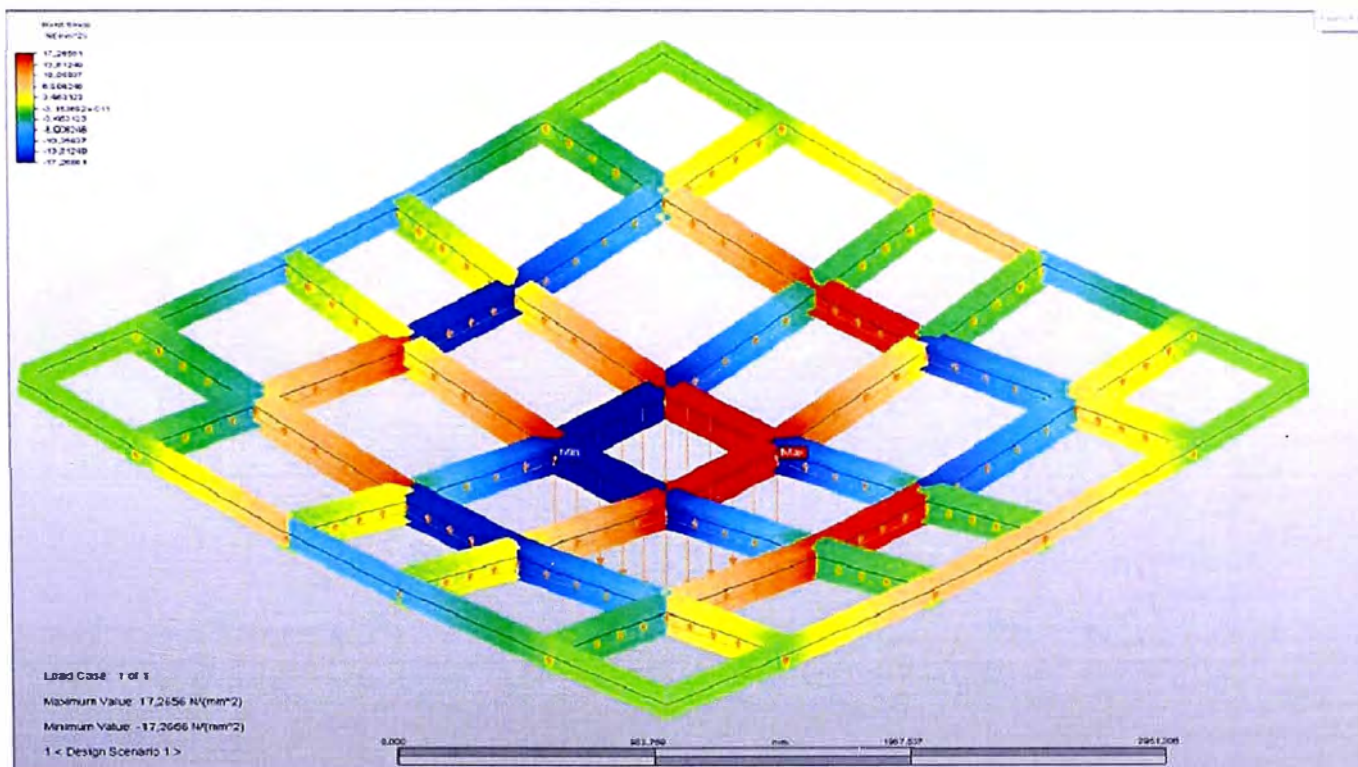


Fig. N° 4.11 Resultado obtenido del análisis de esfuerzos **Fuente:** Software Autodesk Simulation Multiphysics (Ex Algor).

En la **Figura N° 4.12**, se observan los desplazamientos de la estructura, siendo el máximo de 0.88mm, el cual ocurre en la zona sobre la cual irá soportada la bomba vertical de 100 HP y 1,600 Kg de peso. Para el caso de la parrilla Grating, ésta será de platina de 1”x3/16” y cuyas capacidades de carga son las que se muestran en el **Anexo 07**, sacado del catálogo de la empresa Grating Perú.

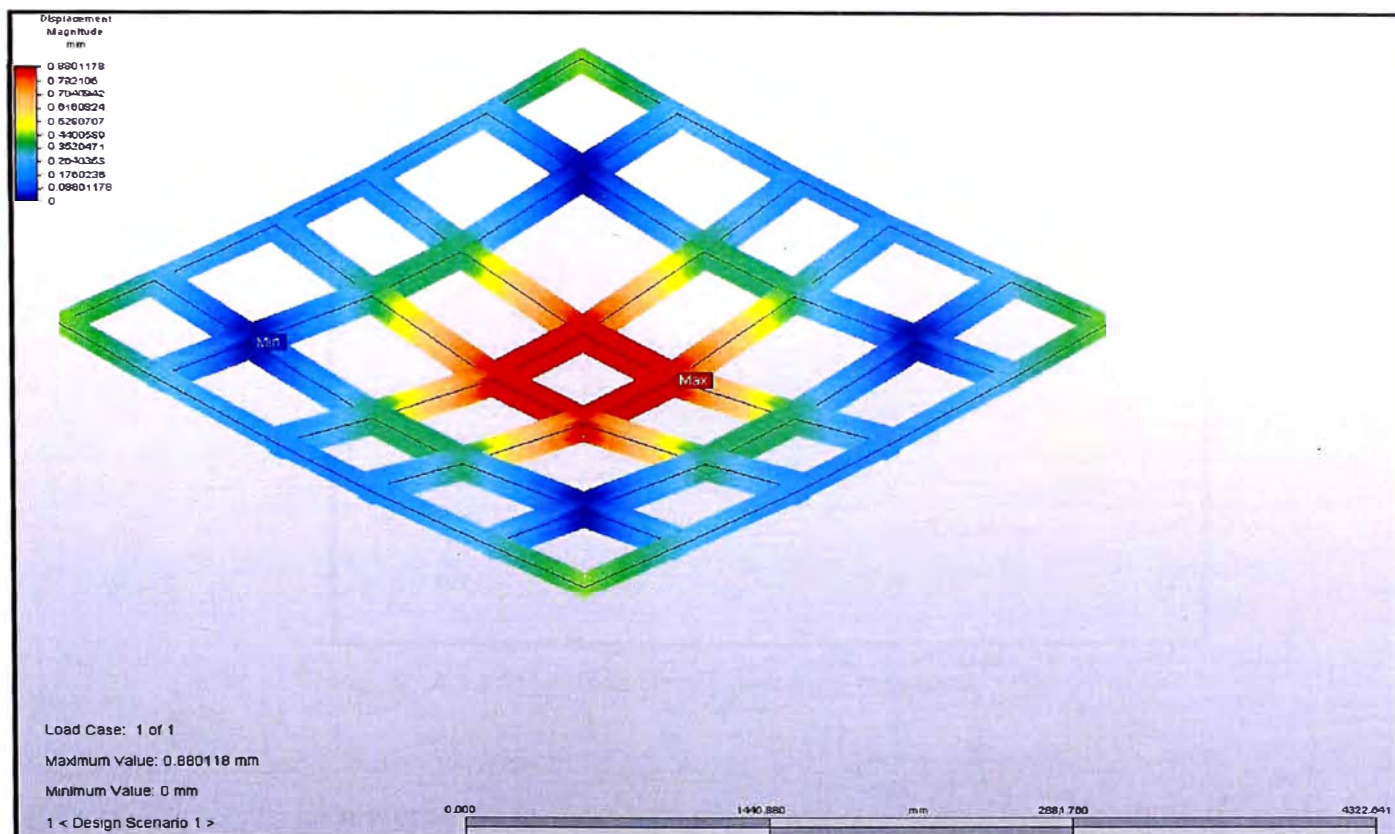


Fig. N° 4.12 Resultados obtenidos del análisis de desplazamientos en Plataforma Fuente: Software Autodesk Simulation Multiphysics

4.6.3 Soporte de Bomba:

Al igual que la plataforma, el soporte de la bomba se analizará haciendo uso del Software Autodesk Simulation Multiphysics (ex Algor), previamente se modelará en 3D el soporte haciendo uso del software AutoCad, y luego se aplicarán la carga sobre la superficie en que irá soportada la bomba. En la **Figura N° 4.13**, se muestra el modelo de la base de la bomba.

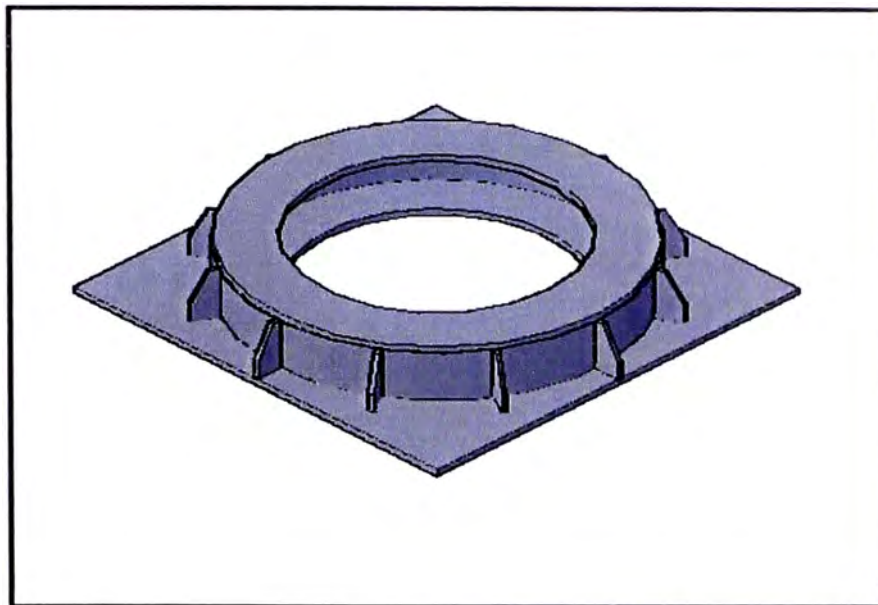


Fig.N° 4.13 Modelado de soporte para bomba

El material de la base será de Acero A-36, ésta base se apoyará, sobre la estructura de la Plataforma Metálica, mediante una plancha de acero de 1", mientras que la bomba se descansará sobre otra plancha de acero de 1" en forma de anillo circular como se muestra en el **Plano 08**.

Para el análisis, se aplicó la carga de 1600 Kg sobre la superficie del anillo circular, y se restringió el movimiento de traslación en la superficie de la base que va apoyada sobre la estructura de la Plataforma Metálica, obteniéndose los siguientes resultados de esfuerzo que se muestran en la **Figura N° 4.14**

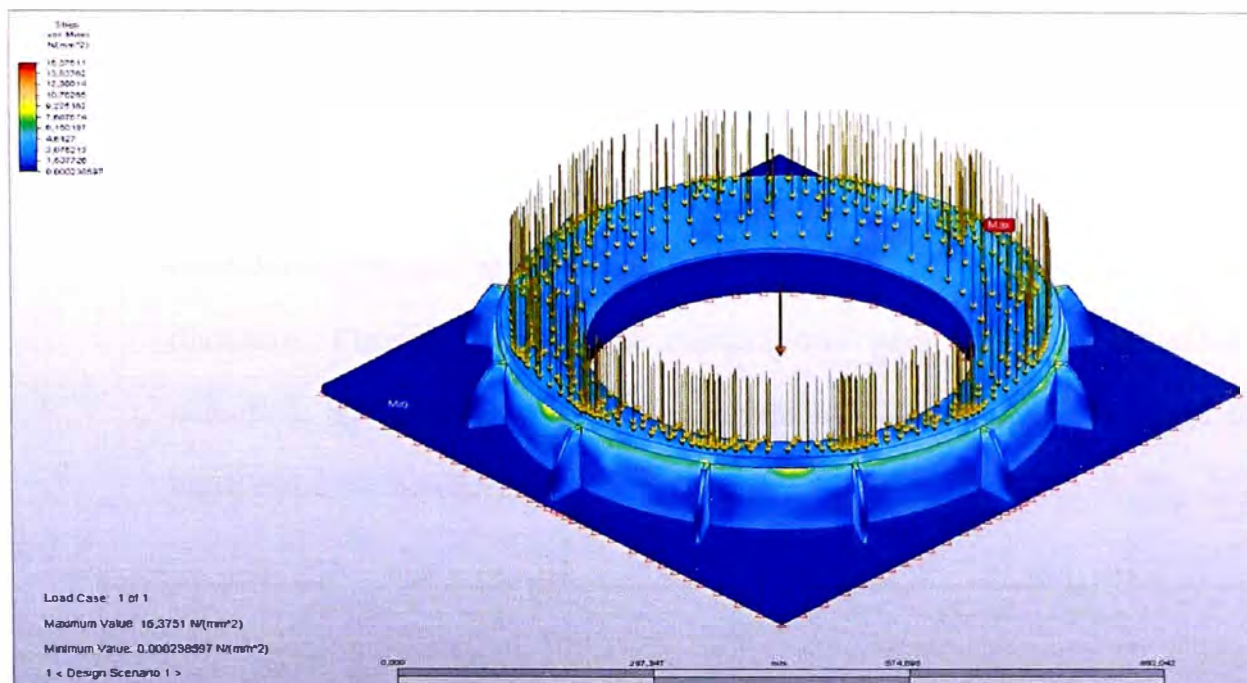


Fig. N° 4.14 Esfuerzo obtenido por el Método de Von Mises en Soporte de Bomba.
Fuente: Autodesk Simulation Multiphysics

Según la Teoría de Von Mises o teoría de la Energía de Distorsión, tenemos que el esfuerzo máximo obtenido es de 15.37 N/mm^2 (**Figura N°4.14**), el cual no supera el Esfuerzo de Fluencia del material, obteniendo un Factor de Seguridad de 16.26, de los resultados obtenidos podemos decir que la base será lo suficientemente resistente para soportar el peso de la bomba en condiciones de trabajo.

4.6.4 Flotador Metálico:

El flotador, al estar sometido a los esfuerzos propios de las condiciones de arrufo y quebranto, requiere tener una resistencia estructural que le permita trabajar con un margen seguridad tal que no supere los límites de fluencia del material. Utilizando la teoría de la viga buque,

procederemos a calcular el esfuerzo máximo debido a la flexión el cual se comparará con el esfuerzo de fluencia del material usado, es decir acero A-36, debiendo haber un factor de seguridad $FS \geq 2.5$. Para el caso de estudio consideraremos que el flotador estará compuesto por 04 tubos de 1.27m de diámetro, **Figura N° 4.15**, de manera que para cada uno de ellos se calculará, por separado, el esfuerzo máximo distribuyendo la carga total entre estos 04 flotadores.

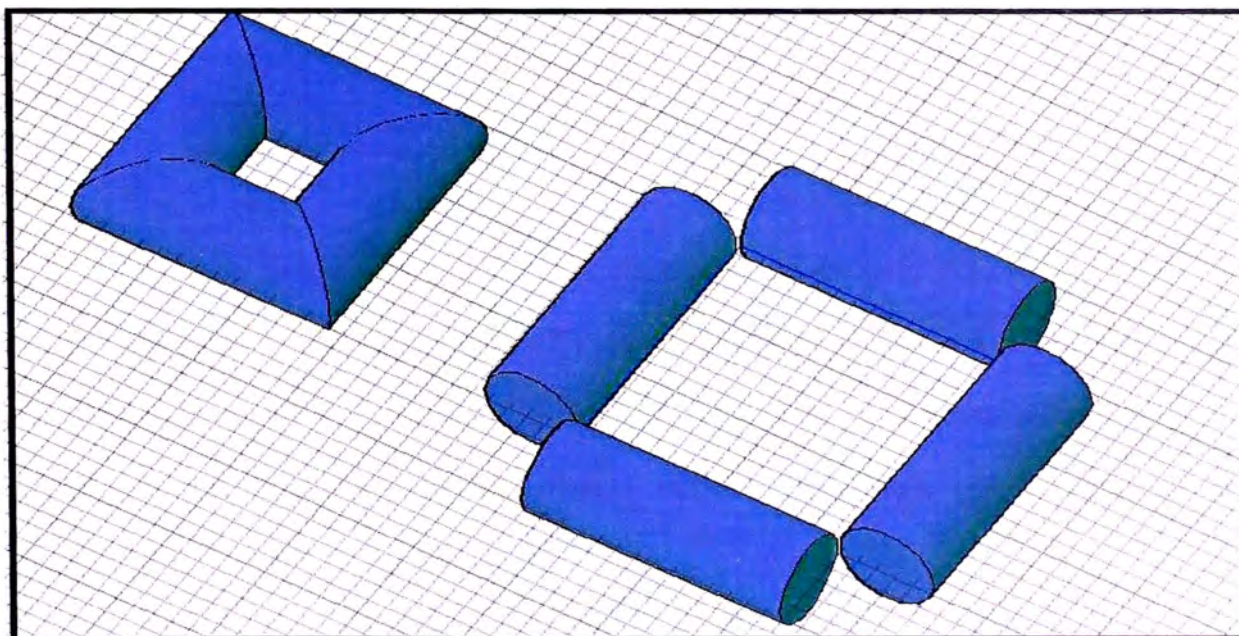


Fig. N°4.15 Flotador conformado por 04 cilindros de \varnothing 1.27m

Las cargas a las que estarán sometidos los flotadores serán las que se muestran en la **Tabla 4.10**.

Tabla 4.10: Cargas que soportará el Flotador

ITEM	DESCRIPCION	PESO (Kg)
1.	Plataforma	631
2.	Parrilla Grating	463.05
3.	Barandas	140.68
4.	Bomba 100 HP	1600
5.	Válvula Check 8"	90
6.	Bridas de 8"	100
7.	Tubería de acero de 8"	89
8.	Peso del Agua + cargas adicionales	15
9.	Tubería	15
10.	Personal + Herramientas	275
		4403.73

De la **Tabla 4.10** tenemos un peso total de 4403.73 Kg, sin embargo, a éste valor le adicionaremos el 15% producto de pemeira y soldadura, lo cual nos da un peso total de 5064.29 Kg, el cual se distribuirá en los 04 flotadores. Tenemos que el esfuerzo máximo está dado por la siguiente fórmula:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{S_{min}} \quad \dots (4.12)$$

Donde:

σ_{max} : Esfuerzo Máximo en el borde más alejado del CG de la sección. (Kg/mm²)

M : Momento Flector (ton.m)

S_{min} : Módulo de Sección a la fibra respecto a la fibra más alejada del CG de la Sección (mm³)

$$M = \frac{P.L}{4} \quad \dots (4.13)$$

Donde:

M : Momento Flector (ton.m)

P : Carga Total (t)

L : Eslora del flotador (m)

De lo anterior tenemos que:

$$P = \frac{5064.29}{4}$$

$$P = 1266.07 \text{ Kg} = 1.266\text{t}$$

$$M = \frac{1.266(t) \times 3.5(m)}{4}$$

$$M = 1.108 \text{ ton.m} = 1,107750 \text{ Kg.mm}$$

El cálculo del Módulo de Sección respecto a la fibra más alejada de flotador se hará considerando la sección circular del flotador de acuerdo a como se muestra en la **Figura N°4.16**

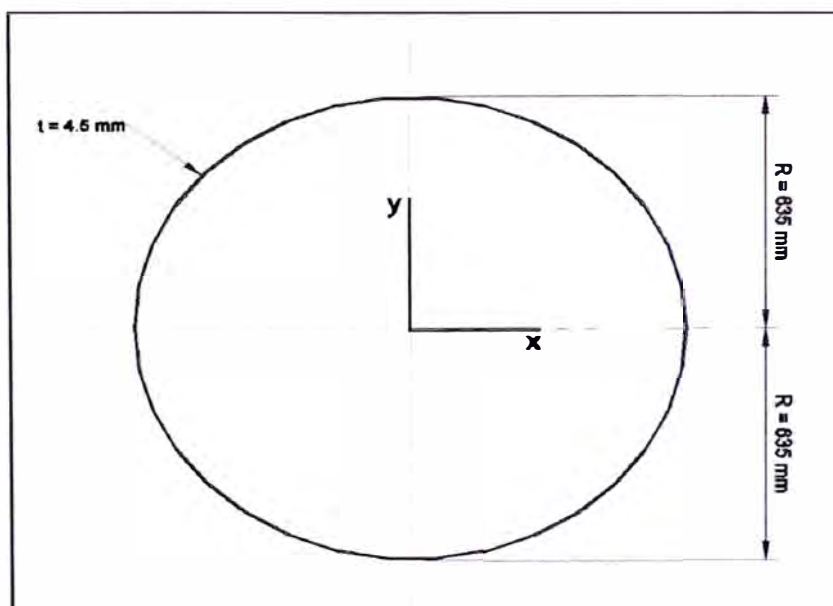


Fig. N° 4.16 Sección circular de flotador para cálculo de Módulo de Sección

Tenemos que el Momento de Inercia respecto al eje X es:

$$I_x = 3581494918.84 \text{ mm}^4$$

La distancia a la fibra más alejada del flotador está dada por la medida del radio del flotador:

$$R = 635 \text{ mm}$$

Por lo tanto:

$$S_{min} = \frac{3581494918.84 \text{ mm}^4}{635 \text{ mm}} = 5640149.48 \text{ mm}^3$$

Calculando el Esfuerzo Máximo en el borde más alejado del flotador

tenemos:

$$\sigma_{max} = \frac{1107750 \text{ Kg. mm}}{5640149.48 \text{ mm}^3}$$

$$\sigma_{max} = 0.196 \text{ Kg/mm}^2$$

Con el valor obtenido del esfuerzo máximo se compara con el esfuerzo de fluencia del material:

$$\sigma_y = 25 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\sigma_{ma} \ll \sigma_y$$

Por lo tanto se garantiza la Resistencia Longitudinal del flotador circular, utilizando el Método de la Viga buque. De igual Manera se hace la verificación de los esfuerzos por el Método de Von Mises, utilizando el Software Autodesk Simulation Multiphysics (ex – Algor), considerando las

cargas en los soportes sobre el cual irá la plataforma y restringiendo el movimiento de traslación del flotador.

