

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA – ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“CONSTRUCCIÓN Y LANZAMIENTO DE LÍNEAS
SUBMARINAS DE HDPE Ø18” EN LA REPOTENCIACIÓN
DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR HASTA
130 L/S. SOCIEDAD MINERA CERRO LINDO – ICA”.**

**INFORME DE EXPERIENCIA LABORAL PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**BACH. JULIO ARMANDO ARÉVALO SILVA
CALLAO – PERÚ
SETIEMBRE DEL 2014**

DEDICATORIA

A mis padres que por el apoyo incondicional que me ofrecieron desde el inicio de mi carrera.

A mis hijos que son el impulso de seguir adelante día a día.

AGRADECIMIENTO

A mi alma mater y profesores de la Facultad por brindarme los conocimientos en beneficio en mi vida profesional.

A mi asesor Ing. Jorge Alejos Zelaya por la paciencia y dedicación en la realización del presente trabajo.

Al Ing. Gonzalo Talavera V. por volcar su experiencia en mi carrera profesional, a quién estaré eternamente agradecido

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.	1
2. OBJETIVOS.	3
2.1. Objetivo General.	3
2.2. Objetivos Específicos.	3
3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.	4
3.1. La Empresa:	4
3.2. Valores de la Empresa	4
3.2.1. Misión.	5
3.2.2. Visión.	5
3.3. Modelo Organizacional.	5
4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA.	8
5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.	
.....	11
5.1. Marco Teórico.	11
5.1.1. Principio de Flotabilidad	11
5.1.2. Definiciones Técnicas.	12
5.1.3. Historia de Desalación de Agua de Mar.	15
5.1.4. Marco Normativo.	18
5.2. Antecedentes y Descripción del Problema.	19
5.3. Planteamiento y Alcance del Proyecto.	20
5.4. Fases o Etapas del Proyecto.	23
5.4.1. Etapa I: Actividades Preliminares del Proyecto.	24
5.4.2. Etapa II : Construcción de Líneas Submarinas	58
5.4.3. Etapa III: Lanzamiento de Líneas Submarinas.	95

5.4.4. Etapa IV: Plan de Inspección y Mantenimiento de líneas submarinas.....	99
6. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA.....	105
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	107
7.1. Conclusiones.....	107
7.2. Recomendaciones.....	108
8. BIBLIOGRAFÍA.....	109
9. ANEXOS, APÉNDICE Y PLANOS.....	110
9.1. ANEXOS.....	110
9.2. APÉNDICE.....	117
9.3. PLANOS.....	126

1. INTRODUCCIÓN.

La extracción responsable de minerales comienza con desalinizar y potabilizar agua de mar que es una hazaña doble y única en nuestro país. Algo que extraña a los demás empresarios que trabajan el metal, quienes se amparan en el último informe del Banco Mundial (BM), del 2012, que indica que el 80 por ciento de los recursos hídricos del Perú se emplean en la agricultura, el 18 por ciento para el consumo humano y solo el 2 por ciento en la minería. Ese pequeño porcentaje se puede reducir aún más al instalar plantas desalinizadoras. La idea no es tomar ese recurso del pueblo, sino es al revés, lo que se busca es impactar positivamente, romper con esa imagen de fuente contaminadora que tienen las mineras en nuestro país.

La minera Cerro Lindo desaliniza (36 litros por segundo durante 24 horas al día) y además reutiliza, devolviendo al mar agua salada y más del 55% de los relaves lo convierten en una pasta especial que sirve como material de construcción. Tapando los huecos de los socavones y así reduciendo los residuos producción por la extracción minera.

La solución de esta problemática fue realizada por la empresa SERMABU S.R.L.; cuya actividad se centra en liderar el servicio de la

construcción y lanzamiento de líneas submarinas. Este proyecto está ubicado en Provincia de Chincha Km 180 de la panamericana sur.

En tal sentido la presentación del informe de experiencia laboral, titulado “CONSTRUCCIÓN Y LANZAMIENTO DE LÍNEAS SUBMARINAS DE HDPE Ø18” EN LA REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR HASTA 130 L/S. SOCIEDAD MINERA CERRO LINDO – ICA”, tuvo como propósito la repotenciación del sistema de captación de agua de mar con la intención de elevar la producción de las actividades mineras de Cerro Lindo.

La solución que dio la empresa SERMABU S.R.L. fue la dirección y ejecución de la construcción y lanzamiento del sistema de captación de líneas de HDPE para el transporte de 130 L/s agua de mar, estando compuesto por dos líneas submarinas de Captación de Ø 18” y una línea submarina de Ø18” de Rechazo (Salmuera), con la finalidad de elevar la producción de agua desalinizada de 36 L/s a 48L/s.

Las fases de solución a la problemática, se dieron de la siguiente manera:

- Revisión y replanteo de Planos de ingeniería, de esta manera se verificó los cálculos iniciales de flotabilidad del conjunto tubería-lastres (Línea Submarina).

- Requerimiento de recursos de obra para las diferentes áreas del proyecto.
- Procedimiento de ejecución de actividades constructivas y normativas con la finalidad de realizar un buen trabajo de termofusionado y construcción de lastres de concreto, así como la instalación de esto.
- Verificar la hermeticidad de las juntas termofusionadas, mediante la prueba Hidrostática de las líneas de Succión y Rechazo.
- El lanzamiento de las líneas submarinas se da en coordinación con Capitanía de puerto Pisco y ubicación de coordenadas de posicionamiento de los puntas de líneas submarina en mar.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo General.

Repotenciar el sistema de captación de agua de mar hasta 130 L/s mediante la construcción y lanzamiento de líneas submarinas para el proceso de desalinización en la Sociedad Minera Cerro Lindo.

2.2. Objetivos Específicos.

- Verificar la flotabilidad de las líneas submarinas para su lanzamiento y posicionamiento final en el lecho marino, sin que estas colapsen durante su proceso de instalación.

- Establecer criterios técnicos para la termofusión, construcción de lastres y montaje de las líneas submarinas a fin de garantizar su buen funcionamiento.
- Detallar procedimientos de posicionamiento y hundimiento de las líneas submarinas.

3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.

3.1. La Empresa:

La empresa de SERVICIO DE INGENIERÍA MANTENIMIENTO Y BUCEO S.R.L. (SERMABU S.R.L.) ubicada en Calle Enrique Meiggs N° 285 en el distrito de Miraflores, provincia de Lima, departamento de Lima, con número de RUC N° 20108419505, da inicio a sus operaciones a partir del año 1992, SERMABU S.R.L., tecnificó los trabajos de inspección subacuática de instalaciones marinas especialmente de Petroperú S.A. (nuestro cliente principal), aplicando técnicas de filmación submarina, calibración ultrasónica submarina de espesores para verificación del grado de desgaste de los tubos y/o planchas, pilotes, embarcaciones, soldadura submarina, medición de potenciales de corrosión y estudios de protección catódica.

3.2. Valores de la Empresa

3.2.1. Misión.

Ofrecer servicio de ingeniería y Construcción destinadas a la ejecución del montaje y el mantenimiento en instalaciones portuaria, navieras, refinerías e industria minera, así como la ejecución de subcontratos a compañías de montaje en actividades marinas que resulten adjudicatorias de obra en Perú.

3.2.2. Visión.

Ser una empresa de Construcción y Servicio de alcance nacional, con reconocido liderazgo y prestigio en los lugares donde actuamos, basados en la ética de sus profesionales, en sus Políticas de Calidad, Seguridad y Medio Ambiente, en su capacidad tecnológica y en la seriedad en el cumplimiento de sus compromisos.