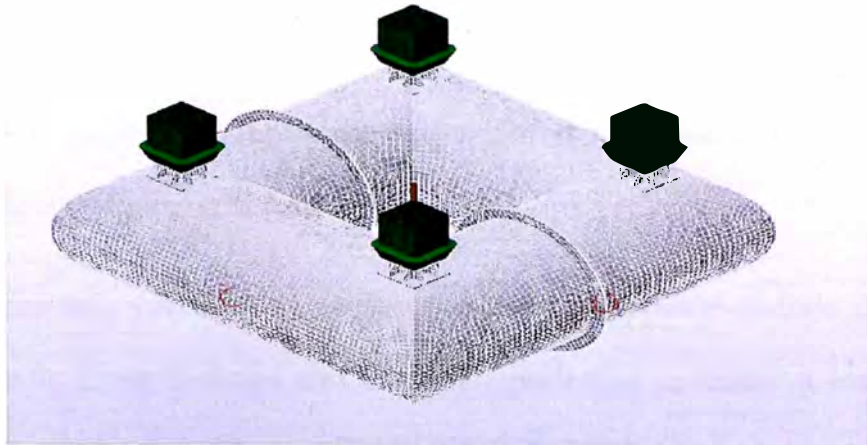


Fig. N°4.17 Modelado de Flotador y aplicación de cargas

Aplicando la carga de 5064.29 Kg, sobre los 04 soportes sobre los que irá la plataforma tenemos los resultados que se muestran en la **Figura N° 4.18:**

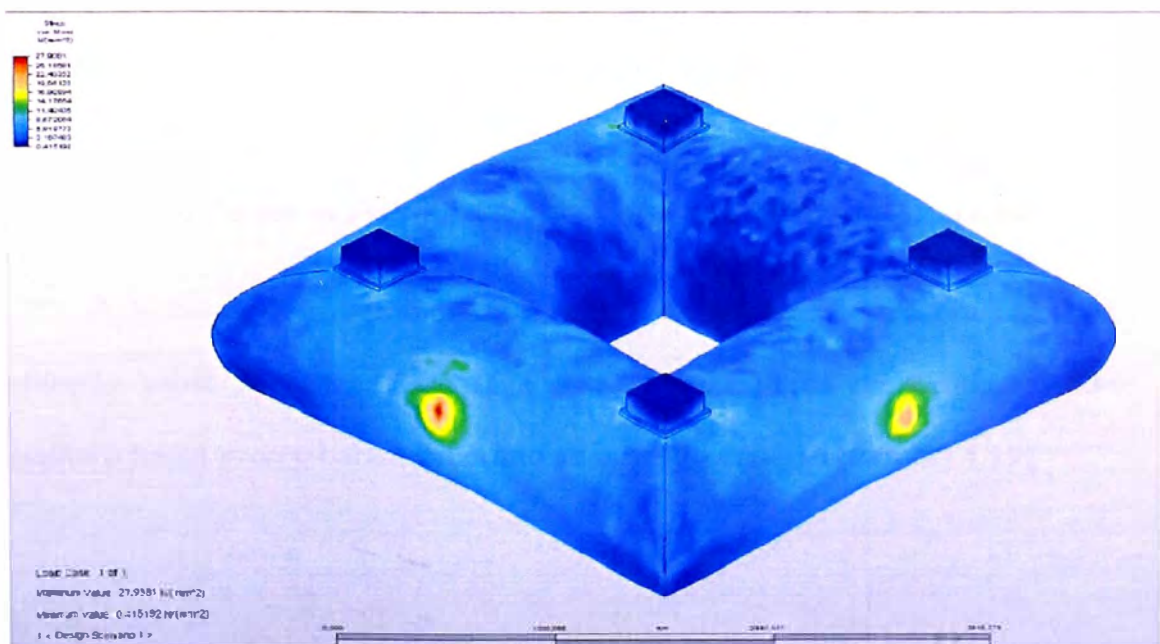


Fig. N° 4.18 Resultado obtenido para esfuerzos aplicando el Método de Von Misses

Según la Teoría de Von Mises o teoría de la Energía de Distorsión, tenemos que el esfuerzo máximo obtenido es de 27.93 N/mm² (**Figura N°4.18**), el cual no supera el Esfuerzo de Fluencia del material, obteniendo un Factor de Seguridad de 8.9, de lo anterior podemos decir que el flotador será lo suficientemente resistente para soportar los esfuerzos producidos por las cargas a las que estará sometido.

Habiendo verificado que la estructura del pontón trabaja dentro del rango de la Zona Elástica del material, podemos proceder a elaborar los planos de estructuras, **Planos N° 07, N° 08, y N°09**.

4.7 CALCULO DE LA ESTABILIDAD TRANVERSAL INICIAL:

4.7.1 Estimación de Pesos y Centros de Gravedad:

Para calcular el peso total del pontón calcularemos por separado el Peso en Rosca y Peso Muerto de la siguiente manera:

$$***Peso Total = Peso en Rosca + Peso Muerto(4.14)***$$

Asimismo, definiremos que el origen de los ejes de referencia estará ubicado sobre la Línea Base (Eje "X"), en la Línea de Crujía, siendo positivo hacia proa y babor, tal como se muestra en la **Figura N° 4.19:**

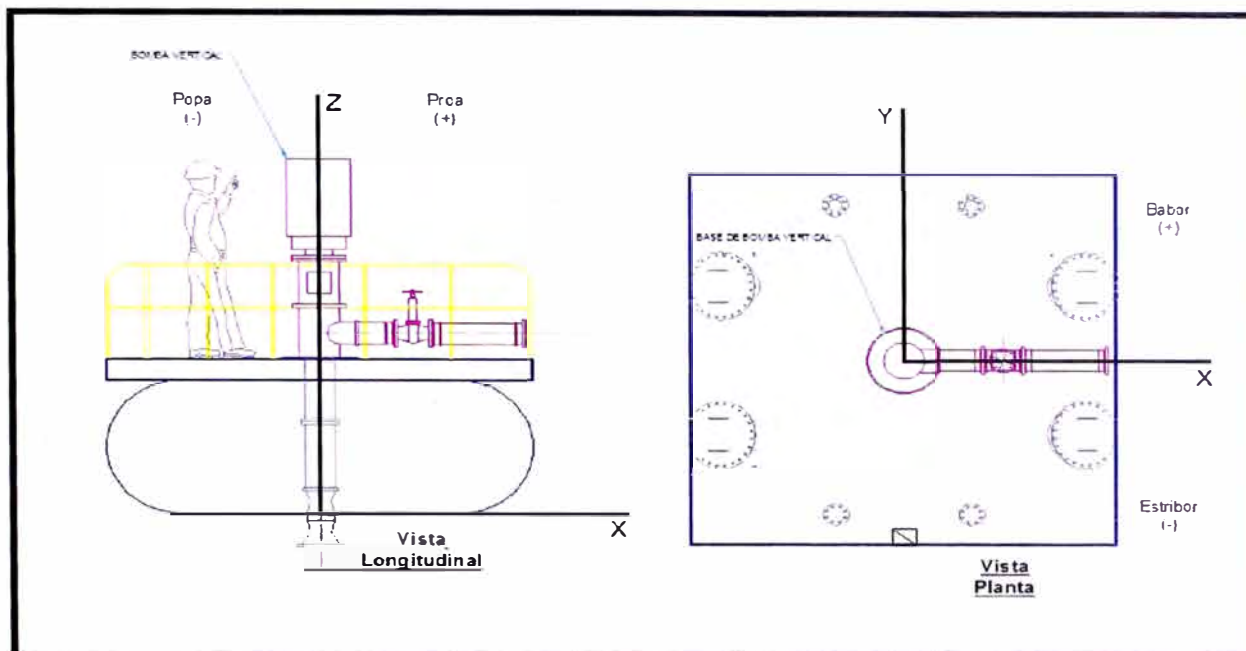


Fig. N° 4.19 Ejes de referencia en Pontón.

4.7.1.1 Peso en Rosca:

Tabla 4.11: Centros de gravedad y pesos de pontón (Peso en Rosca)

ITEM	DESCRIPCION	PESO (t)	X L.C.G. (m)	Y T.C.G. (m)	Z V.C.G. (m)	Mto Long. (ton.m)	Mto Trans. (ton.m)	Mto Vert. (ton.m)
1.	Flotador	2.150	0	0	0.68	0	0	1.462
2.	Estructura Plataforma	0.70	0	0	1.51	0	0	1.057
3.	Grating	0.48	0	0	1.59	0	0	0.763
4.	Barandas	0.21	0	-0.08	2.11	0	-0.017	0.443
	Base de Bomba	0.60	0	0	1.63	0	0	0.098
		3.60				0	-0.017	3.823

De la **Tabla 4.11** tenemos la siguiente información del Peso en Rosca:

Peso en Rosca : 3.60 Ton
 L.C.G : 0 m
 T.C.G. : -0.05 m
 V.C.G. : 1.06 m

4.7.1.2 Peso Muerto:

Tabla 4.12: Centros de Gravedad y Peso de accesorios en pontón (Peso Muerto)

ITEM	DESCRIPCION	PESO (t)	X L.C.G. (m)	Y T.C.G. (m)	Z V.C.G. (m)	Mto Long. (ton.m)	Mto Trans. (ton.m)	Mto Vert. (ton.m)
1.	Bomba 100 HP	1.60	0	0	2.37	0	0	3.792
2.	Válvula Check 8"	0.089	0.824	0	1.80	0.073	0	0.160
3.	Tubería Acero 8"	0.080	0.875	0	1.71	0.070	0	0.137
4.	Bridas	0.090	0.824	0	1.71	0.074	0	0.154
5.	Caja de Pase	0.015	0	-1.75	1.60	0	-0.026	0.024
		1.874				0.217	-0.026	4.267

Del cuadro anterior tenemos la siguiente información del Peso Muerto:

Peso Muerto : 1.874 Ton
 L.C.G : 0.116 m
 T.C.G. : -0.014 m
 V.C.G. : 2.277 m

De la **Fórmula 4.14**, tenemos:

Peso Total : 5.474 Ton

4.7.2 Cálculo de la Estabilidad Inicial:

Se sabe que para que cualquier embarcación o artefacto naval se encuentre en equilibrio estable se deben de cumplir que la altura Metacéntrica deberá ser mayor que cero:

$$GM > 0$$

Para el caso de éste tipo de artefactos navales no hay criterios de estabilidad establecidos por la OMI, por lo que el cálculo se basará en la Estabilidad Inicial para 03 condiciones de operación del pontón, para ello evaluaremos la condición de equilibrio longitudinal el cual al tratarse de un artefacto naval de forma cuadrada, tendremos los mismo resultados para los cálculos de estabilidad transversal como longitudinal, para ello estableceremos 04 condiciones de trabajo del pontón:

Primera Condición: Pontón sin equipos ni accesorios, ni personal de trabajo, es decir en condición de peso en rosca.

Segunda Condición: Pontón con equipos y accesorios sin personal de trabajo.

Tercera Condición: Pontón con todos los equipos y accesorios incluyendo el peso de 02 personas con sus herramientas para trabajos de inspección ubicados en los extremos más alejados de la plataforma, asimismo se considerará el peso del agua en la tubería de acero..

Cuarta Condición: Pontón sin bomba pero con todos los accesorios y 02 personas con herramientas ubicadas en el extremo más alejado de la plataforma.

4.7.2.1 Primera Condición de trabajo:

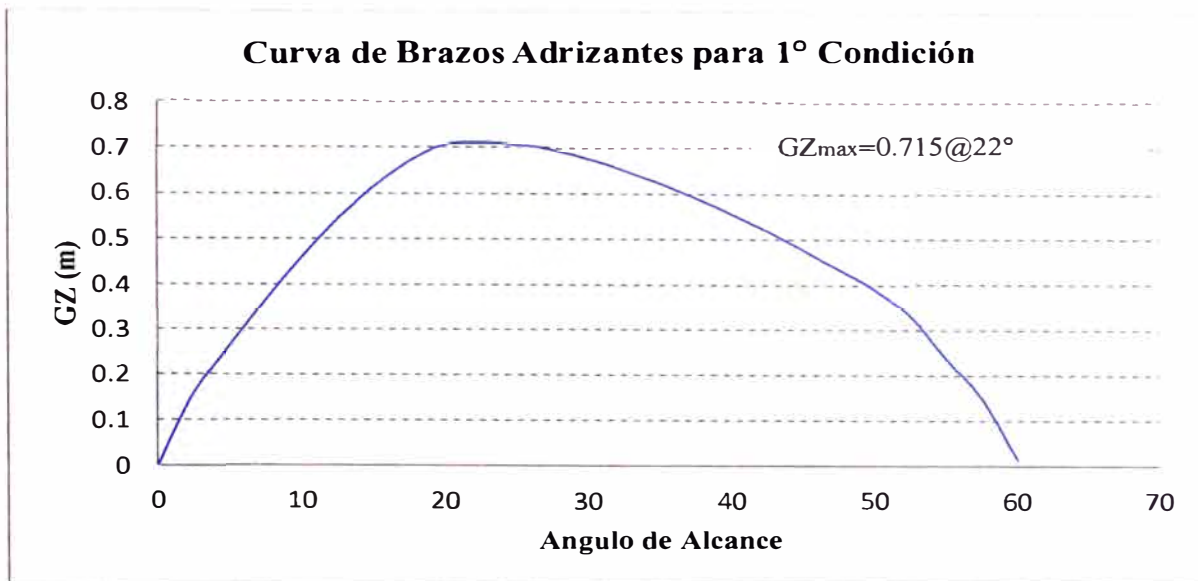
Obtenemos los siguientes valores de centros de gravedad:

Item	Qty	Weight (tonne)	Long. Arm (m)	Vert Arm (m)	Trans Arm (m)
Peso en Rosca de Pontón	1	3.6	0	1.06	-0.05

Con las condiciones halladas anteriormente, obtenemos los valores hidrostáticos para la condición de equilibrio según se muestra:

Draft Amidsh. m	: 0.44	KB m	: 0.25
Displacement tonne	: 3.6	KG fluid m	: 1.06
Draft at FP m	: 0.44	BMt m	: 3.28
Draft at AP m	: 0.44	BML m	: 3.29
WL Length m	: 3.46	GMt corrected m	: 2.48
WL Beam m	: 3.43	GML corrected m	: 2.49
Wetted Area m ²	: 12.55	KMt m	: 3.54
Waterpl. Area m ²	: 10.78	KML m	: 3.55
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	: -1.75	Immersion (TPc) tonne/cm]: 0.111
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	: -1.75	MTc tonne.m	: -7.83E+13
RM at 1deg =	: 0.156	Max deck inclination deg	: 1.1
GMt.Disp.sin(1) tonne.m			

Luego se obtiene la curva de estabilidad para grandes ángulos:



4.7.2.2 Segunda Condición de trabajo:

Obtenemos los siguientes valores de centros de gravedad:

Item	Qty	Weight (tonne)	Long. Arm (m)	Vert Arm (m)	Trans Arm (m)
Peso en Rosca de Pontón	1	3.6	0	1.06	-0.05
Válvula Check 8"	1	0.090	0.824	1.8	0
Tubería acero 8"	1	0.089	0.875	1.71	0
Bridas 8"	1	0.10	0.824	1.71	0
Caja de Pase	1	0.015	0	1.6	-1.75

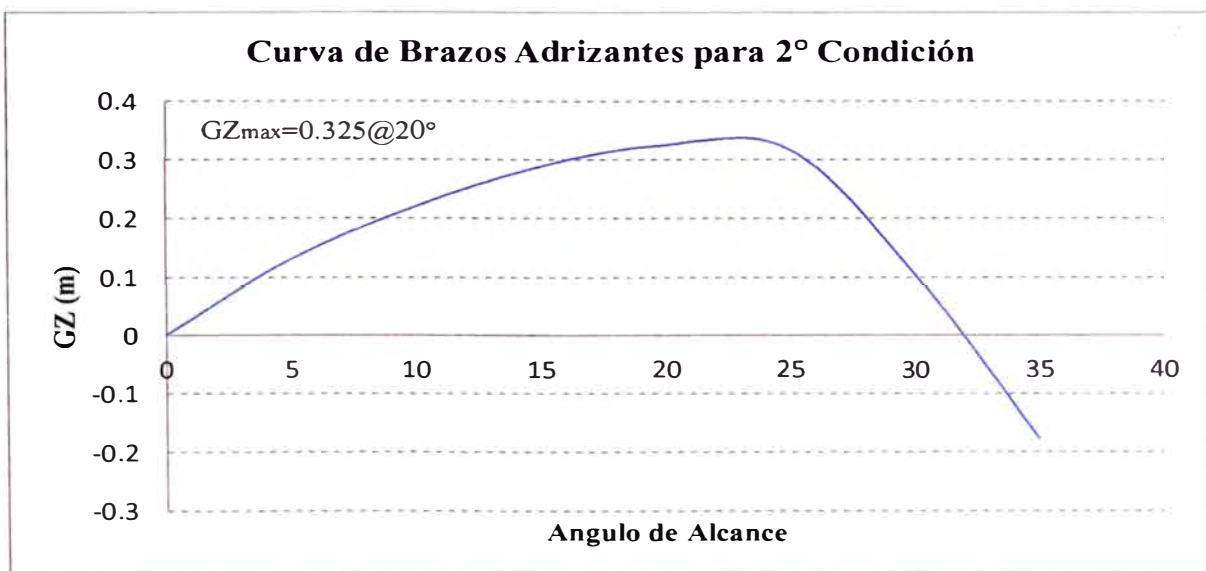
5.494 tonne LCG=0.04m VCG=1.47m TCG=-0.02m

Con las condiciones halladas anteriormente, obtenemos los valores hidrostáticos para la condición de equilibrio según se muestra:

:

Draft Amidsh. m	: 0.61	KB m	: 0.35
Displacement tonne	: 5.494	KG fluid m	: 1.47
Draft at FP m	: 0.67	BMt m	: 2.31
Draft at AP m	: 0.67	BML m	: 2.30
WL Length m	: 3.50	GMt corrected m	: 1.19
WL Beam m	: 3.49	GML corrected m	: 1.18
Wetted Area m ²	: 14.30	KMt m	: 2.66
Waterpl. Area m ²	: 11.29	KML m	: 2.65
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	: 0.083	Immersion (TPc) tonne/cm	: 0.116
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	: 0.001	MTc tonne.m	: 0.019
RM at 1 deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	: 0.114	Max deck inclination deg	: 2.5

Luego se obtiene la curva de estabilidad para grandes ángulos:



4.7.2.3 Tercera Condición de trabajo:

Obtenemos los siguientes valores de centros de gravedad:

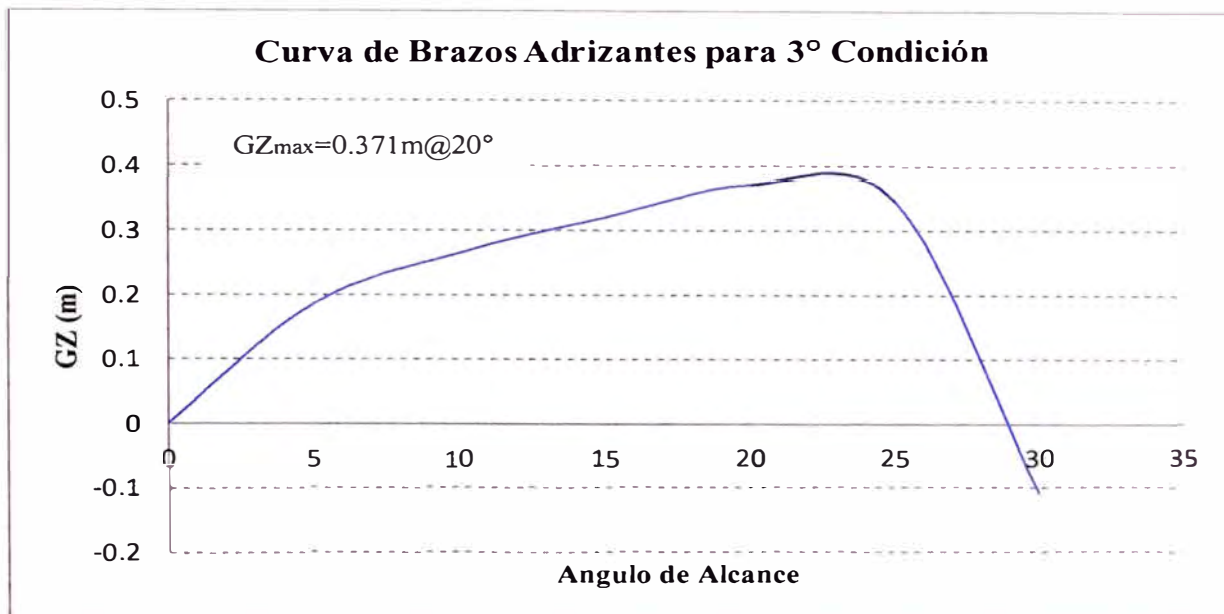
Item	Qty	Weight (tonne)	Long. Arm (m)	Vert Arm (m)	Trans Arm (m)
Peso en Rosca de Pontón	1	3.6	0	1.06	-0.05
Bomba 100 HP	1	1.6	0	2.37	0
Válvula Check 8"	1	0.090	0.824	1.8	0
Tubería acero 8"	1	0.089	0.875	1.71	0
Bridas 8"	1	0.10	0.824	1.71	0
Caja de Pase	1	0.015	0	1.6	-1.75
Agua en tubería de 8"	1	0.055	0.875	1.71	0
Personal de trabajo	1	0.2	-1.7	2.47	-1.7

5.749 Tonne LCG = -0.00 m VCG = 1.514m TCG = -0.09m

Con las condiciones halladas anteriormente, obtenemos los valores hidrostáticos para la condición de equilibrio según se muestra:

Draft Amidsh. m	: 0.632	KB m	: 0.36
Displacement tonne	: 5.75	KG fluid m	: 1.51
Draft at FP m	: 0.61	BMt m	: 2.15
Draft at AP m	: 0.65	BML m	: 2.17
WL Length m	: 3.50	GMt corrected m	: 1.00
WL Beam m	: 3.48	GML corrected m	: 1.02
Wetted Area m ²	: 14.74	KMt m	: 2.50
Waterpl. Area m ²	: 11.18	KML m	: 2.52
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	: -0.021	Immersion (TPc) tonne/cm	: 0.115
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	: 0	MTc tonne.m	: 0.017
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	- 0.10	Max deck inclination deg	: 5.2

Luego se obtiene la curva de estabilidad para grandes ángulos:



4.7.2.4 Cuarta Condición de trabajo:

Obtenemos los siguientes valores de centros de gravedad:

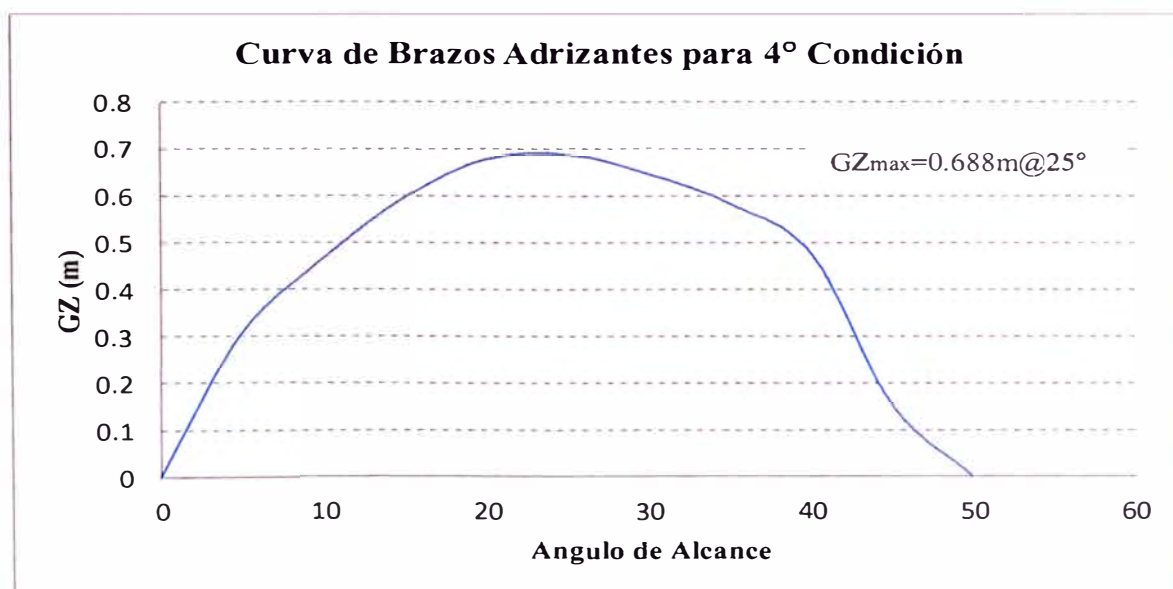
Item	Qty	Weight (tonne)	Long. Arm (m)	Vert Arm (m)	Trans Arm (m)
Peso en Rosca de Pontón	1	3.6	0	1.06	-0.05
Válvula Check 8"	1	0.089	0.824	1.8	0
Tubería acero 8"	1	0.08	0.875	1.71	0
Bridas 8"	1	0.09	0.824	1.71	0
Caja de Pase	1	0.015	0	1.6	-1.75
Personal de trabajo	1	0.2	-1.7	2.47	-1.7

4.07 Ton LCG = -0.12 m VCG = 1.174m TCG = -0.13m

Con las condiciones halladas anteriormente, obtenemos los valores hidrostáticos para la condición de equilibrio según se muestra:

Draft Amidsh. m	: 0.45	KB m	: 0.28
Displacement tonne	: 4.07	KG fluid m	: 1.17
Draft at FP m	: 0.45	BMt m	: 2.94
Draft at AP m	: 0.45	BML m	: 2.95
WL Length m	: 3.49	GMt corrected m	: 2.05
WL Beam m	: 3.46	GML corrected m	: 2.07
Wetted Area m ²	: 13.01	KMt m	: 3.22
Waterpl. Area m ²	: 10.91	KML m	: 3.23
LCB from Amidsh. (+ve fwd) m	: -1.79	Immersion (TPc) tonne/cm	: 0.11
LCF from Amidsh. (+ve fwd) m	: -1.76	MTc tonne.m	: 0
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	: 0.15	Max deck inclination deg	: 3.8
tonne.m			

Luego se obtiene la curva de estabilidad para grandes ángulos:



De los datos de equilibrio hidrostático obtenidos para las 04 condiciones de trabajo del pontón, podemos decir que éste tendrá un equilibrio estable ya para las 04 condiciones de trabajo, la altura metacéntrica es mayor a cero tal como se muestra en la **Tabla 4.13**

Tabla 4.13: Cuadro resumen de estabilidad

	GMt (m)	Δ (Ton)	Calado (m)	Francobordo (m)	Escora (°)
1° condición de trabajo	2.48	3.6	0.44	0.83	1.2°
2° condición de trabajo	1.19	5.49	0.61	0.66	1.4°
3° condición de trabajo	1.00	5.75	0.63	0.63	5.2°
4° condición de trabajo	2.05	4.07	0.45	0.82	

CAPITULO V

EVALUACION ECONOMICA

5.1 GENERALIDADES:

La evaluación de un proyecto es el proceso de medición de su valor, que se basa en la comparación de los beneficios que genera y los costos o inversiones que requiere, desde un punto de vista determinado.

5.2 EVALUACIÓN:

Los beneficios netos económicos han sido determinados considerando, que mientras la bomba no opere, el abastecimiento de agua para el campamento, será contratando el servicio de camiones cisterna para el llenado del Tk-03 (Capacidad: 1300 m³). Para éste caso:

Los Ingresos se basan en el ahorro de contratar el servicio de camiones cisternas.

Los egresos corresponden a los gastos de operación, insumos y mantenimiento de los pontones.

El costo de inversión es el diseño y construcción de los pontones.

La evaluación económica, evaluará las bondades intrínsecas del proyecto, como es el flujo real de bienes y servicios absorbidos y generados por éste, sin considerar el financiamiento de la inversión.

El periodo de servicio abarcará 30 años de vida útil total, sin embargo, para fines de estudio el tiempo estará basado en 10 años, por estar dentro de la vida útil económica, al cabo del cual los pontones se someterán a una evaluación a fin de recuperar sus performances.

5.3 CALCULO DE COSTOS:

5.3.1 Materiales:

En la **Tabla 5.1** se detalla el metrado de materiales utilizados para la fabricación de los pontones.

5.3.2 Costo de Fabricación de Pontones:

Los costos de diseño y fabricación se tomaron de acuerdo a los considerados por una empresa metalmecánica, en los cuales, el costo de los materiales incluye la mano de obra por material trabajado, tal como se muestra en la **Tabla 5.2..**

Tabla 5.1: Metrado de Materiales para Fabricación de Pontones

IT E M	DESCRIPCION	QTY	ESPECIFICACIONES		COD.	PESO UNIT .(Kg)	PESO TOTA L (Kg)
1.	FLOTADOR METALICO						
1.1	Flotador Metálico.	2	Pl 4.5mm	ASTM A-36	FL1	986	1972
1.2	Flotador Metálico.	2	Pl 4.5mm	ASTM A-36	FL2	986	1972
1.3	Tapa Manhole	8	Pl 6mmxØ 635	ASTM A-36	FL5	21	168
1.4	Tapa Tubo	8	Ø 4" Pl 8mm	ASTM A-36	FL6	2.5	20
1.5	Tapón Hembra roscado	8	Ø 2"	ASTM A-36	FL7	0.35	2.8
2.	PLATAFORMA METALICA						
2.2	Plataforma Metálica	2		ASTM A-36	PL1	350	700
2.3	Plataforma Metálica	2		ASTM A-36	PL2	350	700
2.4	Placas de Amarre	24	Pl 8x320x120	ASTM A-36	PL3	2.5	60
3.	BARANDAS						
3.1	Baranda	4	Tubo 1 1/4"	ASTM A-36 SCH40	BA1	62	248
3.2	Baranda	2	Tubo 1 1/4"	ASTM A-36 SCH40	BA2	24	48
4.	GRATING						
4.1	Grating	8	Pl. 1"x3/16"	ASTM A-36	GR1	36	288
4.2	Grating	8	Pl. 1"x3/16"	ASTM A-36	GR2	45	360
4.3	Grating	4	Pl. 1"x3/16"	ASTM A-36	GR3	35	140
4.4	Grating	4	Pl. 1"x3/16"	ASTM A-36	GR4	33	132
5.	SOPORTE DE BOMBA						
5.1	Soporte de Bomba	2		ASTM A-36	SB1	60	120

Tabla 5.2: Costos de Fabricación de Pontones

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	METRADO	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1.0	INGENIERIA				\$2,300.00
1.1	(01) Jefe de Proyecto	Mes	01	800	800
1.2	(01) Ing. de Proyecto	Mes	01	700	700
1.3	(01) Ing. Calculista	Mes	01	500	500
1.4	(01) Dibujante	Mes	01	300	300
2.0	FABRICACION				\$36,701.01
2.1	FLOTADOR METALICO	Kg	4134.8	4.50	18,606.60
2.2	PLATAFORMA METALICA	Kg	1460	4.50	6,570.00
2.3	BARANDAS	Kg	296	4.50	1,332.00
2.4	GRATING	Kg	920	4.50	4,140.00
2.5	SOPORTE DE BOMBA	Kg	120	4.50	540.00
2.6	ARENADO	m ²	62.248	5.20	323.69
2.7	PINTADO CON EPOXICO AMIDA	m ²	62.248	8.20	510.43
2.8	SOLDADURA	Kg	623.772	7.50	4,678.29
3.0	PRUEBAS				\$860.00
3.1	PRUEBAS NEUMATICAS E HIDROSTATICAS	Glb.	1	650.00	650.00
3.2	PRUEBA DE TINTES PENETRANTES	MI	35	6.00	210.00

COSTOS DIRECTOS	\$39,861.01
GASTOS GENERALES (30%)	\$11,958.30
UTILIDADES (10%)	\$3,986.10

SUB-TOTAL	\$55,805.42
IGV (18%)	\$10,044.98

TOTAL DE PRESUPUESTO	\$65,850.39

SON: SESENTA Y CINCO MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA CON 39/100 DOLARES

5.3.3 Costos de Sistema de Bombeo :

Están constituidos por el costo de las 02 bombas verticales de 100HP así como de las instalaciones Eléctricas y Mecánicas que permitirán abastecer al tanque de paso. Los costos son los que se indican en la **Tabla 5.3.**

Tabla 5.3: Costo de Sistema de Bombeo

ITEM	DESCRIPCION	COSTO (\$)
1.0	Bombas Verticales de 100 HP	131,466.00
2.0	Instalaciones Mecánicas	47,250.00
3.0	Instalaciones Eléctricas	87,750.00

5.3.4 Costos de Operación y Mantenimiento:

Están constituidos básicamente, por el mantenimiento y operación de la estación de bombeo flotante, es decir, las bombas, pontones y demás accesorios que forman parte del sistema. Asimismo, para fines de la evaluación, se tomarán en cuenta los costos debido a probables fallas que puedan presentarse a lo largo del periodo en que se realizará la evaluación.

5.3.5 Ingresos Anuales:

Para el cálculo de los beneficios, se ha considerado el ahorro que significaría tener que abastecer de agua mediante el servicio de camiones cisterna. El abastecimiento de agua se realiza llenando 02 veces al mes un

tanque de 1300 m³, mediante camiones cisterna de 5,000 galones de capacidad, cuyo costo por camión lleno es de S/. 110.00.

$$\text{Ingreso Anual} = \frac{V1}{V2} \times (N) \times (M) \times (C)$$

Donde:

V1: Capacidad de Tanque de Agua. (m³)

V2: Capacidad de camión Cisterna. (m³)

N: Número de veces que se llena el tanque al mes.

M: Número de meses.

C: Costo de servicio de camión cisterna con agua.

Donde:

V1	V2	N	M	C
1300 m ³	19 m ³	4	12	s/. 110.00

$$\text{Ingreso Anual} = \text{S/. } 361,263.16$$

5.4 EVALUACION ECONOMICA:

A partir del flujo económico, que se muestra en la **Tabla 5.4**, se calcularán los indicadores económicos básicos que nos mostrarán si el proyecto es o no rentable.

Tabla 5.4: Flujo económico de Sistema de bombeo flotante

AÑO		Mantenimiento y Operación	Inversión	Ingresos	Flujo de Caja Neto
0	2013		-S/. 883,961.60		-S/. 883,961.60
1	2014	-S/. 61,306.71	0	S/. 361,263.16	S/. 299,956.44
2	2015	-S/. 52,454.93	0	S/. 361,263.16	S/. 308,808.22
3	2016	-S/. 61,306.71	0	S/. 361,263.16	S/. 299,956.44
4	2017	-S/. 26,274.31	0	S/. 361,263.16	S/. 334,988.85
5	2018	-S/. 150,000.00	0	S/. 361,263.16	S/. 211,263.16
6	2019	-S/. 26,274.31	0	S/. 361,263.16	S/. 334,988.85
7	2020	-S/. 61,306.71	0	S/. 361,263.16	S/. 299,956.44
8	2021	-S/. 26,274.31	0	S/. 361,263.16	S/. 334,988.85
9	2022	-S/. 52,454.93	0	S/. 361,263.16	S/. 308,808.22
10	2023	-S/. 150,000.00	0	S/. 361,263.16	S/. 211,263.16

Fuente: Elaborada por el Autor

Tipo de cambio al 25/11/12: 1 dólar = 2.66 Nuevos Soles

5.4.1 Valor Actual Neto (VAN) :

Para este análisis, nuestra inversión inicial es de S/. 883,961.60 la cual contempla el diseño y fabricación de los pontones y los trabajos de instalaciones eléctricas y mecánicas del sistema de bombeo, además, se considerarán los costos de mantenimiento y operación,. Para la tasa de Oportunidad de Capital, tomamos un valor de 10%. Con los datos de la **Tabla 5.4** se procederá a calcular los valores del VAN desde el año 1 hasta el Año 10, tal como se muestra en la **Tabla 5.5**:

Tabla 5.5: Valores del VAN

AÑO	VAN
1	-S/. 611,273.92
2	-S/. 356,060.52
3	-S/. 130,698.80
4	S/. 98,103.09
5	S/. 229,280.89
6	S/. 418,373.37
7	S/. 572,298.45
8	S/. 728,573.22
9	S/. 859,538.06
10	S/. 940,989.15

5.4.2 Periodo de Recuperación (PR):

El periodo de Recuperación será el tiempo que transcurrirá hasta que el VAN = 0, de la **Tabla 5.5**, se puede observar que el Periodo de Recuperación ocurrirá dentro en:

$$\mathbf{PR = 3.5 \text{ años}}$$

5.4.3 Tasa de Interés de Retorno (TIR):

Representa la tasa de rendimiento económica del proyecto y se obtiene descontando el saldo neto de caja versus los recursos propios a la inversión. Esta tasa se calculará para cuando el VAN =0, es decir para un período de 3.5 años tenemos que:

$$\mathbf{TIR = 8\%}$$

CONCLUSIONES

1. Del análisis estructural por el Método de Falla por Energía de Distorsión Máxima, realizado a los elementos principales del pontón, se obtuvieron valores de esfuerzo inferiores a los 250N/mm^2 , el cual es el esfuerzo de fluencia del Acero A-36, con lo que obtenemos Factores de Seguridad superiores a 2.5 que es lo recomendado por normas navales existentes y por el libro de “Cálculo de estructuras de Buques” de Ricardo Martín Domínguez , con lo cual se puede concluir que los elementos principales del pontón podrán trabajar correctamente sin superar el límite de Fluencia del material Acero A-36. El siguiente Cuadro muestra los esfuerzos y factores de seguridad obtenidos:

	ELEMENTO	ESFUERZO OBTENIDO (N/mm²)	FACTOR DE SEGURIDAD
1.	SOPORTE DE BOMBA	15.37	16.26
2.	PLATAFORMA METALICA	27.93	8.9
3.	FLOTADORES METALICOS	17.26	14.48

Asimismo, para el caso de los flotadores, se evaluó la Resistencia Longitudinal considerando el método de la Viga Buque, donde se obtuvo el esfuerzo máximo considerando que cada flotador está compuesto por 04 tubos de 1.27 m de diámetro y un espesor de plancha de 4.5mm, obteniendo un valor de esfuerzo de 0.196 Kg/mm², el cual se procura que en la práctica de construcción naval no sea mayor a 10 Kg/ mm², por lo que se puede concluir que nuestro flotador tiene una resistencia longitudinal adecuada.

2. De las Curvas de estabilidad para las 04 condiciones de trabajo del pontón, podemos notar que el brazo adrizante máximo obtenido $GZ_{\text{máx}}$ ocurre para un ángulo de 22.5° el cual no cumple con la recomendación de la OMI (Organización Marítima Internacional), la misma que establece que para todo tipo de embarcación el valor de $GZ_{\text{máx}}$ debe ocurrir para un ángulo preferiblemente mayor a 30° pero no menor a 25°, sin embargo, las alturas metacéntricas iniciales GMO obtenidas para las 04 condiciones son mayores a cero que según la teoría de Estabilidad Inicial es lo recomendable para una situación de equilibrio estable, por lo que se puede concluir que el pontón tendrá una buena estabilidad inicial, teniendo en cuenta, además, que los trabajos a realizarse no producirán escoras peligrosas que afecten el equilibrio del pontón.

CONDICION DE TRABAJO	ALTURA METACENTRICA INICIAL GMo
1° CONDICION DE TRABAJO	2.48m
2° CONDICION DE TRABAJO	1.19m
3° CONDICION DE TRABAJO	1.00m
4° CONDICION DE TRABAJO	2.05m

3. El flujo económico muestra que la inversión que se requiere para el diseño de la estación de bombeo, son recuperables al cabo de 3.5 años con una Tasa de Interés de Recuperación (TIR) de 8%, estando dentro del periodo de 10 años que se asignó como vida económica, al cabo del cual el VAN es de S/. 940,989.15, con lo que se puede concluir que el proyecto de diseñar y fabricar los pontones para una estación de bombeo de agua flotante, es altamente rentable bajo la premisa, de tener que contratar un servicio de suministro de agua para abastecimiento de las necesidades básicas del campamento si es que no existiera una estación de bombeo propia.

RECOMENDACIONES

1. Para trabajos posteriores, se propone analizar la estabilidad para éste tipo de artefactos y en general de todos aquellos con dimensiones menores a 12 m, a fin de establecer criterios apropiados que permitan asegurar la integridad y buen desempeño en sus funciones, ya que la literatura encontrada para criterios de estabilidad de éste tipo de artefactos, sólo indica un análisis de la estabilidad inicial.
2. Debido a la creciente inversión minera que se viene dando en nuestro país, la demanda de servicios irá en aumento por lo que se recomienda implementar estándares constructivos y de seguridad para el diseño, fabricación y operación de éste tipo de artefactos navales, de uso exclusivo para sistemas de bombeo.