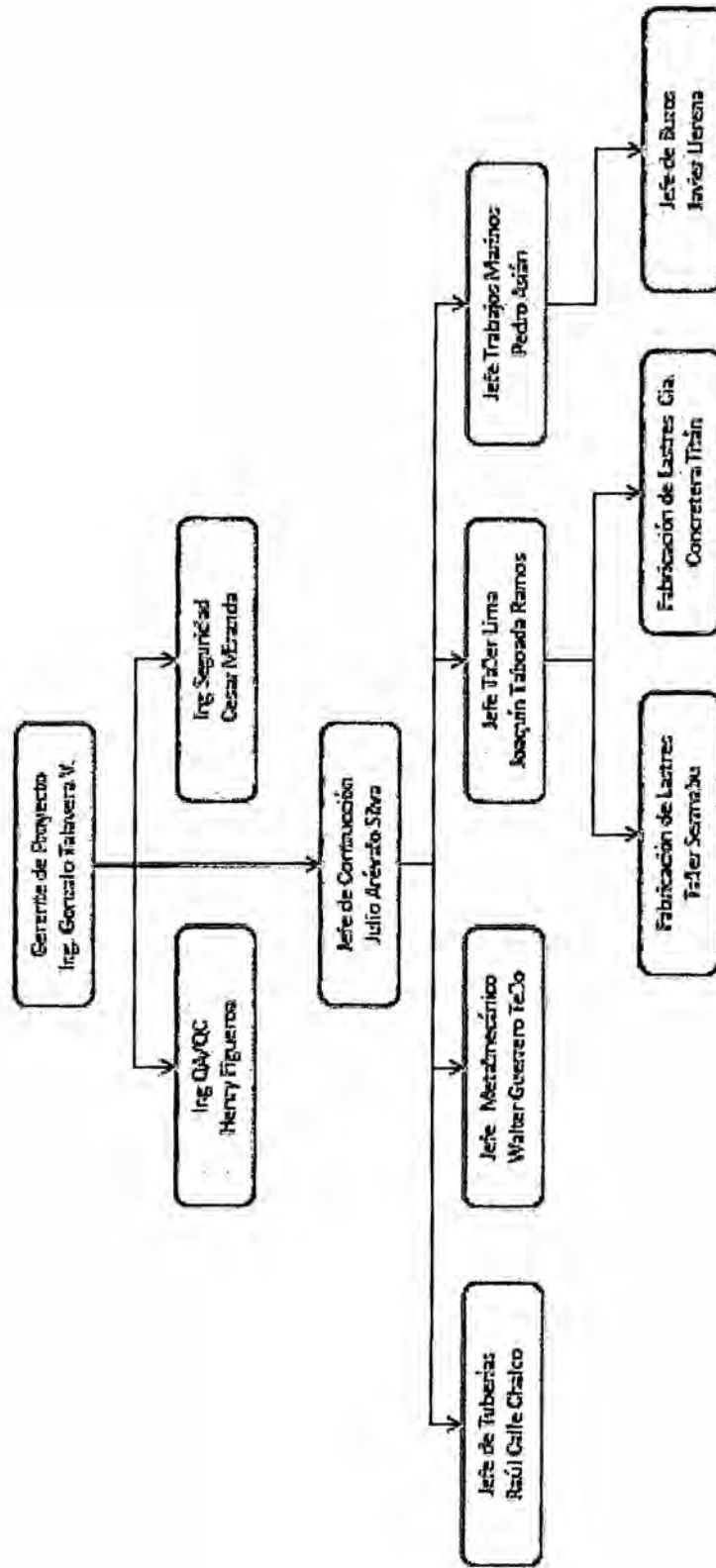
3.3. Modelo Organizacional.

La empresa SERMABU S.R.L. se instaló en la planta de tratamiento de agua de mar ubicada en el Km 180 de la panamericana Sur perteneciente a la provincia de Chincha departamento de Ica, con lo cual da ejecución a sus trabajos con el organigrama adjunto en la Cuadro N°1.

Mi responsabilidad como Jefe de construcción del proyecto desarrollado fue:

- Coordinación de las actividades de Piping con el área de suministro de materiales a utilizar y la verificación de ejecución de trabajos de termofusionado de las tuberías de HDPE.
- Supervisar y verificar los trabajos metalmecánicos elaborados en taller.
- Supervisión de trabajos de lastres de concreto y coordinación para su envío a obra.
- Coordinación con capitania de Puerto de Pisco para el lanzamiento de las líneas submarinas.

Cuadro N° 1: ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA SERMABU S.R.L.



Fuente: SERMABU S.R.L.

4. ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA EMPRESA.

4.1. Servicios.

- Reparación y mantenimiento de estructuras metal mecánicas de Plantas Petroquímicas costeras como Tuberías submarinas, boyas, cadenas, mangueras, amarraderos, muelles en general.
- Diseño y ejecución de proyectos para amarraderos, líneas submarinas de acero, HDPE.
- Diseño de Sistema de Protección Catódica por Corriente Impresa y ánodos de Sacrificio, para estructuras OFF-SHORE y en tierra, para tuberías submarina, muelle, plataformas, tanques, etc.
- Inspección de instalaciones y equipos, para verificación de corrosión y/o desgaste, como muelles, tuberías submarinas, buques, boyas, cadenas, sistemas de protección catódica por corriente impresa de tuberías submarinas, sistemas lumínicos por energía solar, etc.
- Ejecución de proyectos de ingeniería, para soldadura y lanzamiento de tuberías submarinas, instalación de amarraderos multiboyas, etc.
- Supervisiones de Obras metal mecánicas y marinas.
- Calibración de espesores de estructuras metálicas como pilotes de acero, tablestacados, tanques, cascos de buques, etc.

- Inspección acuática y Mantenimiento de Geomembranas de Relaveras de minas.
- Filmación y fotografía de inspecciones submarinas.

4.2. Principales Clientes.

- Refinería Talara, Petroperú.
- Refinería Conchán Petroperú.
- Refinería Iquitos, Petroperú.
- Operaciones Oleoducto de Petroperú.
- Empresa Nacional de Puertos, ENAPU SA
- Pluspetrol (Mantenimiento de la Plataforma Submarina de Pisco Marine Berth).
- Southern Perú Cooper Corporation (Inspección y Pruebas Hidrostáticas de la Línea submarina de Tablones – Ilo)
- Shougang Hierro- Perú (Muelle San Nicolás compuesto por 440 pilotes de acero, un Dolphin y boyas)
- Graña Montero Terminales. (Consorcio Terminales). Operadora de los Terminales Costeros de Petroperú
- Cía Minera Milpo S.A.A. (Lanzamiento de Tubería de 8" de HDPE de Retorno de Salmuera Playa Jahuay)
- Empresa Minera Los Quenuales – Iscaycruz
- Planta de Sol Gas de REPSOL. (Embarque por líneas submarinas de GLP)

- Cía. Sudamericana de Fibras. (Embarque por líneas submarinas de Productos Químicos)
- Cía TRALSA (Embarque por líneas submarinas de Productos Químicos)
- Cía. CRAWFORD TGH FRY & BEHR SA (Inspección de averías).
- Perusa Piling. (Inspección y reparación de muelles).
- Colpex Project (Compañía consultora y ejecutora de proyectos hidráulicos).
- Naviera Comercial de la Marina de Guerra (inspección de boyas, buques, soldadura de ánodos).
- Dirección Nacional de Hidrografía de la Marina de Guerra (mantenimiento de boyas).
- Cía TRAMARSA, Agencia Naviera.
- Representaciones Navieras y Aduaneras SA- RENADSAC.
- R. Ríos J. Ingenieros.
- Sedapal.
- Osinergmin (Inspección de las Plataformas Marinas de Petrotech Peruana).
- PECSA (Instalación Sistema de Protección Catódica, Estaciones de Servicio).
- PGN Peruana de Gas Natural (Instalación Sistema de Protección Catódica, Estaciones de Servicio de Gas Natural y GLP).

- IMECON (Instalación Sistema de Protección Catódica para Tanques de Productos).

5. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO DE INGENIERÍA.

5.1. Marco Teórico.

5.1.1. Principio de Flotabilidad

Un cuerpo en un fluido que flote o este sumergido, experimenta una fuerza hacia arriba igual al peso del fluido que desplaza. La fuerza de flotación¹ actúa en dirección vertical hacia arriba a través del centroide del volumen desplazado, y se define en forma matemática por medio del principio de Arquímedes, como sigue:

$$F_b = \gamma_f \times V_s \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

F_b = Fuerza de flotación

γ_f = Peso específico del fluido.

V_s = Volumen sumergido o desplazado del fluido

Cuando un cuerpo flota libremente desplaza el volumen suficiente de fluido para balancear su propio peso.

¹ Robert Mott, Mecánica de Fluidos aplicada pág. 124

El análisis de problemas que tienen que ver con la flotabilidad requiere que se aplique la ecuación de equilibrio estático en la dirección vertical $\sum F_V = 0$, que supone que el objeto permanece en reposo en el fluido.

El sistema de captación de agua de mar trabajará totalmente sumergido, para este caso la condición de estabilidad² para cuerpos sumergidos por completo en un fluido es que su centro de gravedad esté por debajo de su centro de flotación.

El centro de flotabilidad de un cuerpo se encuentra en el centroide del volumen desplazado de fluido, y es a través de dicho punto que la fuerza de flotación actúa en dirección vertical. El peso del cuerpo actúa verticalmente hacia abajo a través del centro de gravedad.

5.1.2. Definiciones Técnicas.

Termofusión, Es un método de soldadura simple y rápido, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. La superficie de las partes que se van a unir se calientan a temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión.

² Robert Mott, Mecánica de Fluidos aplicada pág. 133.

HDPE (High Density Polyethylene) Polietileno de Alta Densidad, Es el polietileno obtenido por procedimientos de fabricación llamados de baja presión, cuya densidad está comprendida entre $0,941 \text{ g/cm}^3$ y 0.965 g/cm^3

SDR, relación diámetro nominal de tubería y espesor de pared.

Diámetro Nominal (DN): Es el diámetro declarado por el fabricante y se expresa en mm o pulg.

Diámetro Exterior cualquiera (D): Es el valor del diámetro externo del tubo, medido en una sección cualquiera.

Diámetro Exterior Medio (Dm): Es el coeficiente resultante de dividir la circunferencia del tubo entre ($\pi=3,1416$), y se expresa en mm.

Presión Nominal (PN): Es la presión máxima a la que deben trabajar los tubos en servicio continuo a 20°C , se expresa en bar ($1 \text{ bar}=1.02 \text{ kgf/cm}^2=14.5 \text{ PSI}$).

Presión de prueba hidrostática (Pph): Es la presión a la que se somete internamente a un recipiente o elementos sometidos a presión para efectos de prueba hidrostática.

Temperatura de prueba (Tp): Es la temperatura en la pared del recipiente o elemento sometido a presión, equipos o sus componentes a las condiciones normales de la prueba hidrostática.

Spool: Arreglo de componentes para tubería que forman parte de una sección de proceso.

Encofrado, Contenedor, denominado que tiene como función principal dar al hormigón la forma proyectada, proveer su estabilidad como hormigón fresco, asegurar la protección y la correcta colocación de las armaduras, estos pueden ser de madera, planchas de fierro o aluminio.

Hormigón armado, material de construcción formado por grava, arena, cemento y barras de acero. Muy resistente cuando se endurece.

Línea Submarina, compuesto por tuberías soldadas, lastres de concreto, cajas submarinas, spool de captación y rechazo, así como boyarines de ubicación.

Fuerza de arrastre, la fuerza de un fluido que fluye sobre un cuerpo en dirección del flujo.

5.1.3. Historia de Desalación de Agua de Mar.

Desde tiempos inmemoriales el hombre ha mostrado un especial anhelo con la posibilidad de transformar en agua potable el agua del mar.

Hay un dato revelador, el 75% de la población mundial vive a menos de 100 km del mar, lo que significa las posibilidades que nos puede suponer la desalación como alternativa a la escasez de agua potable.

A mediados del siglo XIX, era frecuente que algunos barcos llevaran instalados destiladores para intentar conseguir potabilizar agua marina.

Después de la II Guerra Mundial se comienzan a instalar las primeras desaladoras. Arabia Saudí y Kuwait donde el agua potable es un bien escaso, fueron los primeros países que instalaron plantas desaladoras.

Sin embargo, es a partir de la década de los setenta del siglo pasado cuando se desarrolló la ósmosis inversa. Sistema éste que ostenta la primacía internacional por su eficacia y alto rendimiento, en los procesos de desalinización en el mundo.

Arabia Saudí es el primer país en desalinización de agua del mar, calculándose que cuatro de cada cinco litros que se consumen en el país provienen de la desalinización. Emiratos Árabes Unidos, Libia, Qatar siguen el mismo camino. Otros países como Estados Unidos, Israel, Japón, España también tienen una importante producción de agua desalada.

En España, la primera planta desaladora se instala en Lanzarote. Actualmente en Fuerteventura y Lanzarote el agua desalada representa la totalidad del agua consumida.

Obtener agua dulce del mar, es para todos la mayor esperanza tecnológica de que se resuelva las crisis hídricas que se avecinan. Gracias a la aplicación de la desalinización se han resuelto muchos y graves problemas, En la actualidad, se producen más de 36 millones de m³ al día en todo el mundo, lo que es suficiente para abastecer a una población de 180 millones de habitantes, lo cual da una idea de la importancia de la desalinización.

Hasta hace poco, la desalinización sólo se ha empleado en circunstancias extremas debido al altísimo consumo de energía del proceso y en consecuencia, por su alto coste económico.

La industria del tratamiento del agua es muy competitiva, se emplean varias técnicas como la ósmosis inversa, la destilación, el electro diálisis y la congelación en el vacío. Hoy solamente son viables comercialmente la ósmosis inversa y la destilación.

Las desaladoras captan el agua del mar por medio de tomas frente a la costa o en pozos de playas. Las primeras plantas desalinizadoras han utilizado diversas tecnologías de evaporación. Las desalinizadoras por evaporación más avanzadas, de múltiples etapas, tienen un consumo de energía de más de 9 Kw/h por m³ de agua potable producida. Inicialmente las grandes desalinizadoras se construyen en lugares en los que los costes de la energía son muy bajos, como en el Oriente Medio, o cercanos a plantas de procesamiento con calor sobrante disponible.

Se desarrolló el proceso de ósmosis inversa, en los años setenta, con el que se obtiene agua potable, forzándole a pasar bajo una alta presión, a través de una membrana semipermeable que filtra las sales y las impurezas. Estas sales e impurezas se expulsan del dispositivo de ósmosis inversa, en forma de solución concentrada de salmuera en un flujo continuo que contiene una gran cantidad de energía de alta presión.

Cabe mencionar que la instalación de plantas desalinizadoras en el litoral de nuestro país es de suma importancia puesto que con ello evitamos la utilización de aguas de los ríos aledaños a las comunidades campesinas, a esto se suma que la minera Cerro lindo da tratamiento a las agua de sus procesos. Con esto se evita la contaminación de los ríos. Cerro Lindo es una empresa que cumple con su política medio ambiental y contribuye al desarrollo del país.

5.1.4. Marco Normativo.

- ✓ ACI 305, Guide to Hot Weather Concreting. "Proceso de concreto en clima caliente". Bloques de concreto.
- ✓ ACI 306, Guide to Cold Weather Concreting. "Proceso de concreto en clima frío". Bloques de concreto.
- ✓ ASME B31.3, Process Piping." Procesos de tuberías a presión".
- ✓ ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII.
- ✓ ASTM F 2620, Heat Fusion Joining of Polyethylene Pipe and Fittings.
- ✓ ASTM D2657, Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyolefin Pipe and Fittings.
- ✓ ASTM D3035, Standard Specification for Polyethylene (PE) Plastic Pipe (DR-PR) Based on Controlled Outside

Diameter.