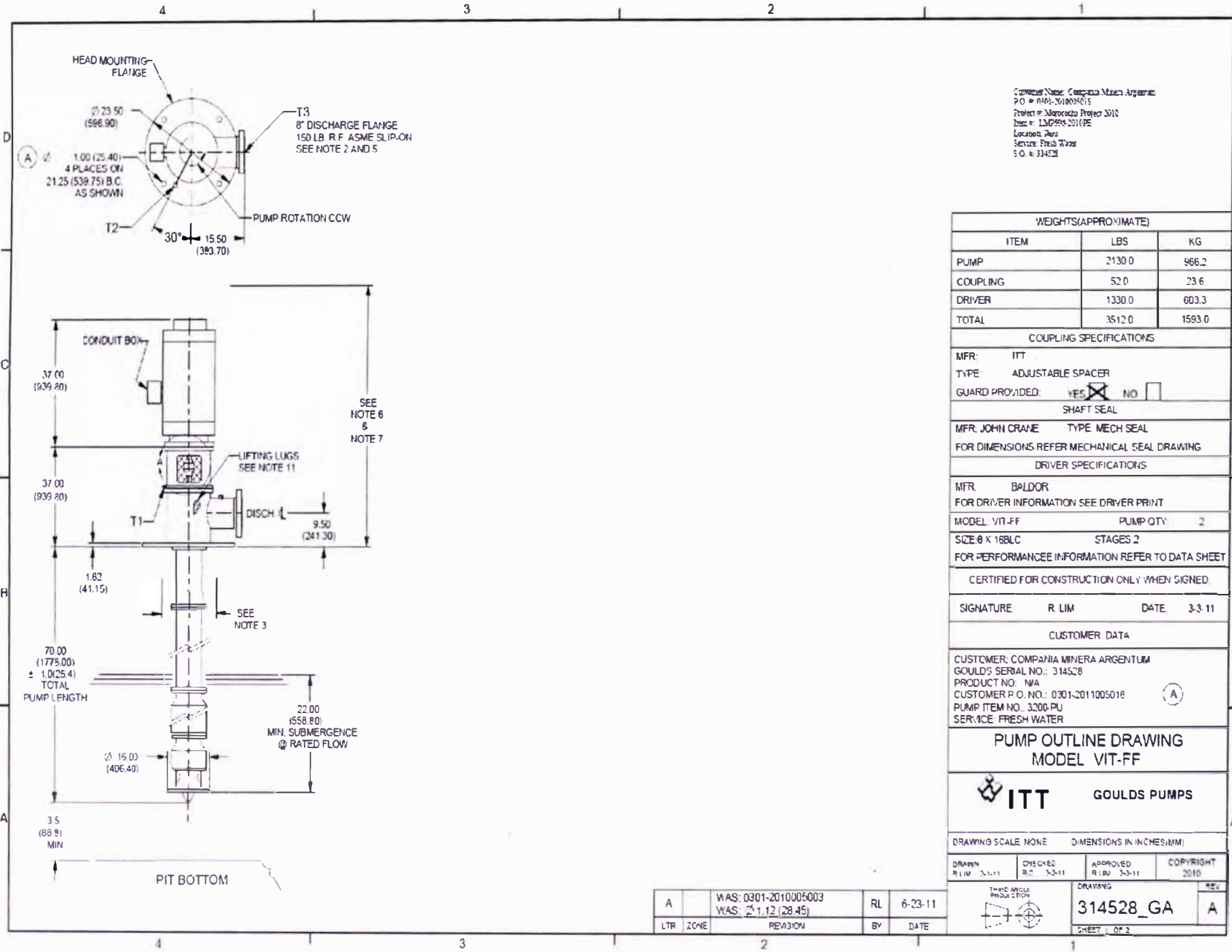
BIBLIOGRAFIA

1. Autodesk Simulation Multiphysics 2012, “Autodesk Simulation Multiphysics User’s, Guide”.
2. Hydromax, “Hydromax User’s Guide V11”
3. Peña Gatica, Jorge Andrés Tesis: “Estudio de la Resistencia Longitudinal mediante el Método de Elementos Finitos”. - Chile 2008
4. Gago Rodríguez, Aember G. Tesis “Diseño de un empujador fluvial de 900 HP de potencia instalada para la navegación en la Amazonía Peruana”.
5. Mandelli, Antonio, “Elementos de Arquitectura Naval” , Editorial Alsina, Buenos Aires, 1960.
6. Olivella Puig, Joan, “Teoría del Buque: Estabilidad, Varada e Inundación”-Ediciones UPC-Primera Edición, 1996.

7. Taylor G., Ingeniería Económica, Editorial Limusa, México, 1980.
8. P. Beer y E. Russell Johnston, Jr , Mecánica de materiales. Ferdinand. EEUU 1993.
9. Timoshenko, S. (1957), “Resistencia de Materiales”, Primera Parte ESPASACALPE, S.A.
10. DICAPI-“Código de Seguridad de Equipo para Naves y Artefactos Navales, Marítimos, Fluviales y Lacustres” (2003)
11. Government Canadá, “Construction Standards for Small Vessel”.
12. ITT Gould Pump “ Manual Operación y Mantenimiento”.
13. <http://www.gratingperu.com/>

ANEXOS

ANEXO N° 01



Customer Name: Compania Minera Argentina
 P.O. # 0301-201005003
 Project # Maracota Project 2010
 Item # 314528-2010PE
 Location Peru
 Service Fresh Water
 S.O. # 314528

WEIGHTS (APPROXIMATE)		
ITEM	LBS	KG
PUMP	2130.0	966.2
COUPLING	52.0	23.6
DRIVER	1330.0	603.3
TOTAL	3512.0	1593.0

COUPLING SPECIFICATIONS	
MFR:	ITT
TYPE:	ADJUSTABLE SPACER
GUARD PROVIDED:	YES <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>
SHAFT SEAL	
MFR:	JOHN CRANE
TYPE:	MECH SEAL
FOR DIMENSIONS REFER MECHANICAL SEAL DRAWING	

DRIVER SPECIFICATIONS	
MFR:	BALDOR
FOR DRIVER INFORMATION SEE DRIVER PRINT	
MODEL:	VIT-FF
PUMP QTY:	2
SIZE:	6 X 16BLC
STAGES:	2
FOR PERFORMANCE INFORMATION REFER TO DATA SHEET	

CERTIFIED FOR CONSTRUCTION ONLY WHEN SIGNED			
SIGNATURE	R. LIM	DATE	3-3-11
CUSTOMER DATA			

CUSTOMER: COMPANIA MINERA ARGENTUM
 GOULDS SERIAL NO.: 314528
 PRODUCT NO.: N/A
 CUSTOMER P.O. NO.: 0301-2011005018
 PUMP ITEM NO.: 3200-PU
 SERVICE: FRESH WATER

**PUMP OUTLINE DRAWING
 MODEL VIT-FF**

ITT GOULDS PUMPS

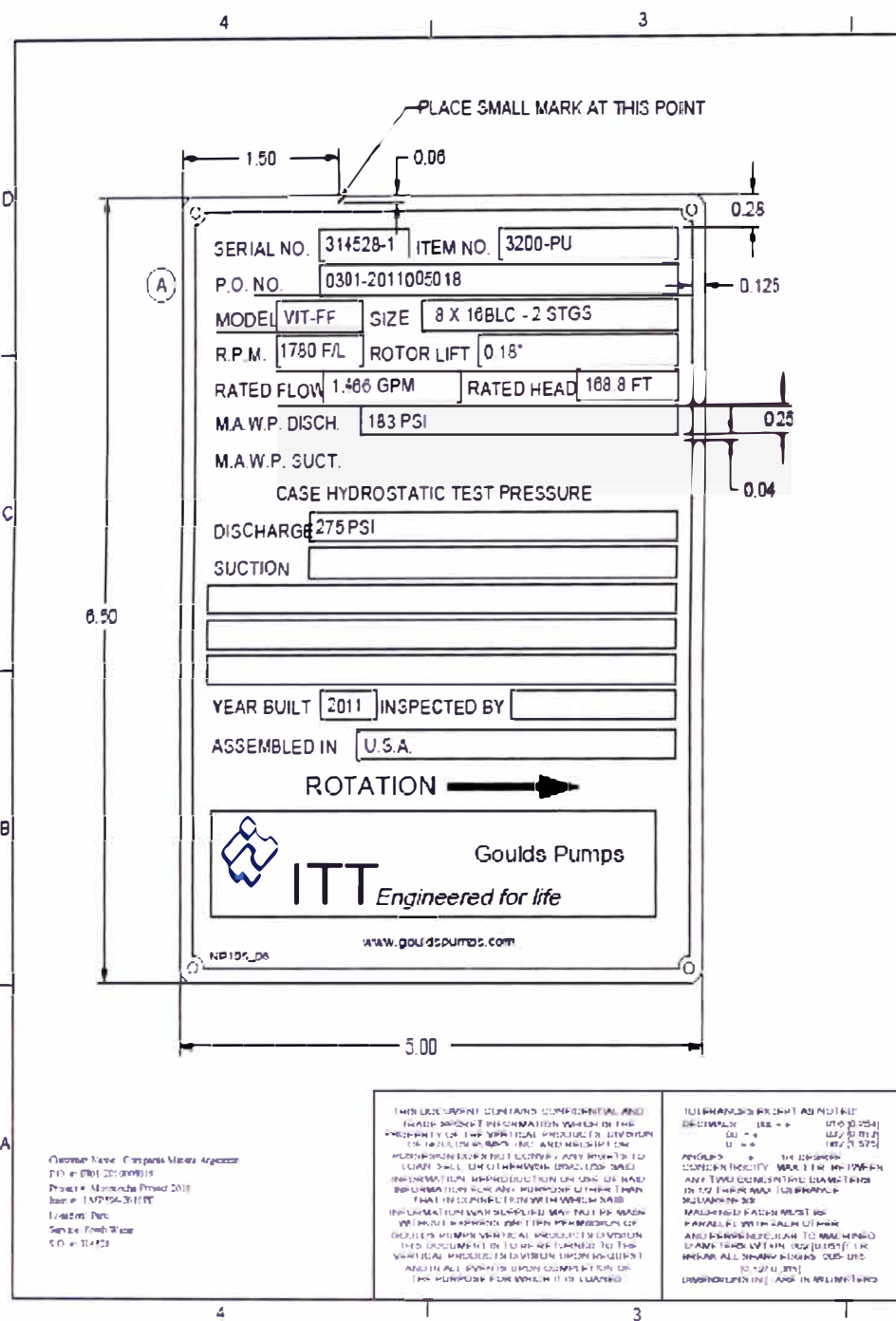
DRAWING SCALE: NONE DIMENSIONS IN INCHES(MM)

DRAWN	CHECKED	APPROVED	COPYRIGHT
RLW 3-1-11	R.L. 3-2-11	R.L. 3-3-11	2010

LTR	ZONE	REVISION	BY	DATE
A		WAS: 0301-2010005003 WAS: 1.12 (28.45)	RL	6-23-11



DRAWING: **314528_GA**
 SHEET 1 OF 2



NO	ENGINEERING NOTES
1	TEMPERATURE BASIS FOR M.A.W.P SHALL BE INCLUDED
2	WHEN DESIGN INCLUDES THRUST POT. BEARING IDENTIFICATION PER GOULDS DRAWING NUMBER SHALL BE INCLUDED.
3	USE ADDITIONAL PLATES AS NEEDED.

ORDER NO.:	314528-1
QUANTITY:	1
BY:	RL
DATE:	3-8-11



REMARKS

STANDARD PLATE THICKNESS 0.040 ± 0.005
 HORIZONTAL GRAIN. MATERIAL 316 SS.
 BACKGROUND GRAY.
 ITT LOGO YELLOW.

A	WAS: P.O. NO. 0301-201005003	RL	6-23-11
LTR	ZONE	REVISION	By DATE

Customer Name: Goulds Pumps Mexico Argentina
 P.O. # 0301-201005003
 Project # Mexico Project 2011
 Date # 11/05/11
 Location: Peru
 Serial: Final User
 C.O. # 314528

THIS DOCUMENT CONTAINS CONFIDENTIAL AND TRADE SECRET INFORMATION WHICH IS THE PROPERTY OF THE VERTICAL PUMP DIVISION OF ITT. IT IS TO BE KEPT STRICTLY CONFIDENTIAL AND NOT REPRODUCED OR DISCLOSED TO ANY OTHER PARTY WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE VERTICAL PUMP DIVISION OF ITT. ANY INFORMATION REPRODUCED OR DISCLOSED TO ANY OTHER PARTY WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE VERTICAL PUMP DIVISION OF ITT IS TO BE KEPT STRICTLY CONFIDENTIAL AND NOT REPRODUCED OR DISCLOSED TO ANY OTHER PARTY WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE VERTICAL PUMP DIVISION OF ITT. ANY INFORMATION REPRODUCED OR DISCLOSED TO ANY OTHER PARTY WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE VERTICAL PUMP DIVISION OF ITT IS TO BE KEPT STRICTLY CONFIDENTIAL AND NOT REPRODUCED OR DISCLOSED TO ANY OTHER PARTY WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THE VERTICAL PUMP DIVISION OF ITT.

TITLE			
NAMEPLATE			
DESIGNED BY	DATE	CHECKED BY	DATE
R. LIM	3/8/11	P. SALAS	3/8/11
SCALE	 GOULDS PUMPS		
1.00	 ITT Engineered for life		
			314528NP-1

ANEXO N° 02

NIBCO

AHEAD OF THE FLOW®

www.nibco.com

Revised 7/3/2012

Class 125/250 Iron Body Silent Check Valves

Wafer Style • Renewable Seat and Disc • Spring Actuated (1/2 PSI Cracking Pressure)

Class 125, 200 PSI/13.8 Bar Non-Shock Cold Working Pressure
Class 250, 400 PSI/27.6 Bar Non-Shock Cold Working Pressure
Maximum Temperature to 200° F/93° C ♦

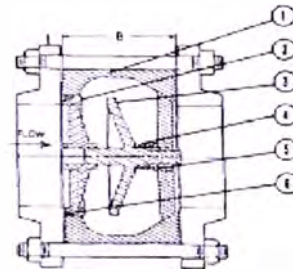
CONFORMS TO MSS SP-125 • FM APPROVED
 W910-B — 2" thru 10" ONLY

MATERIAL LIST

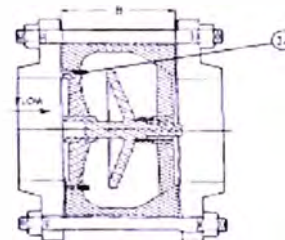
PART	SPECIFICATION
1. Body	Cast Iron ASTM 126 Class B
2. Seat	Bronze ASTM B 584 Alloy C83600 (B)
2a. Seat	Buna-N Bonded to Bronze (W)
3. Disc	Bronze ASTM B 584 Alloy C83600
4. Spring	Stainless Steel Type 316 ASTM A 313
5. Bushing	ASTM B 16
6. Seat Screws	Stainless Steel Type 304 ASTM F 879



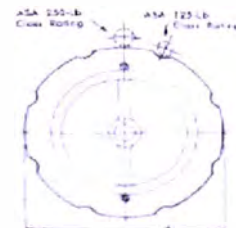
W-910 125 lb. Class
W-960 250 lb. Class



W-910-B/W-960-B
 Wafer



W-910-W/W-960-W
 Wafer



W-910-B/W-960-B
 Wafer

DIMENSIONS—WEIGHTS—QUANTITIES

Size	Dimensions				W-910		W-960		
	A		B		Lbs.	Kg.	Lbs.	Kg.	
In.	mm.	In.	mm.	In.	mm.	Lbs.	Kg.	Lbs.	Kg.
*2	50	4.25	108	2.63	67	6	5	6	3
*2½	65	5.00	127	2.89	73	7	3	7	3
*3	80	5.75	146	3.13	79	12	5	12	5
*4	100	7.00	178	4.00	102	18	8	18	8
*5	125	8.33	213	4.63	117	27	12	27	12
*6	150	9.75	248	5.50	140	42	19	42	19
8	200	13.38	340	6.50	165	185	39	86	39
10	250	16.00	406	8.25	210	1146	68	1137	62

* NOTE: Sizes 2" thru 6" have dual class ratings (125 lb. and 250 lb.) resulting in W-910 and W-960 being identical. 8" and 10" have special machining in accordance with Flange Class.

† 16 Stainless Steel Trim available - Consult Factory.

‡ 316 Stainless Steel Trim w/FKM Seat available - Consult Factory.

† Class 125 only

‡ Class 250 only.

USE THIS VALVE ONLY WITH FLAT FACE FLANGE AND FULL FACE GASKET

WARNING: 1. Seal end of valve must be mated to a standard flat faced metal flange. Rubber flanges not acceptable.

2. These are not to be used as steam valves.

3. Valves are not to be used near a reciprocating air compressor.

4. Install 5 pipe diameters minimum downstream from pump discharge or elbows to avoid flow turbulence. Flow straighteners may be required in extreme cases.

Note: On pump discharge, the preferred check valves are:

- inline, spring assisted, center-guided, lift checks
- spring assisted twin (double) disc
- swing design with lever and weight or lever and spring

You should also install the check valve as far from the pump as possible and at a minimum length of 5 times the pipe diameter. Flow straighteners may be required.

♦ For detailed Operating Pressure, refer to Pressure Temperature Chart on page 113

ANEXO N° 03



ROUGH TERRAIN CRANE
RT 35

DATASHEET METRIC



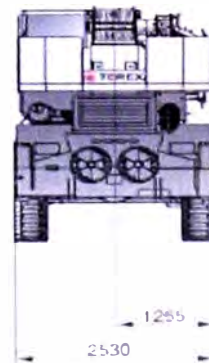
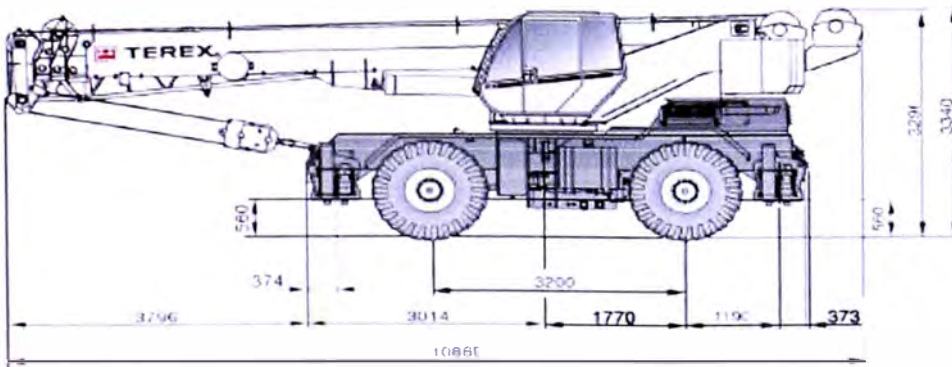
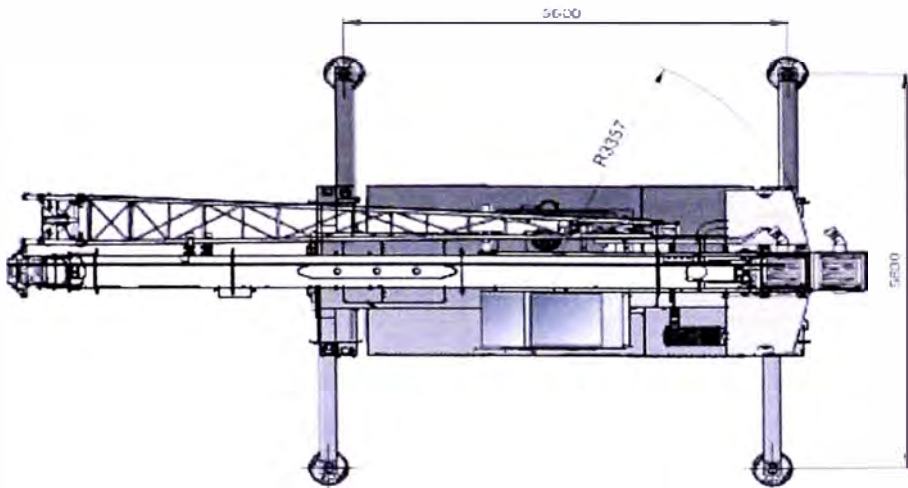
RT 35

WORKS FOR YOU.

DIMENSIONS

RT 35

DIMENSIONS ABMESSUNGEN · DIMENSIONI · DIMENSIONES
DIMENSÕES · РАЗМЕРЫ



RANGE GRAPH

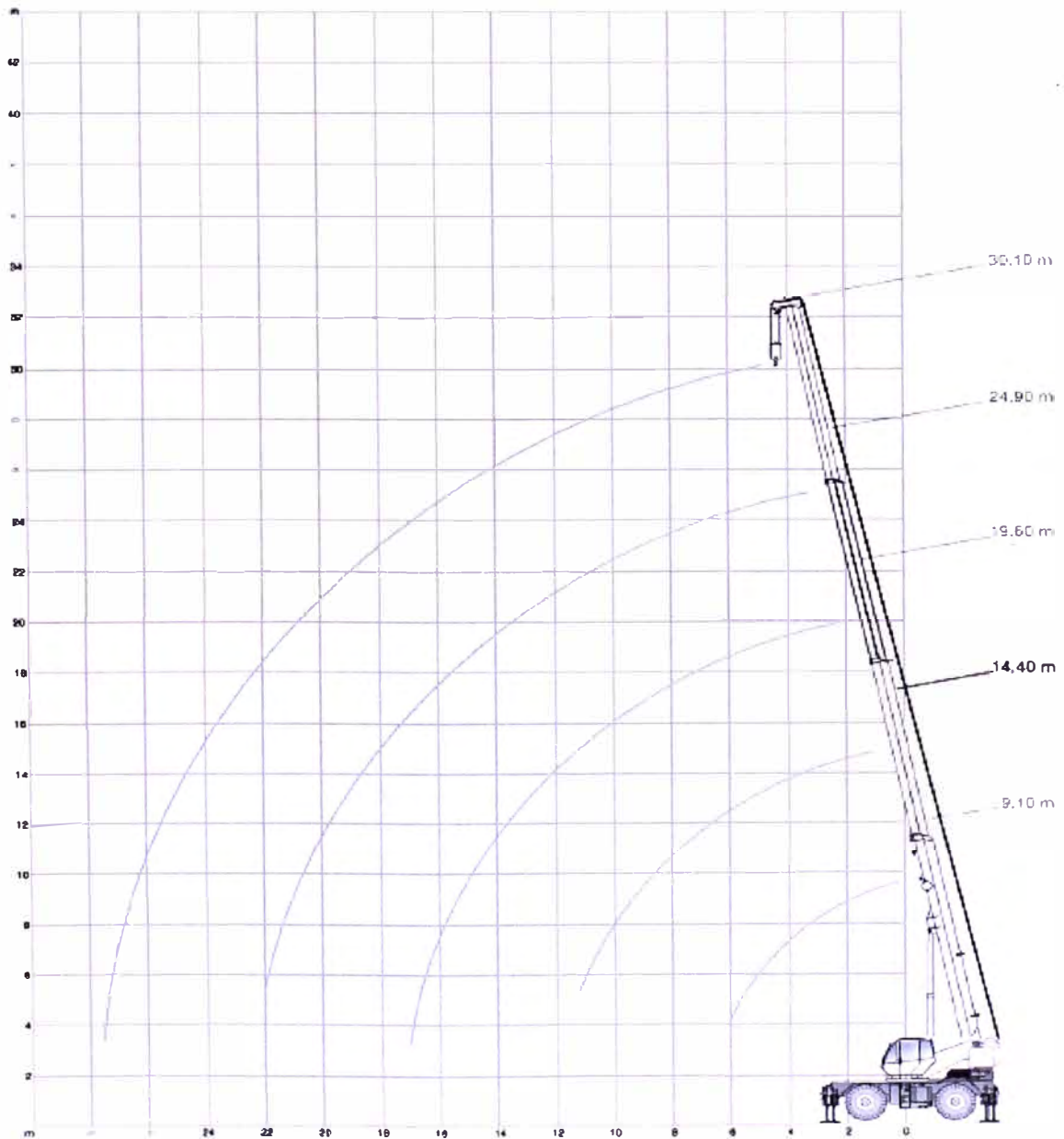
RT 35

DIAGRAMME DE CHARGE · ARBEITSBEREICH · CAMPO DI PORTATA
 DIAGRAMA DE CARGA · GRÁFICO DE ALCANCE · ДИАГРАММА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ



Main boom with hook block:	1.6 m
Extension with hook ball:	0.7 m
Flèche principale avec crochet moufle:	1.6 m
Extension avec boule:	0.7 m
Hauptausleger mit Unterflasche:	1.6 m
Verlängerung mit Hakengehänge:	0.7 m
Braccio principale con bozzello:	1.6 m
Prolunga con gancio a palla:	0.7 m




Pluma principal con gancho:	1.6 m
Extensión con aparejo de gancho:	0.7 m
Lança principal com moedão:	1.6 m
Extensão com gancho bola:	0.7 m
с крюковой блоком:	1.6 м
Со шкворном крюковой блока:	0.7 м






LOAD CHART

RT 35

GRAPHIQUE DE CHARGE · TRAGLASTTABELLE · DIAGRAMMA DI CARICO ·
TABLA DE CARGA · TABELA DE CARGA · ТАБЛИЦА НАГРУЗОК

5 t		5.6 m x 5.8 m					360°		EUROPEAN STANDARD EN 13000	
		9.1 m	14.4 m	19.6 m	24.9 m	30.1 m				
m	t	t	t	t	t	t	m			
3.0	35.00	21.70	16.10	-	-	-	3.0			
3.5	31.00	20.75	15.00	12.90	-	-	3.5			
4.0	28.40	19.90	14.05	12.05	-	-	4.0			
4.5	25.50	19.15	13.20	11.30	5.00	-	4.5			
5.0	23.00	18.45	12.45	10.60	5.00	5.00	5.0			
6.0	16.25	17.25	11.00	9.40	5.00	5.00	6.0			
7.0	-	12.10	9.80	8.35	5.00	5.00	7.0			
8.0	-	9.45	8.85	7.50	5.00	5.00	8.0			
9.0	-	7.60	8.05	6.80	5.00	5.00	9.0			
10.0	-	6.25	6.30	6.20	5.00	5.00	10.0			
11.0	-	5.25	5.30	5.70	4.80	4.80	11.0			
12.0	-	-	4.50	4.50	4.50	4.50	12.0			
13.0	-	-	3.85	3.80	3.70	3.70	13.0			
14.0	-	-	3.30	3.30	3.30	3.30	14.0			
15.0	-	-	2.90	2.85	2.85	2.85	15.0			
16.0	-	-	2.45	2.50	2.50	2.50	16.0			
17.0	-	-	2.15	2.15	2.20	2.20	17.0			
18.0	-	-	-	1.90	1.90	1.90	18.0			
19.0	-	-	-	1.65	1.65	1.65	19.0			
20.0	-	-	-	1.40	1.45	1.45	20.0			
21.0	-	-	-	1.20	1.25	1.25	21.0			
22.0	-	-	-	1.05	1.05	1.05	22.0			
23.0	-	-	-	-	0.90	0.90	23.0			
24.0	-	-	-	-	0.75	0.75	24.0			
25.0	-	-	-	-	0.65	0.65	25.0			
26.0	-	-	-	-	0.50	0.50	26.0			
27.0	-	-	-	-	0.40	0.40	27.0			

5 t		5.6 m x 3.3 m					360°		EUROPEAN STANDARD EN 13000	
		9.1 m	14.4 m	19.6 m	24.9 m	30.1 m				
m	t	t	t	t	t	t	m			
3.0	30.90	21.70	16.10	-	-	-	3.0			
3.5	21.95	20.75	15.00	12.90	-	-	3.5			
4.0	16.90	17.05	14.05	12.05	-	-	4.0			
4.5	13.45	13.55	13.20	11.30	5.00	-	4.5			
5.0	11.10	11.20	12.45	10.60	5.00	5.00	5.0			
6.0	8.05	8.15	8.15	8.20	5.00	5.00	6.0			
7.0	-	6.20	6.25	6.25	5.00	5.00	7.0			
8.0	-	4.90	4.90	4.95	4.95	4.95	8.0			
9.0	-	3.95	3.95	3.95	3.95	3.95	9.0			
10.0	-	3.20	3.25	3.25	3.25	3.25	10.0			
11.0	-	2.60	2.65	2.65	2.65	2.65	11.0			
12.0	-	-	2.15	2.15	2.15	2.15	12.0			
13.0	-	-	1.80	1.80	1.80	1.80	13.0			
14.0	-	-	1.45	1.45	1.45	1.45	14.0			
15.0	-	-	1.20	1.20	1.20	1.20	15.0			
16.0	-	-	0.95	0.95	0.95	0.95	16.0			
17.0	-	-	0.75	0.75	0.80	0.80	17.0			
18.0	-	-	-	0.60	0.60	0.60	18.0			
19.0	-	-	-	0.40	0.45	0.45	19.0			
20.0	-	-	-	0.30	0.30	0.30	20.0			

ANEXO N° 05

Calado (m)	Desplazamiento Agua fresca (ton)	Sup. Mojada (m²)	Area Flotación (m²)	LCB Secc. Media (+ Proa)	LCF Secc. Media (+ Proa)	KB (m)	KG (m)	BMt (m)	BML (m)	GMt (m)	GML (m)	KMt (m)	KML (m)	Immersion (TPc) (t/cm)	MTc (t.m)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.10	0.41	6.26	6.09	0.00	0.00	0.06	0.00	13.37	13.43	13.43	13.43	13.43	13.43	0.06	0.02
0.22	1.28	9.09	8.53	0.00	0.00	0.13	0.00	6.52	6.65	6.65	6.65	6.65	6.65	0.09	0.03
0.33	2.37	11.07	9.95	0.00	0.00	0.20	0.00	4.36	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	0.10	0.03
0.45	3.59	12.66	10.83	0.00	0.00	0.26	0.00	3.24	3.51	3.51	3.51	3.51	3.51	0.11	0.04
0.57	4.89	14.15	11.27	0.00	0.00	0.33	0.00	2.52	2.85	2.85	2.85	2.85	2.85	0.12	0.04
0.69	6.21	15.37	11.30	0.00	0.00	0.39	0.00	1.99	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	0.12	0.04
0.80	7.51	16.35	10.91	0.00	0.00	0.45	0.00	1.57	2.02	2.02	2.02	2.02	2.02	0.11	0.04
0.92	8.75	17.24	10.13	0.00	0.00	0.51	0.00	1.21	1.72	1.72	1.72	1.72	1.72	0.10	0.04
1.04	9.86	17.81	8.79	0.00	0.00	0.56	0.00	0.88	1.44	1.44	1.44	1.44	1.44	0.09	0.04
1.15	10.77	18.45	6.52	0.00	0.00	0.61	0.00	0.56	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	0.07	0.04
1.27	11.29	16.73	0.08	0.00	0.35	0.64	0.00	0.00	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.00	0.02

ANEXO N° 06

DESPLAZAMIENTO (t)	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
3.7	0.30	0.58	0.83	1.01	1.10	1.15	1.18	1.19	1.19	1.16	1.13	1.09
4.49	0.27	0.52	0.74	0.92	1.04	1.10	1.13	1.15	1.15	1.13	1.10	1.06
5.27	0.24	0.46	0.66	0.83	0.96	1.04	1.08	1.09	1.09	1.07	1.05	1.01
6.06	0.21	0.42	0.6	0.75	0.87	0.95	0.99	1.01	1.01	1.00	0.98	0.95
6.85	0.19	0.38	0.54	0.68	0.78	0.85	0.88	0.91	0.92	0.92	0.91	0.89
7.63	0.18	0.34	0.49	0.61	0.69	0.74	0.78	0.81	0.82	0.83	0.83	0.82
8.42	0.16	0.31	0.44	0.53	0.59	0.64	0.68	0.71	0.73	0.74	0.75	0.76
9.21	0.14	0.28	0.38	0.45	0.51	0.55	0.59	0.62	0.65	0.67	0.69	0.69
9.99	0.13	0.24	0.31	0.37	0.42	0.47	0.51	0.54	0.57	0.60	0.65	0.64
10.78	0.11	0.18	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43	0.47	0.51	0.54	0.61	0.59
11.57	0.06	0.11	0.16	0.22	0.27	0.32	0.36	0.41	0.45	0.49	0.52	0.55

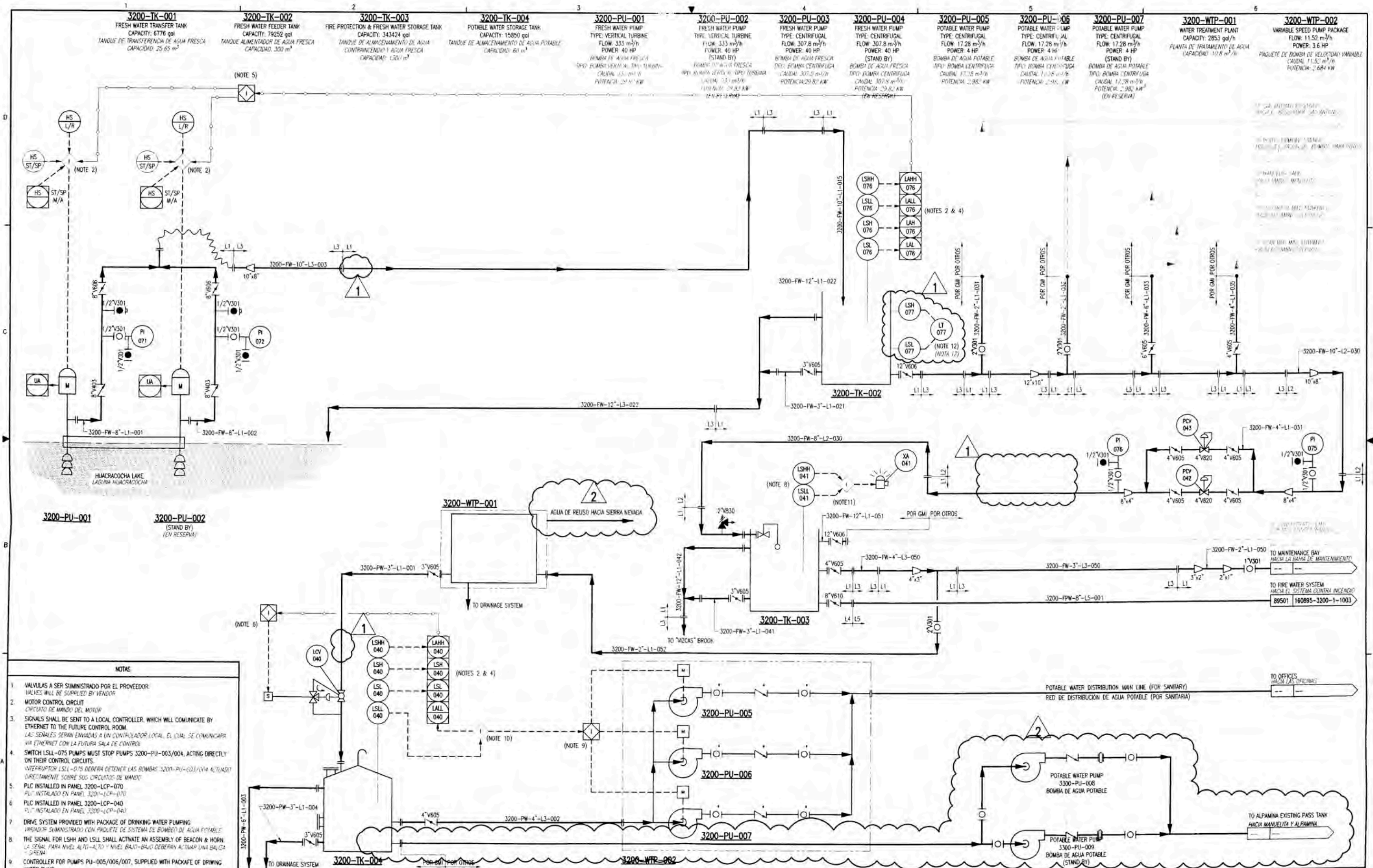
ANEXO N° 07

Modelo de Rejilla	Medida de Platinas de Carga		Espacio Máximo entre apoyos Transito PeDESTRE		Espacio entre apoyos en metros							U: Carga Uniforme Permissible (en Kg/m ²) DU: Deflexión (en mm) bajo esa Carga Uniforme C: Carga Concentrada Permissible (en Kg/m Lineal) DC: Deflexión (en mm) bajo esa Carga Concentrada				
	(Peso Kg/m ²) Panel		Rejilla Lisa	Rejilla Dentada	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75						
	(Peso Kg/m ²) Modulado															
GR-01	3/4" x 1/8"		0.80 m		U	2627.0	1167.0	657.0	420.0	293.0	214.0					
	(20)				DU	1.7	3.8	6.8	10.5	15.2	20.8					
	(32)				C	657.0	438.0	328.0	263.0	219.0	188.0					
GR-02	3/4" x 3/16"		1.10 m		U	3943.0	1753.0	986.0	631.0	438.0	323.0					
	(26)				DU	1.7	3.8	6.8	10.5	15.2	20.8					
	(30)				C	986.0	657.0	493.0	394.0	329.0	283.0					
GR-03	1" x 1/8"		1.30 m	1.30 m	U	4699.0	2088.0	1174.0	752.0	522.0	384.0	294.0	232.0			
	(25)				DU	1.2	2.8	5.0	7.8	11.4	15.5	20.2	25.6			
	(27)				C	1175.0	783.0	587.0	470.0	392.0	336.0	294.0	261.0			
GR-04	1" x 3/16"		1.50 m	1.50 m	U	7047.0	3132.0	1757.0	1128.0	783.0	575.0	440.0	348.0			
	(36)				DU	1.2	2.8	5.0	7.8	11.4	15.5	20.2	25.6			
	(38)				C	1762.0	1175.0	879.0	705.0	587.0	503.0	440.0	392.0	294.0		
GR-05	1-1/4" x 1/8"		1.60 m	1.30 m	U	7341.0	3262.0	1835.0	1175.0	816.0	599.0	459.0	362.0	294.0		
	(30)				DU	1.0	2.3	4.0	6.2	9.1	12.4	16.2	20.5	25.2		
	(32)				C	1835.0	1224.0	918.0	734.0	612.0	524.0	459.0	408.0	367.0		
GR-06	1-1/4" x 3/16"		1.70 m	1.50 m	U	11006.0	4892.0	2752.0	1761.0	1223.0	899.0	688.0	544.0	440.0		
	(44)				DU	1.0	2.3	4.0	6.2	9.1	12.4	16.2	20.5	25.2		
	(47)				C	2751.0	1834.0	1376.0	1101.0	917.0	786.0	688.0	612.0	550.0		
GR-07	1-1/2" x 1/8"		1.80 m	1.60 m	U	10555.0	4691.0	2639.0	1689.0	1173.0	862.0	660.0	521.0	420.0	346.0	
	(36)				DU	0.8	1.9	3.4	5.2	7.6	10.3	13.5	17.0	21.0	25.4	
	(38)				C	2639.0	1759.0	1319.0	1056.0	880.0	754.0	660.0	586.0	529.0	481.0	
GR-08	1-1/2" x 3/16"		2.00 m	1.70 m	U	15848.0	7043.0	3962.0	2535.0	1760.0	1294.0	990.0	783.0	634.0	524.0	
	(55)				DU	0.8	1.9	3.4	5.2	7.6	10.3	13.5	17.0	21.0	25.4	
	(58)				C	3969.0	2641.0	1980.0	1585.0	1320.0	1132.0	990.0	880.0	792.0	720.0	
GR-09	2" x 3/16"		2.70 m	2.40 m	U	28174.0	12522.0	7043.0	4508.0	3130.0	2299.0	1760.0	1391.0	1127.0	931.0	777.0
	(68)				DU	0.6	1.4	2.5	3.9	5.7	7.7	10.1	12.8	15.8	19.1	22.7
	(70)				C	7043.0	4696.0	3521.0	2817.0	2347.0	2012.0	1760.0	1565.0	1408.0	1280.0	1154.0
GR-10	2-1/2" x 3/16"		3.40 m	3.00 m	U	44025.0	19567.0	11006.0	7044.0	4891.0	3594.0	2751.0	2174.0	1761.0	1455.0	1223.0
	(84)				DU	0.5	1.1	2.0	3.1	4.5	6.2	8.1	10.2	12.6	15.3	18.2
	(87)				C	11006.0	7327.0	5503.0	4402.0	3669.0	3144.0	2751.0	2446.0	2201.0	2001.0	1834.0
					DC	0.4	0.9	1.6	2.5	3.9	4.9	6.5	10.1	10.1	12.3	14.4

PLANOS

LISTA DE PLANOS

PLANO	CODIGO	DESCRIPCION
N° 1	PM-160895-3200-1-1104	P&ID Sistema de Agua Potable y Agua Fresca
N°2	1-C-271-004	Batimetría de Laguna Huacracocha.
N° 3	PM-160895-3200-6-1101	Arreglo General de Estación de Bombeo
N° 4	MET-261-WBM-N-001	Líneas de Forma de Pontón.
N° 5	MET-261-WBM-N-002	Curvas Hidrostáticas de Pontón
N°6	MET-261-WBM-N-003	Curvas Cruzadas de Pontón
N° 7	MET-261-WBM-D-003	Estructuras Metálicas de Pontón
N° 8	MET-261-WBM-D-004	Estructura Metálica Base de Bomba
N° 9	MET-261-BHM-M-002	Ensamble de Pontón



- NOTAS**
- VALVULAS A SER SUMINISTRADO POR EL PROVEEDOR
VALVES WILL BE SUPPLIED BY VENDOR
 - MOTOR CONTROL CIRCUIT
CIRCUITO DE MANDO DEL MOTOR
 - SIGNALS SHALL BE SENT TO A LOCAL CONTROLLER, WHICH WILL COMMUNICATE BY ETHERNET TO THE FUTURE CONTROL ROOM
LAS SEÑALES SERAN ENVIADAS A UN CONTROLADOR LOCAL, EL CUAL SE COMUNICARA VIA ETHERNET CON LA FUTURA SALA DE CONTROL
 - SWITCH LSL-075 PUMPS MUST STOP PUMPS 3200-PU-003/004, ACTING DIRECTLY ON THEIR CONTROL CIRCUITS.
INTERRUPTOR LSL-075 DEBERA DETENER LAS BOMBAS 3200-PU-003/004 A TRAVES DE SU ALTO/BAJO DIRECTAMENTE SOBRE SUS CIRCUITOS DE MANDO
 - PLC INSTALLED IN PANEL 3200-LCP-070
PLC INSTALADO EN PANEL 3200-LCP-070
 - PLC INSTALLED IN PANEL 3200-LCP-040
PLC INSTALADO EN PANEL 3200-LCP-040
 - DRIVE SYSTEM PROVIDED WITH PACKAGE OF DRINKING WATER PUMPING
MOTOR SUMINISTRADO CON PAQUETE DE SISTEMA DE BOMBEO DE AGUA POTABLE
 - THE SIGNAL FOR LSH AND LSL SHALL ACTIVATE AN ASSEMBLY OF BEACON & HORN.
LA SEÑAL PARA NIVEL ALTO/BAJO Y NIVEL BAJO/BAJO DEBERAN ACTIVAR UNA BALIZA Y SIRENA
 - CONTROLLER FOR PUMPS PU-005/006/007, SUPPLIED WITH PACKAGE OF DRINKING WATER PUMP
CONTROLADOR PARA BOMBAS PU-005/006/007, SUMINISTRADO CON PAQUETE DE BOMBEO DE AGUA POTABLE
 - SAFETY RELAY FOR DOUBLING THE LOW-LOW LEVEL SIGNAL
RELE DE SEGURIDAD PARA DOBLAR LA SEÑAL DE NIVEL BAJO-BAJO
 - HARDWIRED LOGIC IN PANEL 3200-JBC-040
LOGICA HARDWIRED EN PANEL 3200-JBC-040
 - LEVEL SWITCHES LSH-077/LSL-077 WILL CONNECT TO A DISCRETE INPUT WIRELESS TRANSMITTER WHICH WILL CONNECT TO A BASE RADIO STATION AT HUACRACOCHA ELECTRICAL FOR MONITORING
LOS INTERRUPTORES DE NIVEL LSH-077/LSL-077 SE CONECTARAN A UNA TRANSMISORA ALAMBRADA DE ENTRADA DISCRETA QUE SE CONECTARA A UNA ESTACION DE RADIO EN LA SALA ELECTRICA DE LA ESTACION HUACRACOCHA