- ✓ AISC – Manual of Steel Construction.
- ✓ AWS D1.1 Structural Welding Code – Steel.

5.2. Antecedentes y Descripción del Problema.

La Unidad Minera Cerro Lindo antes de la repotenciación del sistema está procesando minerales con contenidos de Zn, Cu y Pb en aproximadamente 10,000 TPD y luego de la ampliación la producción ha elevado la capacidad hasta 15,000 TPD.

El abastecimiento de agua para el proceso de la Planta, se inicia con la toma de agua de mar en la Playa Jahuay.

Al inicio, la captación de agua de mar se realizaba desde la Playa Jahuay mediante dos tomas independientes con tuberías de HDPE de 14 pulgadas de diámetro, que se extienden 700 metros mar a dentro más 100 metros sobre la playa. Cada toma alimenta a su respectiva bomba sumergible de 100 L/s de capacidad. Estas bombas impulsaban el agua hacia la Planta desaladora, el agua desalada era enviada a la Planta Concentradora de Cerro Lindo a un caudal de 36 L/s, por medio de 03 estaciones de bombeo. El agua de rechazo (Salmuera) con

un caudal de 54 L/s era retornado al mar por medio de una tubería de HDPE de 8 pulgadas de diámetro.

5.3. Planteamiento y Alcance del Proyecto.

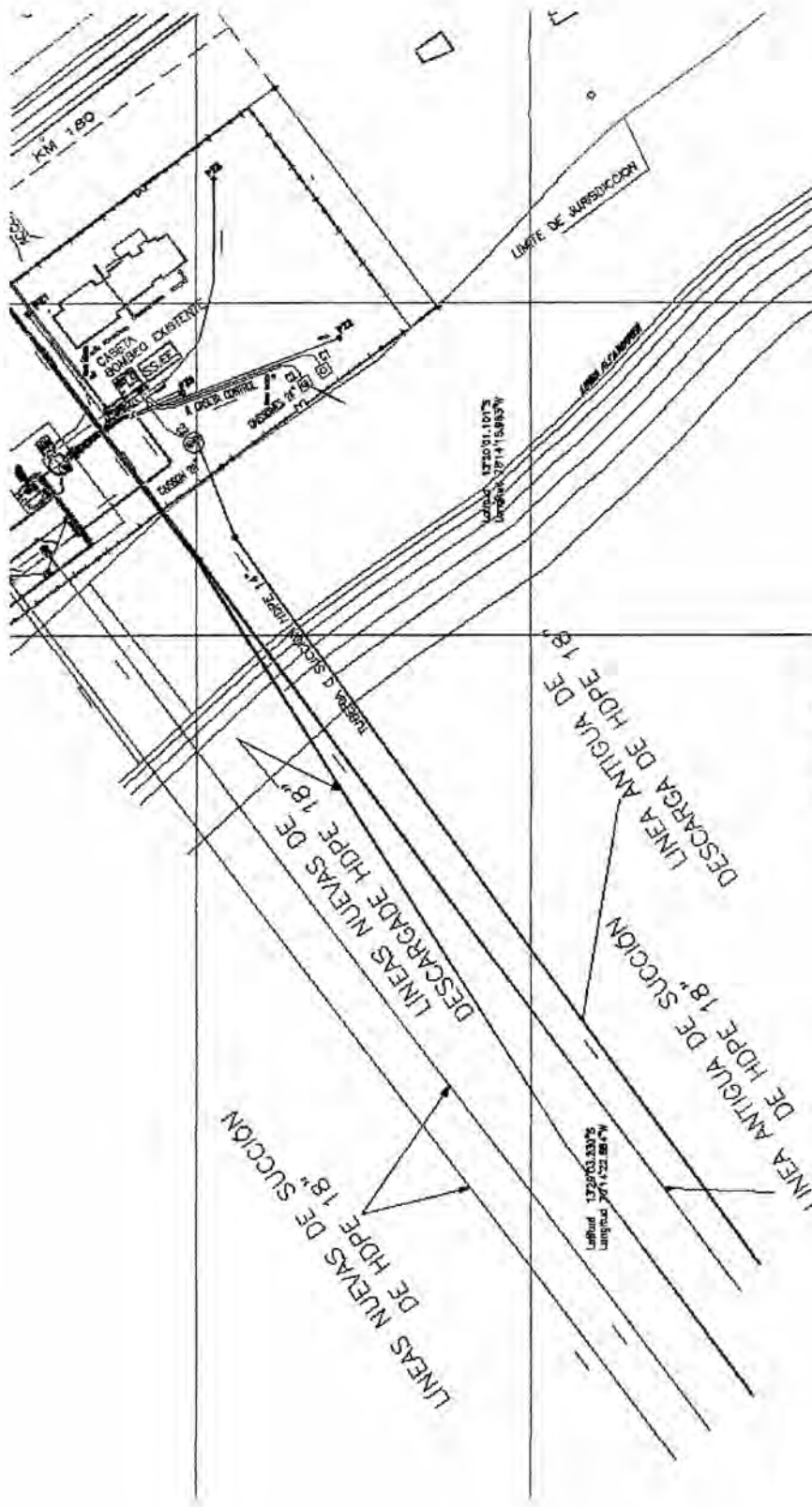
Para la ampliación de la producción de la mina Cerro Lindo de 10,000 TPD a 15,000 TPD, se repotenció el sistema de captación de agua de mar, para lo cual se instalaron 02 nuevas bombas autocebantes que fueron responsabilidad JJC, las mismas fueron ubicados sobre el terreno a 100 metros de la línea de alta marea, las que realizan la toma directa del agua de mar por medio de dos líneas de succión independientes de 18 pulgadas de diámetro de HDPE SDR 13.5 de 700 metros mar adentro desde la línea de alta marea. Estos cambios permiten tomar en promedio 130 L/s de agua de mar para producir 48 L/s de agua desalada durante las 24 horas del día y finalmente ser impulsada a la operación mineras de Cerro Lindo.

Para el agua de rechazo (salmuera), se instaló una nueva línea de 18 pulgadas de diámetro HDPE SDR 13.5 de 700 metros de longitud total, desde la Planta desaladora hasta 180 metros a partir de la línea de alta marea. En el plano N° 03-05-03-911-06-004 Rev. 1, se puede observar las líneas submarinas iniciales (Ø 14" y

Ø 8" HDPE) y las líneas submarinas después de su instalación. (Ø 18" HDPE).

Para la ejecución de estos trabajos, MILPO contrató a la empresa SERMABU S.R.L especialista en instalaciones de tuberías en zona de playa y en mar, obras civiles menores de excavación y fabricación de soportes estructurales de concreto y de acero.

Figura N° 1, Esquema de Líneas Nueva Instaladas HDPE 18" y Líneas antiguas de HDPE de 14" y 8"



Fuente: Propia

5.4. Fases o Etapas del Proyecto.

En la solución del problema objeto de estudio se establecieron las siguientes fases o etapas del proyecto:

- Etapa I: Actividades Preliminares del Proyecto.
 - Revisión y Replanteo de Planos de ingeniería.
 - Requerimiento y Recursos de Obra
 - Programa de Actividades del Proyecto.

- Etapa II: Construcción de Líneas Submarinas
 - Recepción de Materiales por el Contratistas
 - Procedimiento de Control de Calidad en Juntas Termofusionadas.
 - Uniones de juntas Termofusionadas para líneas y accesorios.
 - Proceso de Construcción de lastres de concreto para Líneas Submarinas.
 - Control de Calidad del Concreto.
 - Instalación de lastres de concreto en líneas Submarinas.
 - Construcción de Cajas Metálicas y Accesorios Submarinos.
 - Pruebas Hidrostáticas de líneas.

- Etapa III: Lanzamiento de Líneas Submarinas
 - Coordinaciones con Capitanía de Puerto

- Ubicación de Coordenadas de extremo de líneas
- Instalación de líneas submarinas.
- Instalación Submarina de accesorios de Captación y Rechazo.

➤ Etapa IV : Plan de Inspección y Mantenimiento de Líneas Submarinas

- Antecedentes de funcionamiento de Líneas Submarinas.
- Plan de Inspección y Mantenimiento de Líneas Submarinas de Succión.
- Plan de Inspección y Mantenimiento de Líneas Submarinas de Rechazo.

5.4.1. Etapa I: Actividades Preliminares del Proyecto.

5.4.1.1. Revisión y Replanteo de Planos de Ingeniería.

Para la construcción de las líneas submarinas se requiere preliminarmente verificar la flotabilidad del conjunto tubería y lastres de concreto, así como la fuerza de anclaje del conjunto en el lecho marino. Esta actividad se hizo tomando información de los planos de ingeniería proporcionados por el cliente

Se construyó 02 líneas de captación de agua de mar y 01 línea de rechazo (Salmuera).

Se tomó como información los planos de ingeniería Milpo, donde se detalla las características técnicas, tal como sigue:

- Material: Tubería HDPE Ø18" SDR 13.5
- $L_{\text{Captación}} = 800 \text{ m}$ (en Playa y Mar)
- $L_{\text{salmuera}} = 400 \text{ m}$ (en Playa y Mar)
- $D_e = 0.457 \text{ m}$
- $D_i = 0.386 \text{ m}$
- $e = 0.034 \text{ m}$
- $W_{\text{HDPE}} = 44.73 \text{ kg-f / m}$
- $\gamma_{\text{HDPE}} = 958 \text{ Kg-f/m}^3$
- $\gamma_{\text{mar}} = 1025 \text{ Kg-f/m}^3$

❖ Cálculo del Lanzamiento y Anclaje de Línea Submarina de Succión.

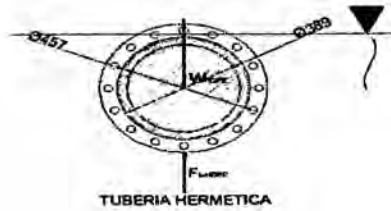
A) Calculo de Flotabilidad de Tubería Submarina Hermética $F_b(h)$
(sin lastres), ver figura N° 2.

Usaremos la ecuación N° 1

$$F_b = \gamma_f \times V_s$$

$$F_{b(h)} = 1025 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \times \left(\frac{0.457^2 \times 3.14}{4} \text{m}^2 \times 800\text{m} \right) = 134504.6 \frac{\text{kgf}}{\text{m}}$$

Figura N° 2: Tubería Submarina Hermética



Fuente: Propia

A.1) Calculo del peso total de tubería de succión, L=800m

$$W_{\text{HDPE}} = w \times L \dots \dots \dots (2)$$

TOTAL

Donde:

w = Peso del tubo por metro lineal

$$W_{\text{HDPE}} = 44.73 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \times 800\text{m} = 35784 \text{ kgf}$$

TOTAL

Tabla N° 1: Peso del tubo por unidad de longitud, para SDR-13.5.

Nominal in.	OD		SDR	Nominal ID		Minimum Wall		Weight	
	in.	mm.		in.	mm.	in.	mm.	lb. per foot	kg. per meter
18	18.000	457.20	7	12.651	321.34	2.571	65.30	53.67	79.86
			7.3	12.871	326.92	2.466	62.64	51.81	77.09
			9	13.840	351.54	2.000	50.80	43.29	64.42
			9.3	13.974	354.94	1.935	49.15	42.06	62.59
			11	14.596	370.74	1.636	41.55	36.22	53.90
			11.5	14.744	374.50	1.565	39.75	34.80	51.78
			13.5	15.227	386.77	1.333	33.86	30.06	44.73
			15.5	15.585	395.86	1.161	29.49	26.45	39.36
			17	15.798	401.27	1.059	26.90	24.26	36.10
			21	16.217	411.91	0.857	21.77	19.88	29.58
26	16.560	420.62	0.692	17.58	16.21	24.12			
32.5	16.848	427.94	0.554	14.07	13.07	19.45			

Fuente: Cia. Válvulas Industriales

A.2) Comparando la fuerza de flotabilidad vs. el peso de la tubería:

$$\therefore W_{\text{HDPE TOTAL}} < F_{b(h)} \dots\dots\dots \text{la tubería Flota.}$$

B) Calculo de flotabilidad de tubería submarina abierta $F_{b(a)}$ (sin lastres), ver figura N° 3.

$$F_{b(a)} = (D_e^2 - D_i^2) \times \frac{\pi}{4} \times \gamma_{\text{mar}} \times L \dots\dots\dots (3)$$

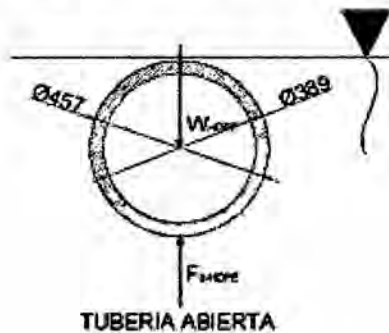
$$F_{b(a)} = (0.457^2 - 0.386^2) \times \frac{3.14}{4} \times 1025 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \times 800 \text{ m}$$

$$F_{b(a)} = 38547.0 \text{ kgf}$$

B.1) Comparando la fuerza de flotabilidad vs. el peso de la tubería:

$$\therefore W_{\text{HDPE TOTAL}} < F_{b(a)} \dots\dots\dots \text{La tubería Flota.}$$

Figura N° 3: Tubería Abierta



Fuente: Propia.

C) Calculo de la Flotabilidad de Lastres de Concreto $F_{b(c)}$

$$F_{b(c)} = \gamma_{mar} \times V_{lastre_{total}} \dots \dots \dots (4)$$

C.1) Calculo de volumen total de lastres:

$$V_{lastre_{total}} = V_{lastre} \times N_{lastres} \dots \dots \dots (5)$$

- Observando la figura N° 4, se calculará el volumen de un lastre de concreto.

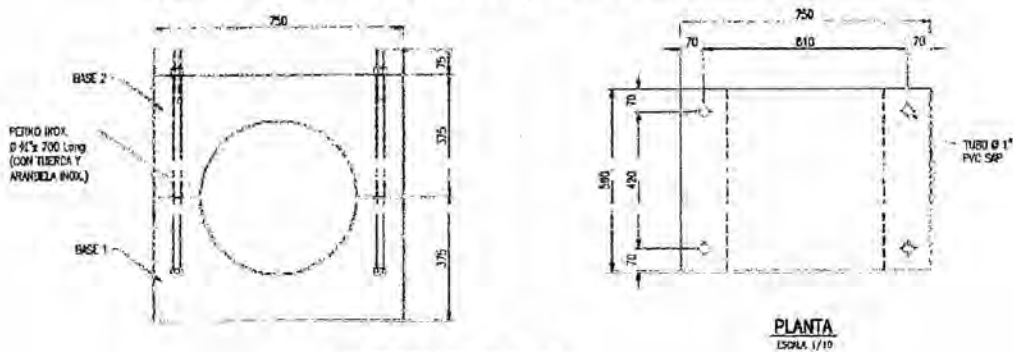
$$V_{lastre} = V_1 - V_2 \dots \dots \dots (6)$$

Volumen del cubo de concreto (V_1):

$$V_1 = L_b \times a \times h \dots \dots \dots (7)$$

$$V_1 = 0.75m \times 0.56m \times 0.75m = 0.315 m^3$$

Figura N° 4: Lastres de Concreto para línea submarina.



Fuente: Plano SMCL

Volumen que ocupa el tubo en el lastre (V_2):

$$V_2 = D_e^2 \frac{\pi}{4} \times a \dots \dots \dots (8)$$

$$V_2 = 0.457^2 \frac{\pi}{4} \text{ m}^2 \times 0.56 \text{ m} = 0.0918 \text{ m}^3$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 6 tenemos:

$$V_{\text{lastre}} = (0.315 - 0.0918) \frac{\text{m}^3}{\text{unid.}} = 0.223 \frac{\text{m}^3}{\text{unid.}}$$

C.2) Calculo del número total de lastres en la Línea submarina.

$$N_{\text{lastres}} = \frac{L_{\text{longitud total/tubería}}}{d} \dots\dots\dots(9)$$

Dónde:

L: longitud de tubería

d: Distancia entre lastres sobre la tubería.

Tabla N°2: Cantidad óptima de lastres para lanzamiento de línea

Ítem	L (m)	d(m)	L/d (unid)	Obs.
1	800	2.5	320	-
2	800	4.0	200	Optimo
3	800	5.0	160	-

Fuente: SERMABU S.R.L.

Reemplazando valores en la ecuación N° 5 se tiene:

$$V_{\text{lastre total}} = 0.223 \frac{\text{m}^3}{\text{unid.}} \times 200 \text{ unid.} = 44.6 \text{ m}^3$$

➤ Reemplazando valores en la ecuación N°4 tenemos:

$$F_{b(c)} = 1025 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \times 44.6 \text{ m}^3 = 45715 \text{Kgf}$$

C.3) Calculo del peso total de los lastres:

$$W_{\text{Lastres total}} = W_{\text{Lastre}} \times N_{\text{lastres total}} \dots \dots \dots (10)$$

Considerando las dimensiones del lastre detallado en el plano N° 03-05-03-911-05-014 Rev. 1.

- Longitud (L_b) = 0.75 m
- Ancho (a) = 0.56 m
- Alto (h) = 0.75 m
- Peso concreto (W_c) = 535 kgf
- Peso armadura (W_a) = 20 kgf
- Peso espárragos (W_e) = 7 kgf

➤ Calculo del peso del lastre de concreto

$$W_{\text{lastre}} = W_c + W_a + W_e \dots \dots \dots (11)$$

Reemplazando valores:

$$W_{\text{lastre}} = (535 + 20 + 7) \frac{\text{kgf}}{\text{unid.}} = 562 \frac{\text{kgf}}{\text{unid.}}$$

➤ Calculo del peso total de lastres, reemplazando la ecuación N° 10, tenemos:

$$W_{\text{Lastres total}} = 562 \frac{\text{kgf}}{\text{unid.}} \times 200 \text{ unid.} = 112400 \text{ kgf.}$$

C.4) La flotabilidad de los lastres en agua de mar es:

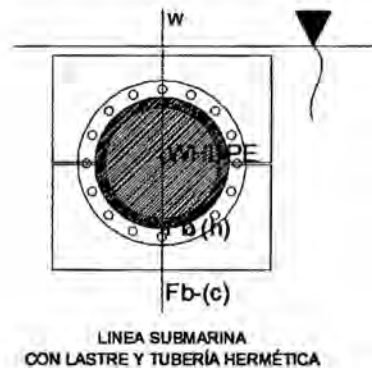
$$\therefore W_{\text{Lastres total}} > F_{b(c)} \dots\dots\dots \text{Los lastres se hunden.}$$

D) Cálculo de Flotabilidad Conjunto Tubería - Lastres (Hermética).

Para este cálculo usaremos el diagrama de cuerpo libre de la figura N° 5:

$$F_{R1} = F_{b(h)} + F_{b(c)} - \left(W_{\text{Lastre total}} + W_{\text{THDPE TOTAL}} \right) \dots\dots\dots (12)$$

Figura N° 5: Conjunto Tubería – Lastres para el lanzamiento (Hermética).



Fuente: Propia.

Reemplazando valores tenemos:

$$F_{R1} = (134504.6 + 45715) \text{kgf} - (112400 + 35784) \text{kgf}$$

$$F_{R1} = 32035.6 \text{ kgf} \uparrow \dots\dots \text{(La tubería con los lastres flota)}$$

Por tanto, la línea submarina conformada por el conjunto tubería-lastres flota durante los trabajos de lanzamiento.

E) Cálculo de Flotabilidad: Conjunto Tubería – Lastres (Abierta)

Para el cálculo se retira la brida del extremo final de la línea, permitiendo el ingreso de agua e inmersión de la línea Submarina, ver diagrama de cuerpo libre de la figura N° 6.

$$F_{R2} = F_{b(a)} + F_{b(c)} - \left(W_{\text{Lastre total}} + W_{\text{THDPE TOTAL}} \right) \dots\dots\dots (13)$$

$$F_{R2} = (38547.0 + 45715) \text{kgf} - (112400 + 35784) \text{kgf}$$

$$F_{R2} = -63922 \text{ kgf} \downarrow \dots\dots\dots (\text{se hunde}).$$

Figura N° 6: Conjunto Tubería – Lastres para hundimiento (Abierta).



Fuente: Propia

F) Calculo de la Fuerza de Arrastre Sobre la Línea Submarina en el Fondo.

$$F_a = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times A_p \times V^2 \dots\dots\dots (14)$$

$$F_{a/\text{total}} = F_{a/\text{tubería}} + F_{a/\text{lastre}} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

F_a = Fuerza de arrastre

C_d = Coeficiente de arrastre³

ρ = Densidad del fluido (agua de mar)

A = Área proyectada perpendicular al vector velocidad.

V = Velocidad del fluido⁴.

Se usarán los datos de la siguiente tabla para calcular la fuerza de arrastre por tramos de acuerdo a la velocidad de corriente marina de playa Jahuay – Chincha.

Tabla 3: Velocidad de corriente de corriente marina (playa Jahuay)

TRAMOS	BRAVEZA	PROFUNDIDAD	V.(m/s)
1m a 30m	Cercano a la orillas	0m a 1m	3,0
30m a 80m	Zona a continuación	1m a 2,5m	2,0
80m a 140m	Zona a continuación	1m a 2,5m	1,0
140m a 300m	Zona a continuación	2,5m a 5m	0,5
300m a 800m	Zona a continuación	5m a 8m	0,3

Fuente: Sermabu S.R.L.

F.1) Calculo de la fuerza de arrastre para la tubería.

Para ello usaremos la ecuación N° 14. y la tabla N° 7

➤ Calculo del Coeficiente de arrastre (C_d)

³ Es un número adimensional que depende de la forma del cuerpo y su orientación con respecto a la corriente del fluido, Robert Mott pág 122.

⁴ Si se duplica la velocidad de un objeto dado, la fuerza de arrastre se incrementara en un factor de cuatro.

El número de Reynolds (Re) para un cilindro y cubo fue proporcionado por SERMABU S.R.L., tenemos:

$$\frac{L_{\text{Total tubería}}}{D_e} > 40 \Rightarrow 10^4 < Re < 10^5 \dots\dots (16)$$

$$\frac{800\text{m}}{0.457\text{m}} = 1750.5 > 40 \Rightarrow 10^4 < Re < 10^5$$

$$\therefore C_d = 1.2$$

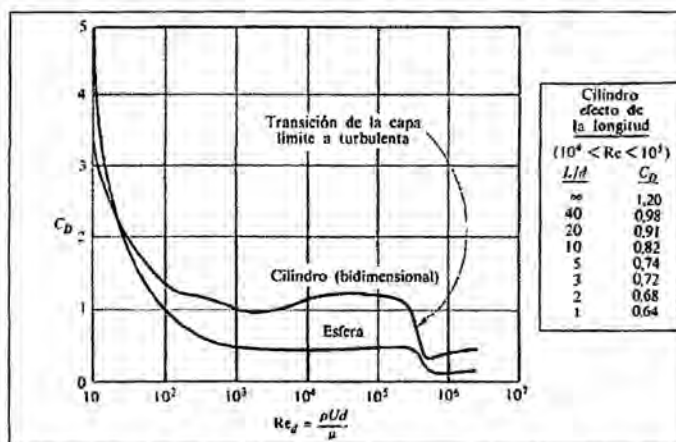
Calculo del área proyectada para la tubería por metro lineal.

$$A_{p/\text{tubo}} = D_e \times L \dots\dots (17)$$

Para el cálculo del área proyectada se realizará esto por metro lineal de tubería como se aprecia en la figura N° 8 y se reemplazara en la ecuación anterior.

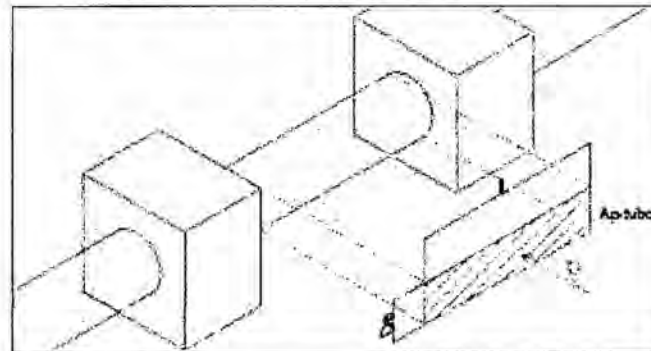
$$A_{p/\text{tubo}} = 0.457\text{m} \times 1 \frac{\text{m}}{\text{ml}} = 0.457 \frac{\text{m}^2}{\text{ml}}$$

Figura N°7: Coeficiente de arrastre para cilindros.



Fuente: Mecánica de Fluidos Gerhart

Figura N°8: Área proyectada de tubería



Fuente: Propia

Remplazando valores en la ecuación N° 14, se tiene que la fuerza de arrastre para el primer tramo (ver tabla N°3), donde:

$$V=3\text{m/s y } \rho_{\text{mar}} = 103.2 \frac{\text{UTM}}{\text{m}^3} = 103.2 \frac{\text{Kg.s}^2}{\text{m}^4}$$

$$F_{a/t} = \frac{1}{2} \times 1.2 \times 103.2 \frac{\text{Kg.s}^2}{\text{m}^4} \times 0.457 \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \times \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$F_{a/t} = 254.68 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \dots \dots \dots \text{(a)}$$

Se calculará la longitud efectiva de tubería para el primer tramo de acuerdo a la tabla N° 3.

Long. Línea Submarina (m)	Long. Efectiva (m)
4	3,44
30	X

$$X_{\text{logitud efectiva tubería}} = \frac{3.44\text{m} \times 30\text{m}}{4\text{m}} = 25.80 \text{ m} \dots \dots \text{(b)}$$

Entonces de los resultados (a) y (b) tenemos la Fuerza de arrastre para primer tramo:

$$F_{a/t} = 254.68 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \times 25.80 \text{ m} = 6570.74 \text{ Kgf}$$

Para los tramos siguientes el cálculo tiene el mismo procedimiento, los datos se aprecian a continuación en la tabla:

Tabla Nº 4: Cálculo de arrastre en tramos de tubería

Cálculo de Arrastre para la Tubería					
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Arrastre (Kgf/m)	254.68	113.19	28.30	7.07	2.55
Long. Efectiva (m)	25.80	43.00	51.60	137.60	430.00
Arrastre (Kgf)	6570.74	4867.17	1460.28	972.83	1096.50

Fuente SERMABU S.R.L.

Sumando los todos los tramos involucrados se obtiene la fuerza de arrastre total de la tubería:

$$F_{a/tubo} = (6570.74 + 4867.17 + 1460.28 + 972.83 + 1096.50) \text{Kgf}$$

$$F_{a/tubo} = 14967.52 \text{ Kgf} \dots \dots \dots (\alpha)$$

F.2) Calculo de fuerza de Arrastre para los Lastres de Concreto.

$$A_p = h_{lastre} \times L_b \dots \dots \dots (18)$$

El cálculo de área proyectada de los lastres de concreto se realizará por metro lineal de extensión de la tubería submarina (ver figura N° 9).

Reemplazando valores en la ecuación N° 17, tenemos:

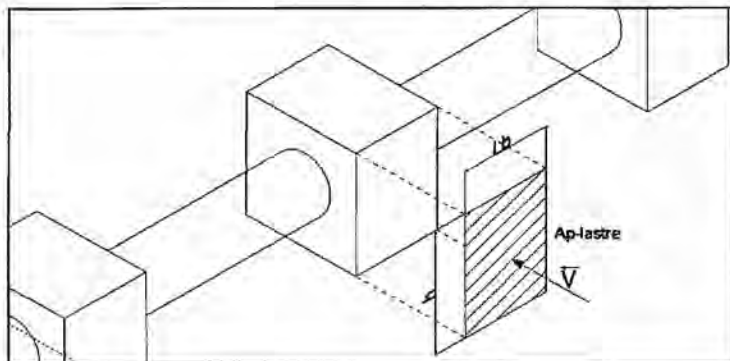
$$A_p = 0.75 \text{ m} \times 1 \frac{\text{m}}{\text{m}} = 0.75 \frac{\text{m}^2}{\text{m}}$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 14, calculamos la fuerza de arrastre para los lastres de concreto y usando la figura N° 10, así también se usara:

$$10^4 < Re < 10^5 \Rightarrow C_d = 2$$

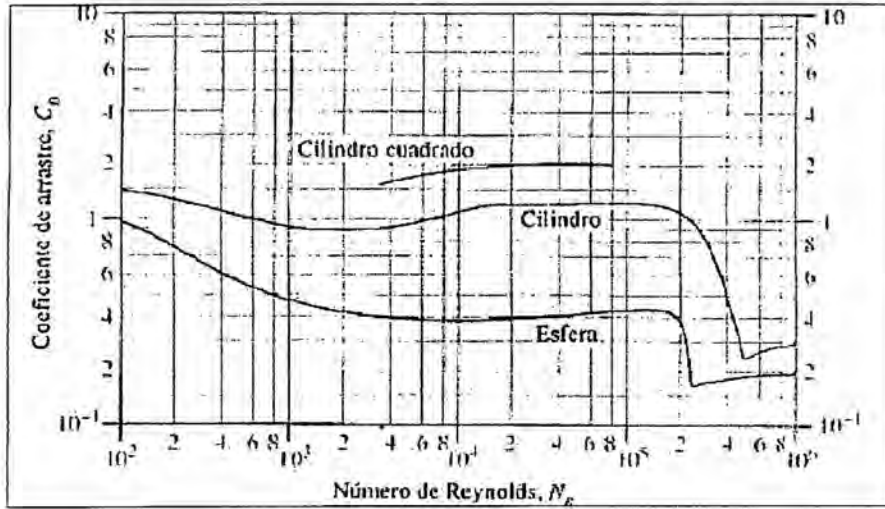
$$F_{a/\text{lastre}} = \frac{1}{2} \times 2 \times 103.2 \frac{\text{Kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4} \times 0.75 \frac{\text{m}^2}{\text{m}} \times \left(3 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2 = 696.60 \frac{\text{Kg} \cdot \text{f}}{\text{m}} \dots \dots (a)$$

Figura N°9: Área proyectada de lastres de concreto



Fuente: Propia

Figura N°10: Coeficiente de arrastre para el lastre



Fuente: Mecánica de fluidos aplicada de Robert L. Mott.

Calculo de la longitud efectiva de lastres para el primer tramo, se tiene:

$$X_{\text{longitud efectiva lastres}} = L_{\text{tramo}} - X_{\text{longitud efectiva tubería}} \dots \dots \dots (18)$$

Reemplazando datos

$$X = 30 - 25.80 = 4.20 \dots \dots \dots (b)$$

De la multiplicación de los resultados (a) y (b) se tiene la fuerza de arrastres para el primer tramo:

$$F_{a/\text{lastres}} = 696.60 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \times 4.20 \text{ m} = 2925.72 \text{ kgf}$$

Para los tramos siguientes se calculó siguiendo el mismo procedimiento, esto se aprecia en la siguiente la tabla:

Tabla N° 5: Calculo de arrastre para los lastres en tramos.

Calculo de Arrastre para Lastres de Concreto					
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Arrastre (Kgf/m)	696.60	309.60	77.40	19.35	6.97
Long. Efectiva (m)	4.20	7.00	8.40	22.40	70.00
Arrastre (Kgf)	2925.72	2167.20	650.16	433.44	487.90

Fuente: SERMABU S.R.L.

Sumando los todos los tramos involucrados se obtiene la fuerza de arrastre total de los lastres:

$$F_{a/lastre\ total} = (2925.72 + 2167.20 + 650.16 + 433.44 + 487.90) \text{Kgf}$$

$$F_{a/lastre\ total} = 6664.42 \text{ Kgf} \dots \dots \dots (\beta)$$

Reemplazando los resultados de (α) y (β) en la ecuación N° 15, tenemos:

$$F_{a/total} = (14967.52 + 6664.42) \text{Kgf}$$

$$F_{a/total} = 21631.94 \text{ kgf}$$

G) Cálculo de Anclaje de Línea Sumarian en Lecho Marino.

Se tomará un factor de rugosidad de la superficie marina de $\mu = 1.5$ (dato proporcionado por SERMABU S.R.L.)

$$F_{anclaje} = F_{R2} \times \mu \dots \dots \dots (19)$$

Sabemos que la:

$$F_{R2} = -63922.0 \text{ kgf}$$

Entonces reemplazando valores en ecuación N° 19 tenemos:

$$F_{\text{anclaje}} = 95883.0 \text{ kgf}$$

Comparando la fuerza de anclaje entre la fuerza de arrastre total, tenemos que:

$$F_{\text{anclaje}} \gg F_{a/\text{total}}$$

$$\therefore 98121.60 \text{ kgf} \gg 21631.94 \text{ kgf}$$

Esto implica que la Línea submarina permanecerá anclada en el lecho marino.

❖ Cálculo Para el Lanzamiento y Anclaje de Línea Submarina de Rechazo.

A) Cálculo de Flotabilidad de Tubería de Rechazo Hermética (Sin Lastres).

Reemplazando datos en la ecuación N° 1, tenemos:

$$F_{b(h)} = 1025 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \times \frac{0.457^2 \times 3.14}{4} \text{ m}^2 \times 400 \text{ m} = 67252.3 \text{ kgf}$$

A.1) Cálculo del Peso Total de Tubería, reemplazando en la ecuación N° 2, tenemos:

Para una longitud $L_R = 400$ m (en Playa y Mar)

$$W_{HDPE\ TOTAL} = 44.73 \frac{\text{kgf}}{\text{m}} \times 400\text{m} = 17892 \text{ kgf}$$

A.2) Comparando la fuerza de flotabilidad de tubería hermética vs. el peso de la tubería total.

$$\therefore W_{HDPE\ TOTAL} < F_{b(h)} \dots\dots\dots \text{La tubería Flota.}$$

B) Calculo de Flotabilidad de Tubería de Rechazo Abierta fb. (a) (Sin Lastres).

Reemplazando datos en la ecuación N° 3, tenemos:

$$F_{b(a)} = (0.457^2 - 0.386^2) \times \frac{3.14}{4} \text{ m}^2 \times 1025 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \times 400 \text{ m}$$

$$F_{b(a)} = 19273.5 \text{ kgf}$$

B.1) Comparando la fuerza de flotabilidad tubería abierta vs. el peso de la tubería total.

$$\therefore W_{HDPE\ TOTAL} < F_{b(a)} \dots\dots\dots \text{la tubería Flota.}$$

C) Calculo de la Flotabilidad del Lastres de Concreto fb (c)

Usando la ecuación N° 4:

$$F_{b(c)} = \gamma_{mar} \times V_{lastre\ total}$$

Calculemos el volumen total de lastres en la Línea

Usaremos la ecuación nº 5:

$$V_{\text{lastre total}} = V_{\text{lastre}} \times N_{\text{lastres}}$$

Reemplazando dato en la ecuación Nº 9

$$N_{\text{lastres}} = \frac{L \text{ longitud total/tubería}}{d}$$

Instalación de lastres de concreto distanciados cada 4 metros tenemos:

$$N_{\text{lastres}} = \frac{400}{4} = 100 \text{ unidades}$$

Reemplazando datos en la ecuación Nº 5, tenemos:

$$V_{\text{lastre total}} = 0.223 \frac{\text{m}^3}{\text{unid.}} \times 100 \text{ unid.} = 22.3 \text{ m}^3$$

Reemplazando dato en la ecuación Nº 4, tenemos

$$F_{b(c)} = 1025 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \times 22.3 \text{ m}^3 = 22857.5 \text{ Kgf}$$

C.1) Calculo del peso total de los lastres de concreto

Usaremos la ecuación Nº 10 y reemplazamos datos tenemos:

$$W_{\text{Lastre total}} = 562 \frac{\text{kgf}}{\text{unid.}} \times 100 \text{ unid.} \Rightarrow W_{\text{Lastres total}} = 56200 \text{ kgf.}$$

C.2) Entonces la flotabilidad del lastre en agua de mar es negativa:

$$\therefore W_{\text{Lastres total}} > F_{b(c)} \dots\dots \text{la tubería se hunde.}$$

D) Calculo de Flotabilidad en lanzamiento de línea submarina de rechazo (Hermética).

Se calculará el efecto de la fuerza resultante durante el lanzamiento del conjunto Tubería hermética – Lastres de concreto, para esto usaremos la ecuación N° 12:

$$F_{R1} = F_{bR(h)} + F_{bR(c)} - \left(W_{\text{Lastre total}} + W_{\text{THDPE TOTAL}} \right)$$

$$F_{R1} = (67252.3 + 22857.5)\text{kgf} - (56200 + 17892)\text{kgf}$$

$$F_{R1} = 16017.8\text{kgf} \uparrow \dots\dots\dots(\text{La tubería con los lastres flota})$$

E) Calculo de Flotabilidad en Lanzamiento de Línea Submarina (Abierta).

Con esta condición se logra que la línea Submarina (Tubería – Lastres) se sumerja en la posición requerida por el proyecto.

Usando la ecuación N° 13:

$$F_{R2} = F_{b(a)} + F_{b(c)} - \left(W_{\text{Lastre total}} + W_{\text{HDPE TOTAL}} \right)$$

$$F_{R2} = (19273.5 + 22857.5)\text{kgf} - (56200 + 17892)\text{kgf}$$

$$F_{R2} = -31961.0 \text{ kgf} \downarrow \dots\dots\dots(\text{La tubería submarina se hunde}).$$

F) Calculo de la fuerza de Arrastre sobre la Línea Submarina en el fondo.

Para ello usaremos la ecuación N° 15.

$$F_{a/\text{total}} = F_{a/\text{tubería total}} + F_{a/\text{lastre total}}$$

F.1) Calculo de la fuerza de arrastre de tubería por tramos.

Usando la ecuación N° 14, $C_d = 2$ y utilizando la tabla N° 3.

$$F_a = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times A_p \times V^2$$

Tabla N° 6: Cálculo de Arrastre de tubería de Rechazo

Cálculo de Arrastre para la Tubería					
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Arrastre (Kgf/m)	254.68	113.19	28.30	7.07	2.55