REV	FECHA	DESCRIPCION	DIB	DS	JD	JP	GP	CLT
A	25 AUG 10	ISSUED FOR INTERNAL COORDINATION	M.V.	J.C.	J.D.	J.R.	R.B.	E.B.
B	17 SEP 10	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	E.C.	J.C.	J.D.	D.R.	R.B.	E.B.
D	11 OCT 10	ISSUED FOR CONSTRUCTION	F.C.	F.V.	J.D.	D.R.	R.B.	E.B.
1	04 NOV 10	INDICATED MODIFICATIONS	F.C.	F.V.	J.D.	D.R.	R.B.	E.B.
2	11 JUN 12	VER DETALLES INDICADOS						

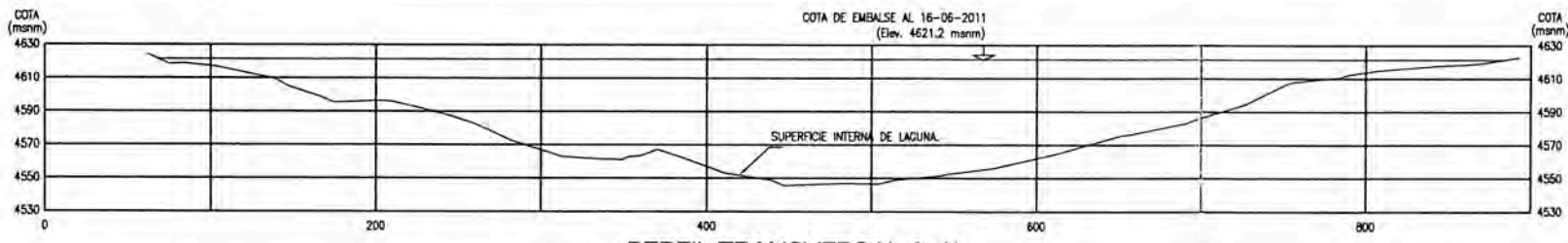
PLANO IF	REFERENCIA
160895-3200-0-1102	PFD - FRESH WATER SYSTEM
160895-3200-1-1001	P&ID - PIPING & INSTRUMENTATION SYMBOLOLOGY

CONFIDENCIAL	DESENHO	FECHA APROB.	PROPIETARIO
ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL SON PROPIEDAD DE PANAMERICAN SILVER SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA ESTAN PROHIBIDOS.	F. CASTRO	11 OCT 10	COMPANIA MINERA ARGENTUM S.A.
	DISEÑO	FECHA APROB.	PROYECTO
	F. VASQUEZ	11 OCT 10	BASIC AND DETAILED ENGINEERING
	JEFE DISEÑO	FECHA APROB.	INFRASTRUCTURE FACILITIES ASSOCIATED WITH MOROCOCHA MINE
	J. DIAZ	11 OCT 10	PLANO
	JEFE DE PROYECTO	FECHA APROB.	
	D. RIVERO	11 OCT 10	
	CLIENTE	FECHA APROB.	
	E. BONILLA	11 OCT 10	

ESCALA	NUMERO PLANO	REV.
NOT ESCALADA	*PM-160895-3200-1-1104	2



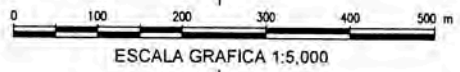
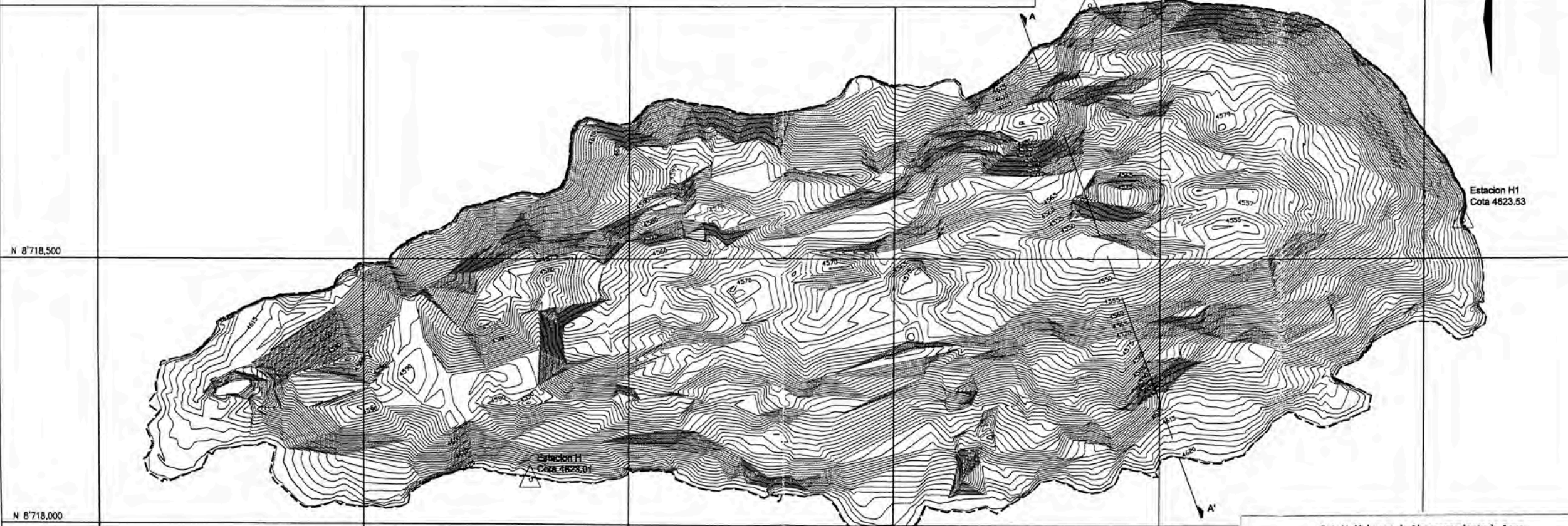
*PM-160895-3200-1-1104 ARCH. CAD: PLANO 01 P&ID DWG



PERFIL TRANSVERSAL A-A'
SUPERFICIE INTERNA DE LAGUNA HUACRACOCHA
ESCALA: 1/2,500

PUNTOS DE CONTROL OTORGADOS POR LA MINA (ESTACAS)

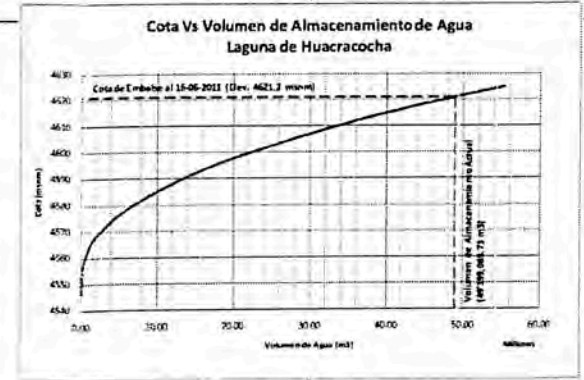
PUNTO	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)
H	372814.970	8718083.950	4623.010
H1	374575.080	8718569.900	4623.530
H2	373885.330	8718974.310	4624.770



ESCALA GRAFICA 1:5,000

LEYENDA

- CURVA DE NIVEL PRINCIPAL, CADA 5 m
- CURVA DE NIVEL SECUNDARIA, CADA 1 m
- LIMITE DE ESPEJO DE AGUA
- SECCION TRANSVERSAL A-A'
- ESTACION TOPOGRAFICA



NOTAS
1. LA BATIMETRIA HA SIDO REALIZADA POR SVS EN JUNIO DE 2011, EL CUAL SE ELABORO EN EL SISTEMA DE COORDENADAS PSAD56, POR ENCARGO DEL CLIENTE.

REV	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	DISEÑO	REV. DISEÑO
0	16-06-2011	EMITIDO PARA INFORME FINAL	J.M.C.	E.VAJM	E.VASQUEZ

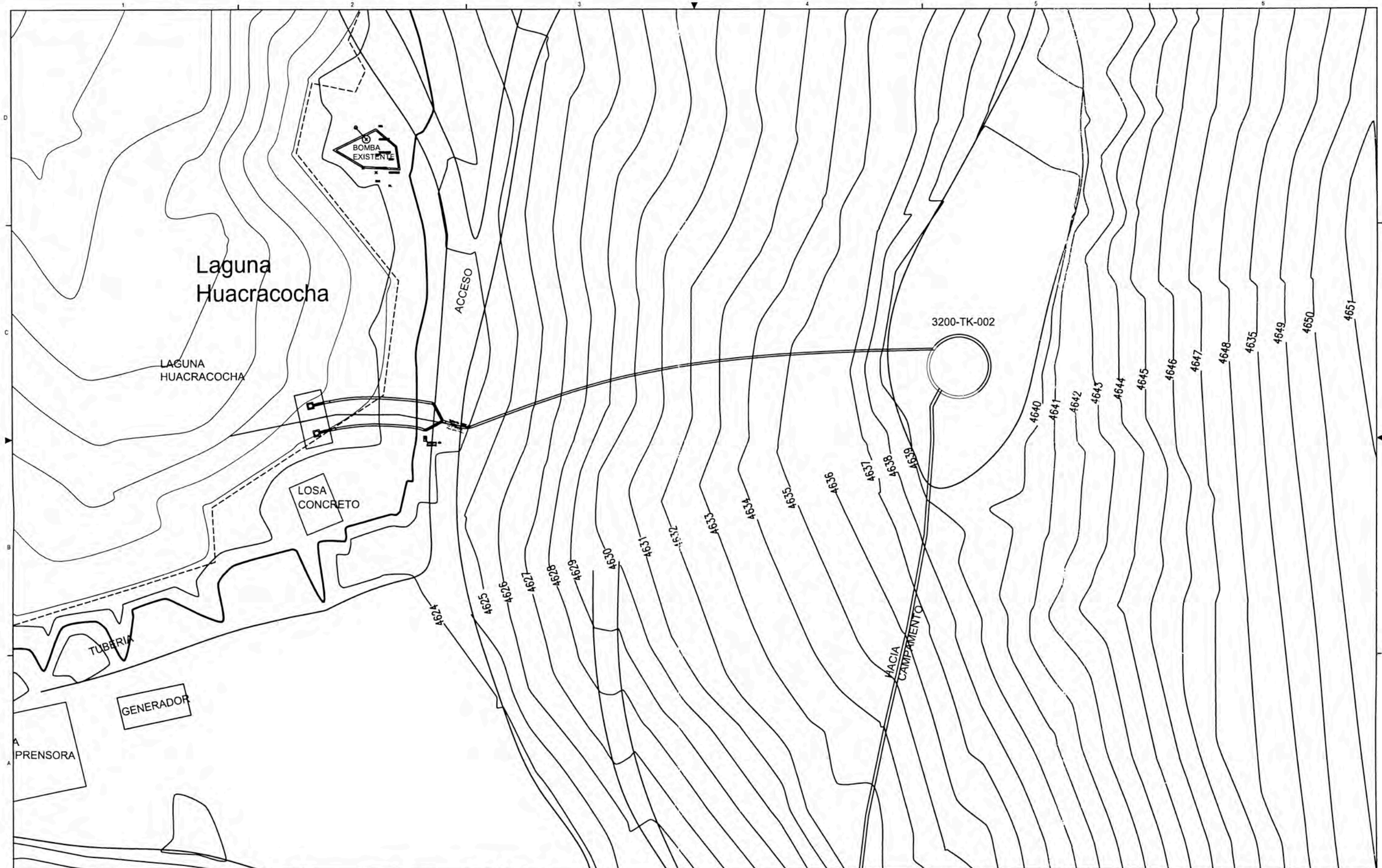
PLANO NO.	REFERENCIA

PROPIETARIO: **COMPAÑIA MINERA ARGENTUM S.A.**

PROYECTO: **ESTUDIO HIDROLOGICO DE LA LAGUNA HUACRACOCHA**

PLANO: **BATIMETRIA DE LAGUNA HUACRACOCHA**

ESCALA: **INDICADA** PROYECTO: **1-C-271-004** PLANO: **01** ARCHIVO CAD: **1C271004-01.dwg**



NOTAS

REV	FECHA	DESCRIPCION	DM	DS	JD	JP	GP	CLT
A	25 AUG 10	ISSUED FOR INTERNAL COORDINATION	M.V.	J.C.	J.D.	D.R.		
B	17 SEP 10	ISSUED FOR CLIENT APPROVAL	E.CH.	J.C.	J.D.	D.R.	R.B.	E.B.
0	11 OCT 10	ISSUED FOR CONSTRUCTION	F.C.	F.V.	J.D.	D.R.	R.B.	E.B.
1	04 NOV 10	INDICATED MODIFICATIONS	F.C.	F.V.	J.D.	D.R.	R.B.	E.B.
2	11 JUN 12	VER DETALLES INDICADOS						

PLANO N°	REFERENCIA
160895-3200-0-1102	PFD - FRESH WATER SYSTEM
160895-3200-1-1001	P&ID - PIPING & INSTRUMENTATION SYMBOLOLOGY

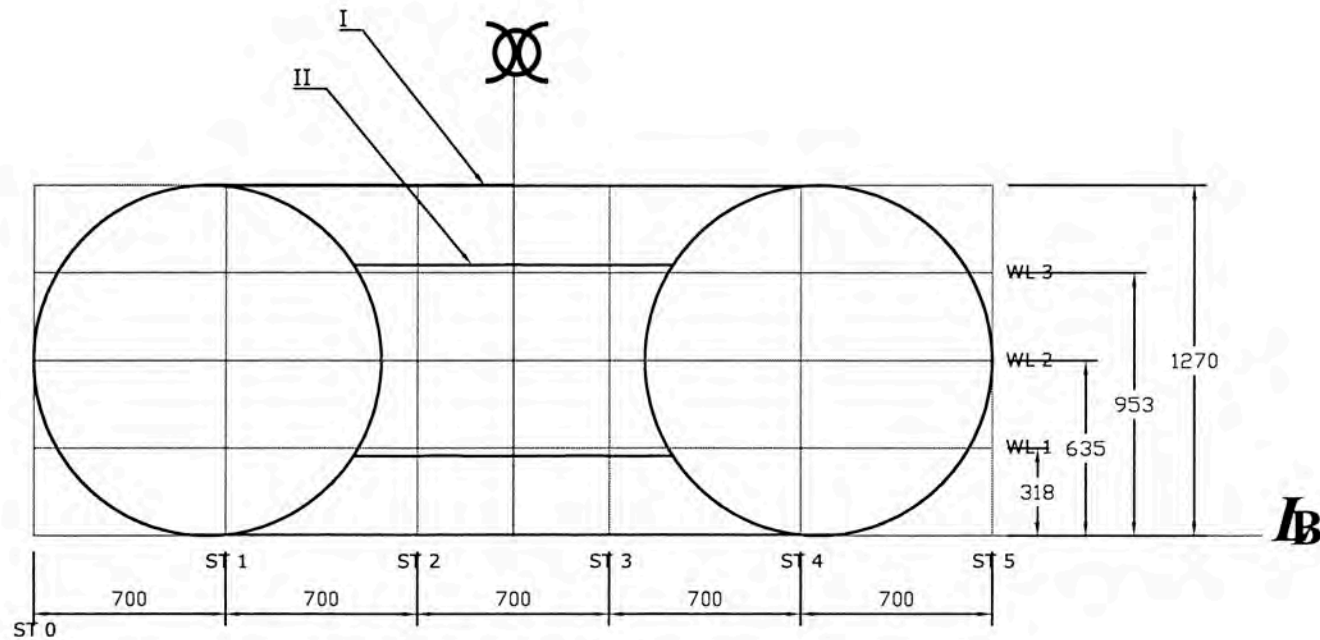
CONFIDENCIAL ESTE PLANO Y LA INFORMACION CONTENIDA EN EL, SON PROPIEDAD DE PANAMERICAN SILVER SU USO Y REPRODUCCION SIN AUTORIZACION PREVIA, ESTAN PROHIBIDOS.	DIBUJO F. CASTRO	FECHA APROB. 11 OCT 10
COO. PRO. OMR. No. 160895	JEFE DE PROYECTO D. RIVERO	FECHA APROB. 11 OCT 10
CON. PRO. CLIENTE No.	CLIENTE E SONIFA	FECHA APROB. 11 OCT 10

PROYECTO: COMPANIA MINERA ARGENTUM S.A.
PROYECTO: BASIC AND DETAILED ENGINEERING INFRASTRUCTURE FACILITIES ASSOCIATED WITH MOROCOCHA MINE
PLANO: UBICACION ESTACION DE BOMBEO ARREGLO GENERAL

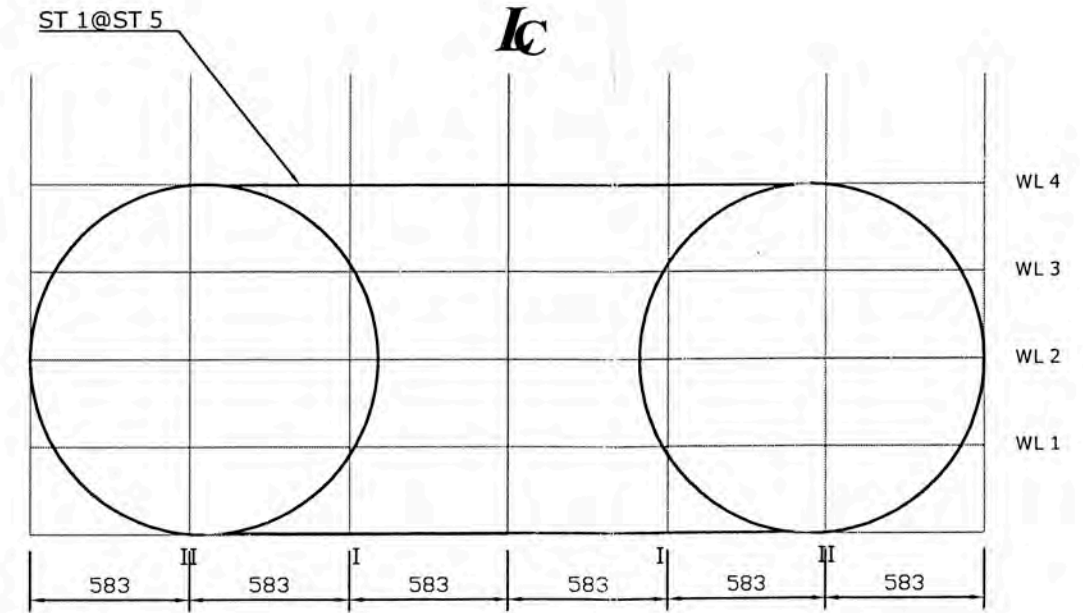
PM-160895-3200-1-1104

PM-160895-3200-6-1101

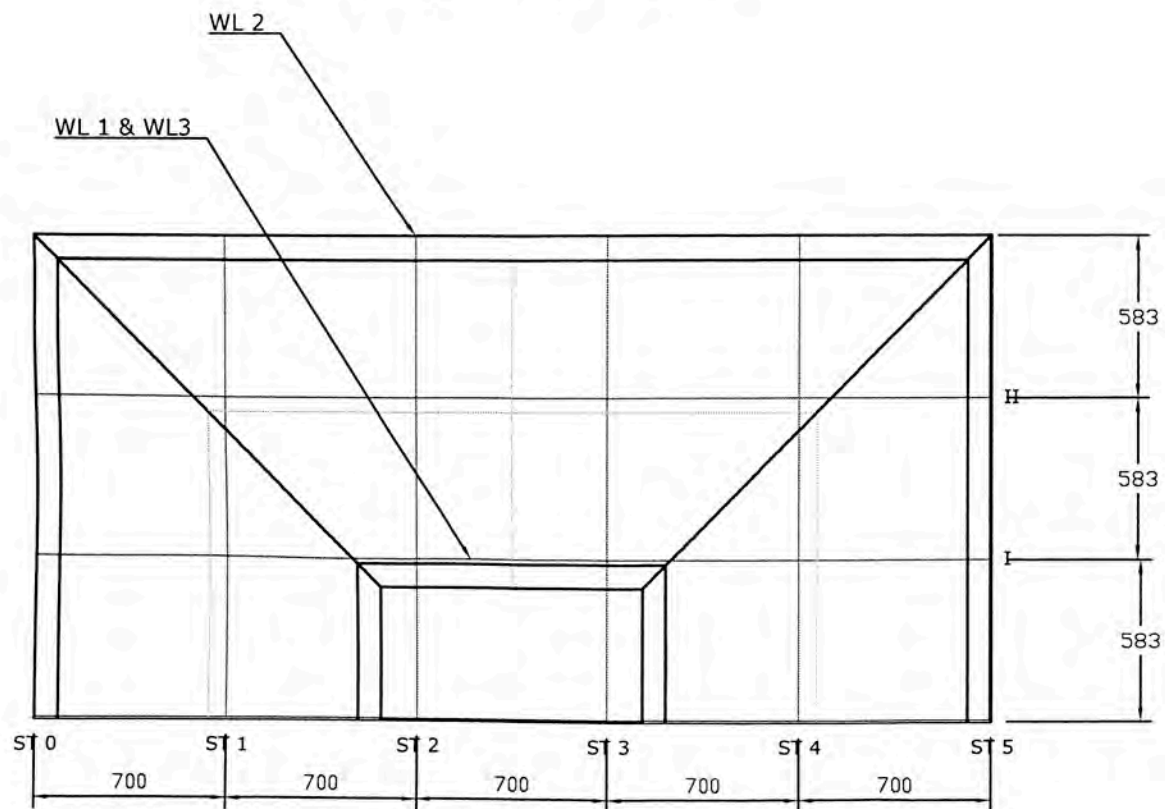
REV 1



VISTA LONGITUDINAL



VISTA TRANSVERSAL



VISTA DE PLANTA

DIMENSIONES DE PONTON:

- ESLORA (L): 3.50 m
- MANGA (B): 3.50 m
- PUNTAL (D): 1.27 m
- CALADO (T): 0.66 m
- DESPLAZAMIENTO (Δ): 5.91 t

* TODAS LAS UNIDADES EXPRESADAS EN mm

No.	REVISIONES	APROBADO POR:	FECHA	No. PLANO REF.
△				
C	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	17-01-2011	
B	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	26-12-2011	
A	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	24-12-2011	

PROCEDIMIENTO DE APROBACION			
RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA
DIBUJO:	L.C.Q.T.		DIC-2011
DISEÑO:			DIC-2011
SENIOR/ COOR:	D.P.C.		DIC-2011
PROBO:	E.P.B.		DIC-2011

JJL

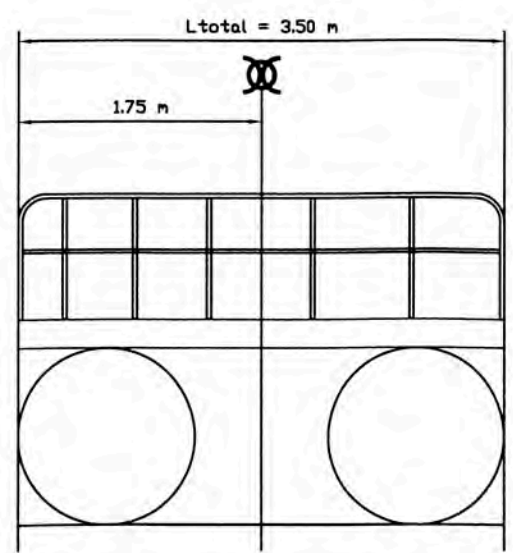
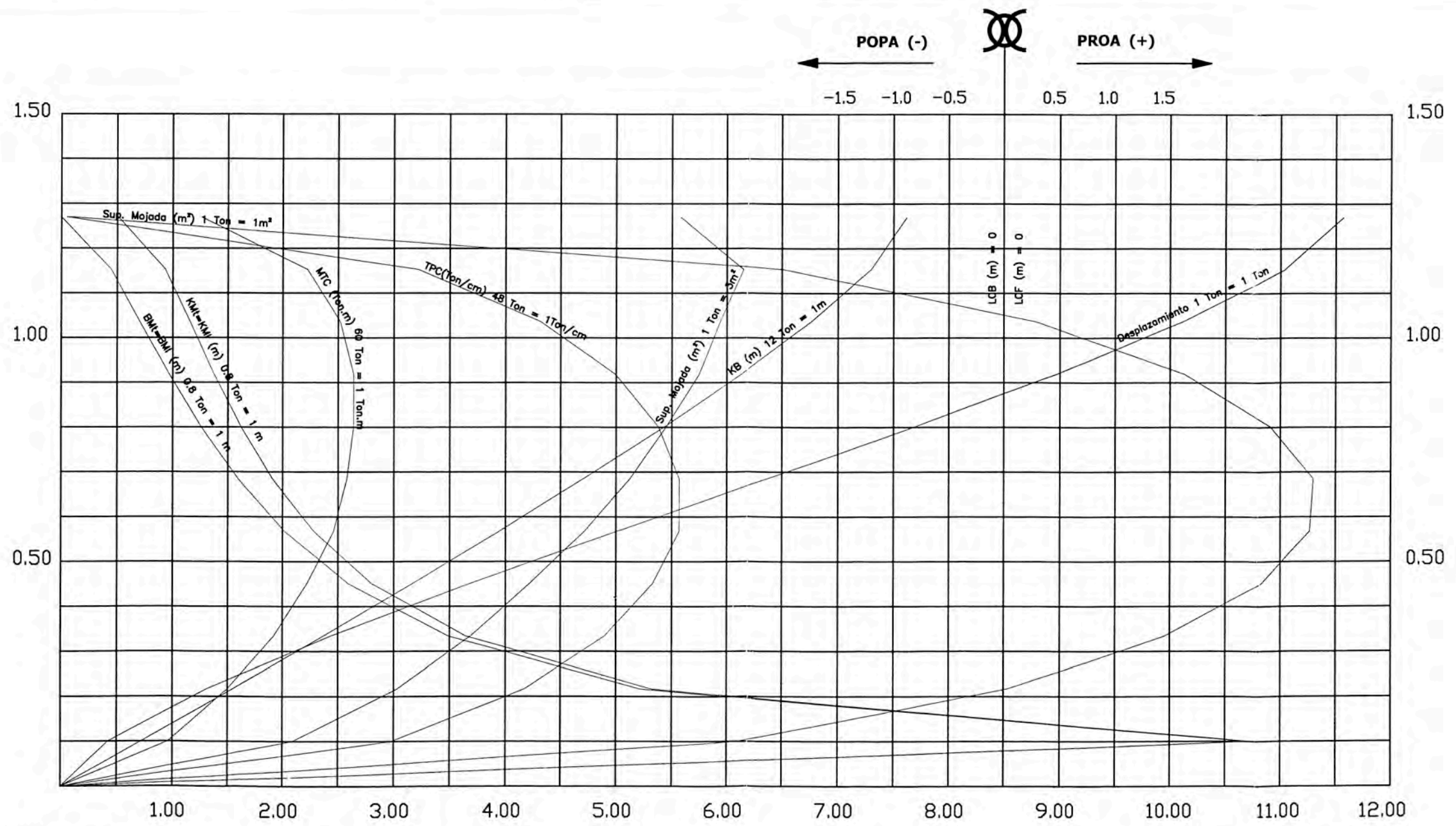
PROYECTO HUACACROCHA
PONTONES METALICOS

PROYECCION	
ESCALA:	IND.

PONTON METALICO
LINEAS DE FORMA

PLANO N: **MET-261-WBM-N-001**

REV. **C**



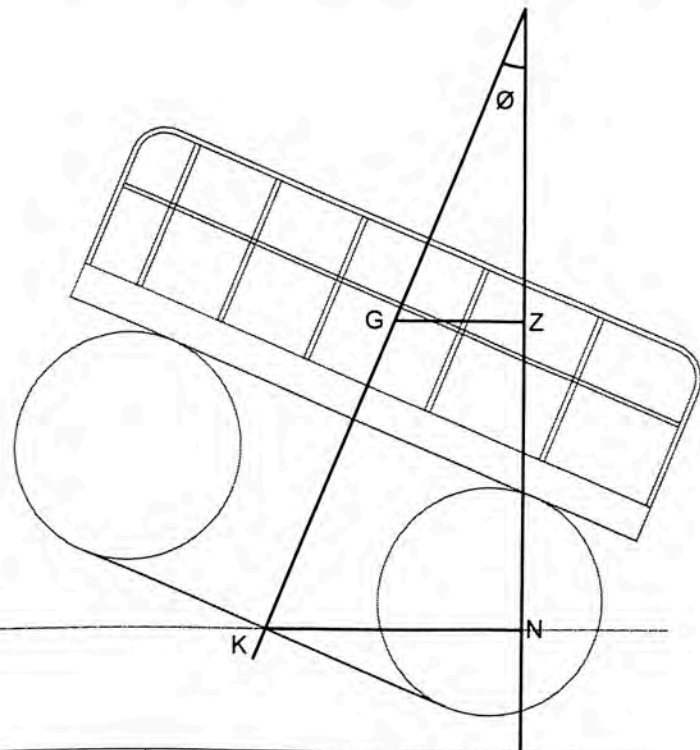
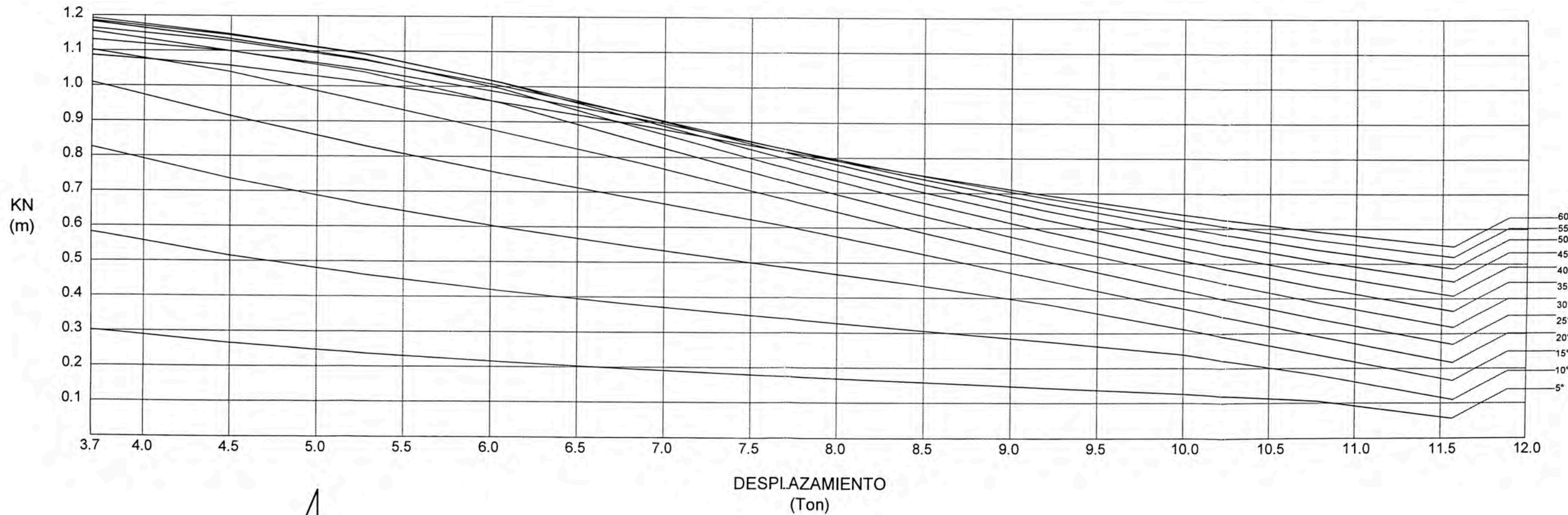
DIMENSIONES DE PONTON:

- ESLORA (L): 3.50 m
- MANGA (B): 3.50 m
- PUNTAL (D): 1.27 m
- CALADO (T): 0.66 m
- DESPLAZAMIENTO (Δ): 5.91 t

No.	REVISIONES	APROBADO POR:	FECHA	No. PLANO REF.	PROCEDIMIENTO DE APROBACION				PROYECCION	PONTON METALICO CURVAS HIDROSTATICAS	
					RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA	IND.	PLANO N: MET-261-WBM-N-002	REV. C
					DIBUJO:	L.C.Q.T.		DIC-2011			
C	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	17-01-2011		DISENO:			DIC-2011			
B	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	26-12-2011		SENIOR/ COOR:	D.P.C.		DIC-2011			
A	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	24-12-2011		AFROBO:	E.P.B.		DIC-2011			

JJL
PROYECTO HUACACROCHA
PONTONES METALICOS

REV. **C**



NOTA :

- En las curvas, el centro de gravedad asumido s encuentra en la linea base (KG = 0)
- El dibujo es referencial e indica como obtenerel valor de GZ de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$GZ = KN - GG' \text{ Sen } \theta$$

DIMENSIONES DE PONTON:

ESLORA (L): 3.50 m
 MANGA (B): 3.50 m
 PUNTAL (D): 1.27 m
 CALADO (T): 0.66 m
 DESPLAZAMIENTO (Δ): 5.91 t

No.	REVISIONES	APROBADO POR:	FECHA	No. PLANO REF.
C	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	17-01-2011	
B	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	26-12-2011	
A	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	24-12-2011	

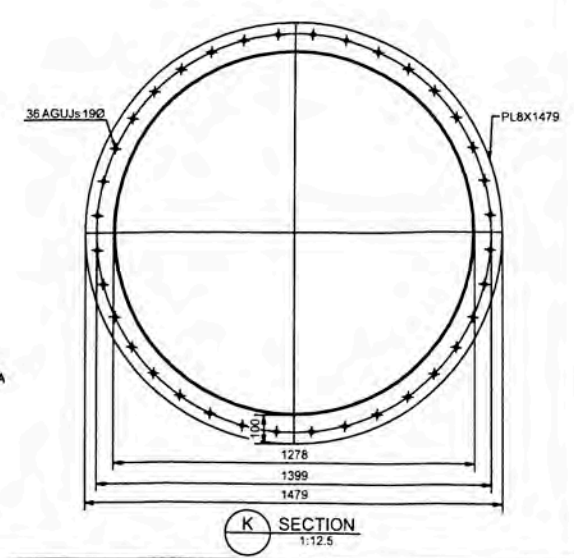
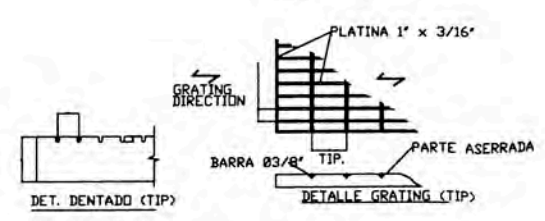
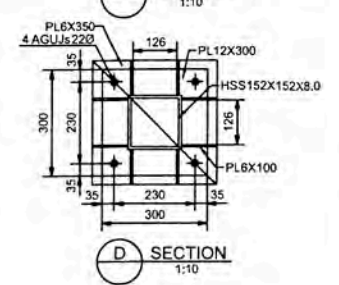
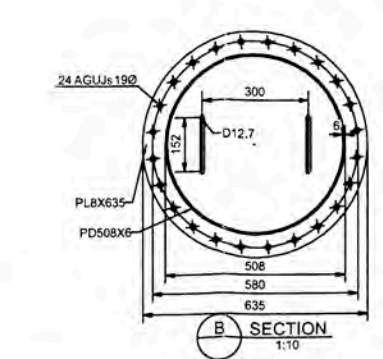
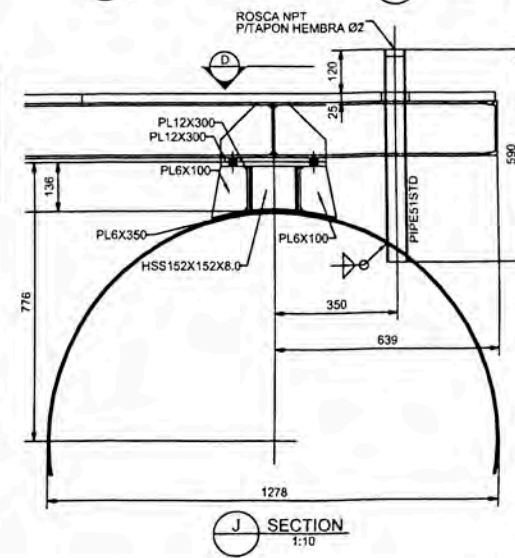
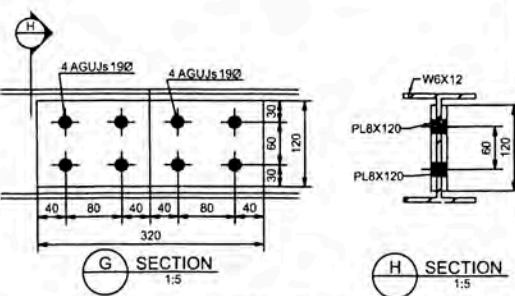
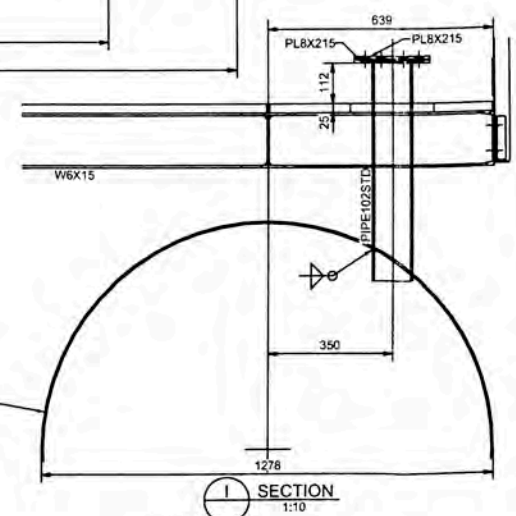
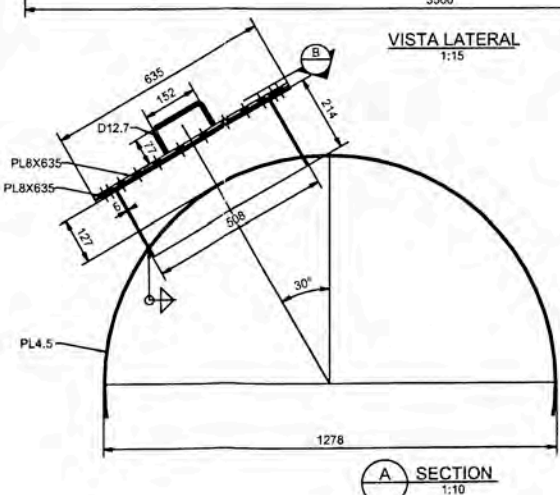
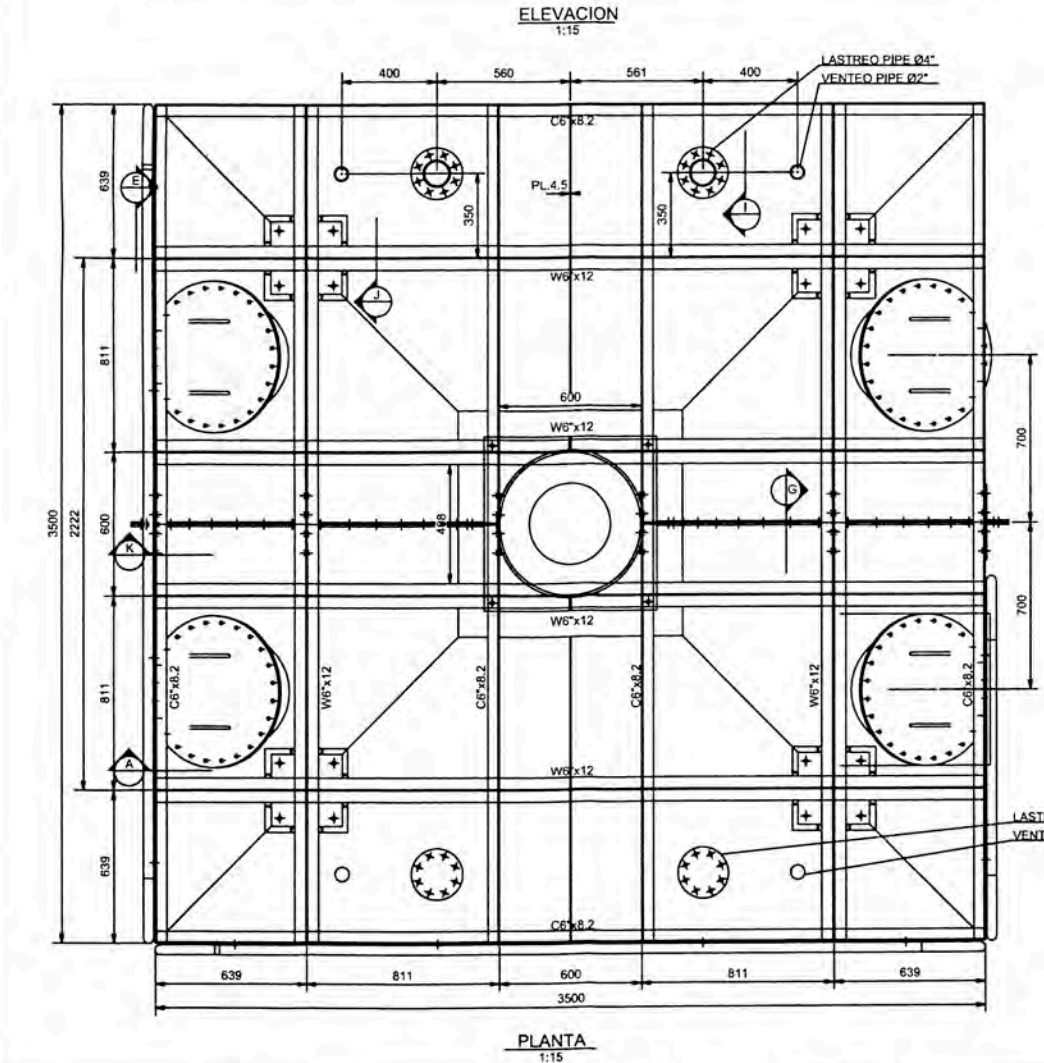
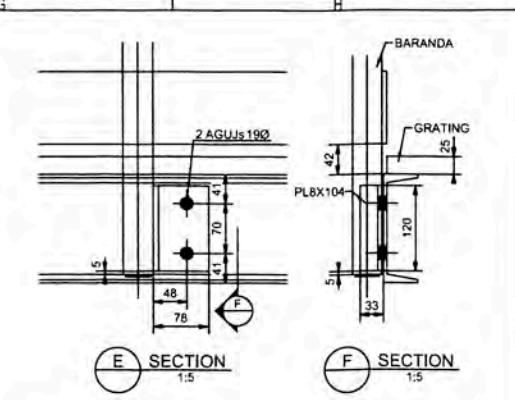
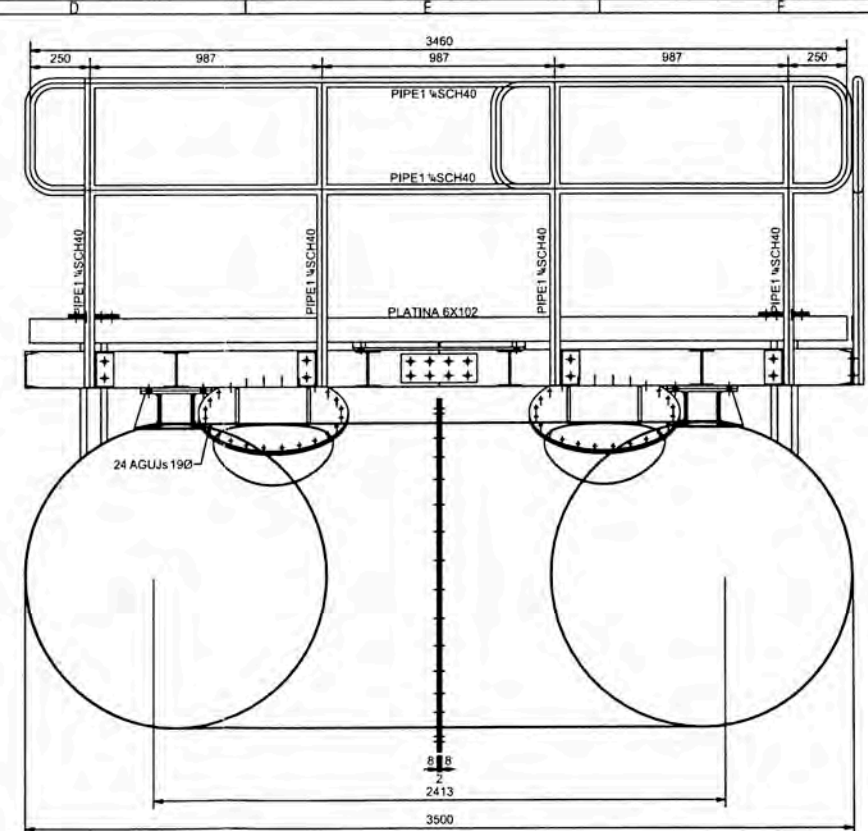
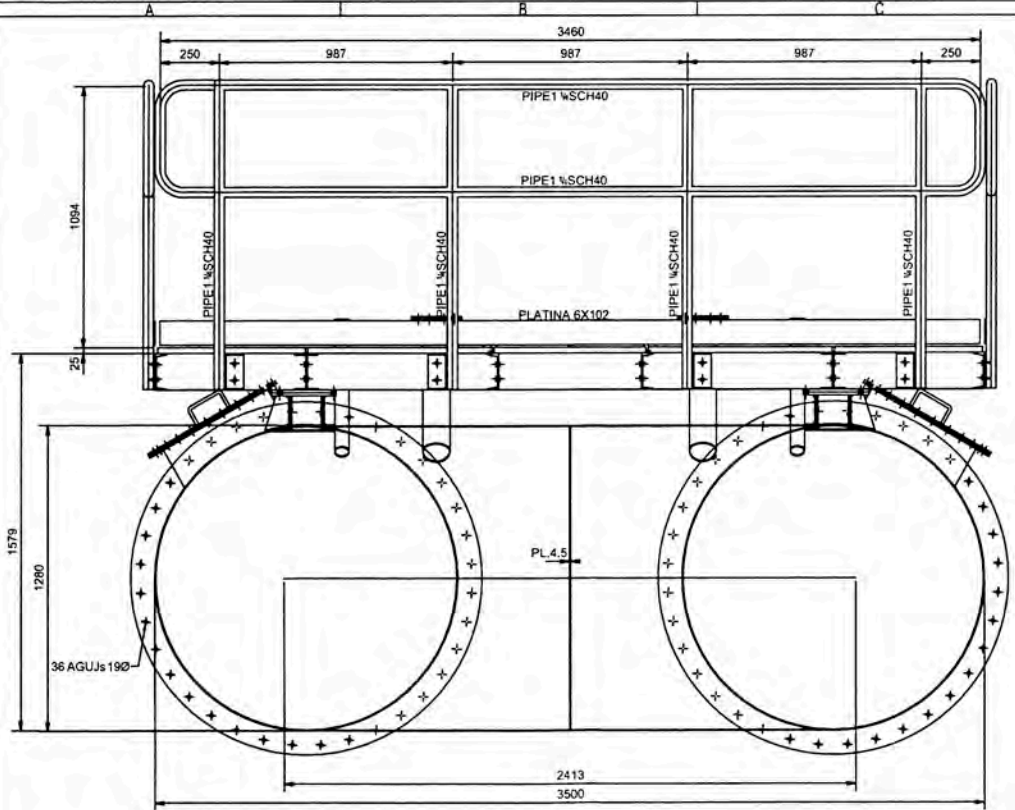
PROCEDIMIENTO DE APROBACION			
RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA
DIBUJO:	L.C.Q.T.		DIC-2011
DISEÑO:			DIC-2011
SENIOR/ COOR:	D.P.C.		DIC-2011
APROBO:	E.P.B.		DIC-2011

JJL
 PROYECTO HUACACROCHA
 PONTONES METALICOS

PROYECCION	
ESCALA:	IND.

PONTON METALICO CURVAS CRUZADAS	
PLANO N:	MET-261-WBM-N-003

REV. **C**



No.	REVISIONES	APROBADO POR:	FECHA	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION			
						RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA
						DIBUJO:	L.C.Q.T.		DIC-2011
						DISEÑO:			DIC-2011
						SEÑOR. COOR:	D.F.C.		DIC-2011
						APROBO:	E.P.B.		JULIO-2011

JJL

PROYECTO HUACRACOCHA
BARCAZAS METALICAS

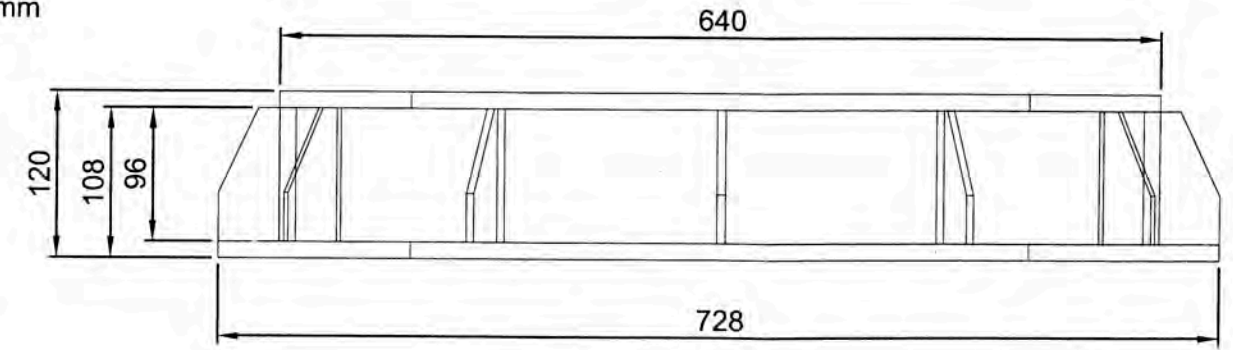
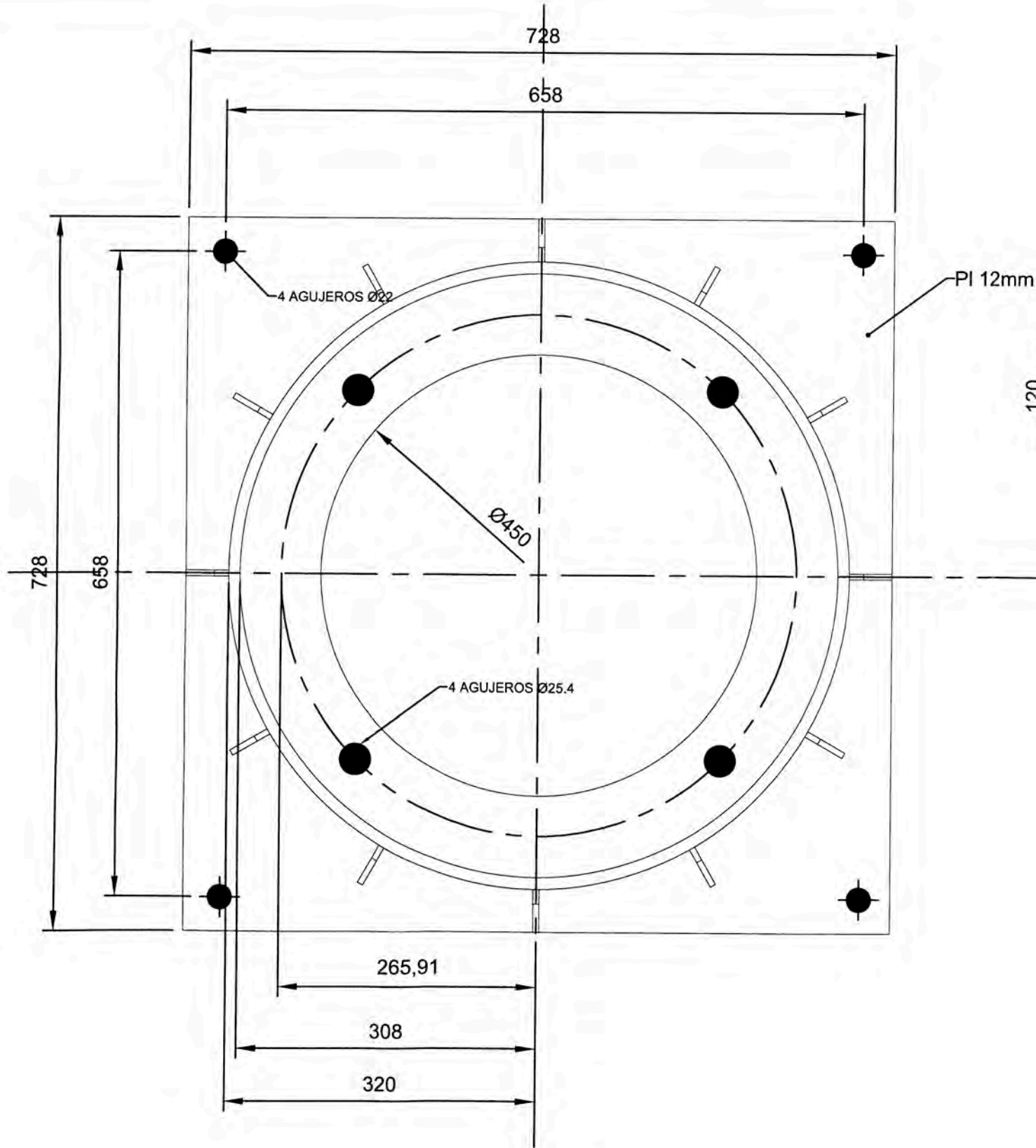
PROYECCION

ESCALA: IND.

PONTON METALICO
ESTRUCTURA METALICA
VISTAS GENERALES

PLANO N: MET-261-WBM-D-003

REV. **B**



No.	REVISIONES	APROBADO POR:	FECHA	No. PLANO REF.
△				
△				
C	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	17-01-2011	
B	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	26-12-2011	
A	PARA APROBACION	L.C.Q.T.	24-12-2011	

PROCEDIMIENTO DE APROBACION			
RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA
DIBUJO:	L.C.Q.T.		DIC-2011
DISEÑO:			DIC-2011
SEÑOR/ COOR:	D.P.C.		DIC-2011
APROBO:	E.P.B.		DIC-2011

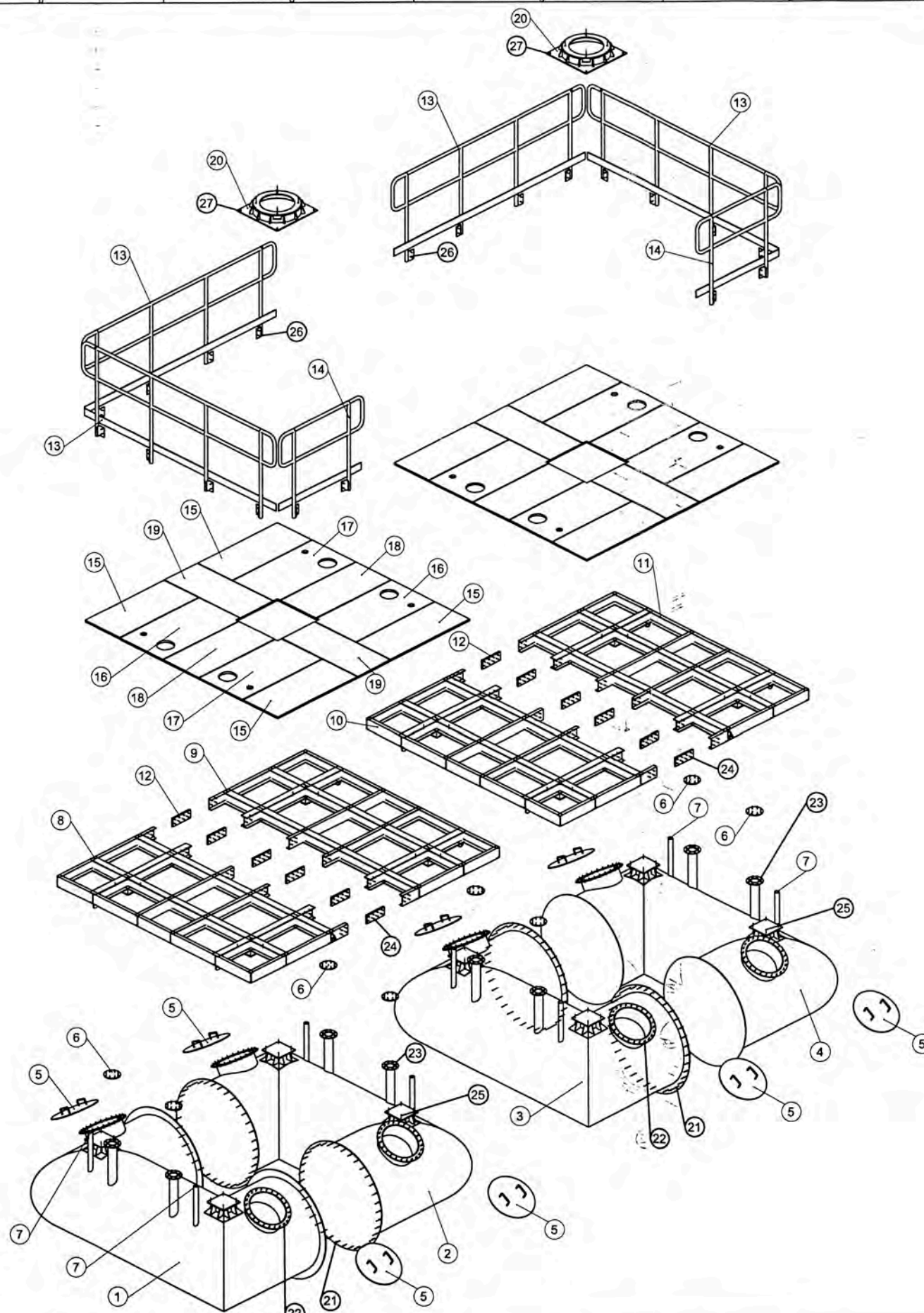
JJL
 PROYECTO HUACACROCHA
 PONTONES METALICOS

PROYECCION

 ESCALA:
 IND.

PANTON METALICO
 BASE DE BOMBA
 PLANO N:
MET-261-WBM-D-004

REV.

LISTA DE MATERIALES

Item	Cantidad	Descripcion	CODE	Peso un.	Peso total	Observation
1	1	FLOTADOR	FL1	986.00	986.00	
2	1	FLOTADOR	FL2	986.00	986.00	
3	1	FLOTADOR	FL3	986.00	986.00	
4	1	FLOTADOR	FL4	986.00	986.00	
5	8	TAPA MANHOLE	FL5	21.00	168.00	
6	8	TAPA	FL6	2.50	20.00	
7	8	TAPON HEMBRA Ø2"	FL7	0.35	2.80	
TOTAL					4134.8	
8	1	PLATAFORMA METALICA	PL1	350.00	350.00	
9	1	PLATAFORMA METALICA	PL2	350.00	350.00	
10	1	PLATAFORMA METALICA	PL3	350.00	350.00	
11	1	PLATAFORMA METALICA	PL4	350.00	350.00	
12	24	PLACAS DE AMARRE	PL5	2.50	60.00	
TOTAL					1460	
13	4	BARANDA	BA1	62.00	248.00	
14	2	BARANDA	BA2	24.00	48.00	
TOTAL					296.00	
15	8	GRATING	GR1	36.00	288.00	
16	4	GRATING	GR2A	45.00	180.00	
17	4	GRATING	GR2B	45.00	180.00	
18	4	GRATING	GR3	35.00	140.00	
19	4	GRATING	GR4	33.00	132.00	
TOTAL					920.00	
20	2	SOPORTE BOMBA	SB1	60.00	120.00	
TOTAL					120.00	

LISTA DE PERNOS

Nº PIEZAS	DESCRIPCION	MATERIAL
144	PERNO HEXAGONAL Ø5/8" x 1'3/4 LG	A-325
144	TUERCA HEXAGONAL Ø5/8"	
144	VOLANDA PLANA Ø 5/8"	
192	PERNO HEXAGONAL Ø5/8" x 1'3/4 LG	
192	TUERCA HEXAGONAL Ø5/8"	
192	VOLANDA PLANA Ø 5/8"	
64	PERNO HEXAGONAL Ø5/8" x 1'3/4 LG	
64	TUERCA HEXAGONAL Ø5/8"	
64	VOLANDA PLANA Ø 5/8"	
96	PERNO HEXAGONAL Ø5/8" x 2" LG	
96	TUERCA HEXAGONAL Ø5/8"	
96	VOLANDA PLANA Ø 5/8"	
32	PERNO HEXAGONAL Ø3/4" x 2 1/4" LG	
32	TUERCA HEXAGONAL Ø3/4"	
32	VOLANDA PLANA Ø3/4"	
40	PERNO HEXAGONAL Ø5/8" x 1 1/2" LG	
40	TUERCA HEXAGONAL Ø5/8"	
40	VOLANDA PLANA Ø 5/8"	
8	PERNO HEXAGONAL Ø3/4" x 2" LG	
8	TUERCA HEXAGONAL Ø3/4"	
8	VOLANDA PLANA Ø3/4"	
6	GRILLETE Ø1/2"	
1	CADENA Ø1/2"	

**TIGHTENING TORQUE SUGGESTED
A-325 STRUCTURAL BOLTS**

DIAMETER (INCH)	BOLT CONDITIONS			
	CLEAN AND LUBRICATED		NON LUBRICATED	
	lb-ft	kg-m	lb-ft	kg-m
1/2"	79	11	105	15
5/8"	155	21	210	29
3/4"	275	38	365	50
7/8"	448	62	595	82
1"	670	93	890	123
1 1/8"	825	114	1100	152
1 1/4"	1165	161	1550	214
1 3/8"	1535	212	2045	283
1 1/2"	2025	280	2700	373

No.	REVISIONES	APROBADO POR:	FECHA	No. PLANO REF.	NOMBRE PLANO DE REFERENCIA	PROCEDIMIENTO DE APROBACION			
						RESPONSABLE	POR	FIRMA	FECHA
						DIBUJO:	L.C.Q.T.		MAR-2012
						DISEÑO:			
						SEÑOR COOR:	D.P.C.		MAR-2012
						APROBO:	E.P.B.		MAR-2012

JJL
PROYECTO HUACRACOCHA
BARCAZAS METALICAS

PROYECCION:

ESCALA: IND.

PLANO N: MET-261-BHM-M-002

PONTON METALICO ENSAMBLE

REV: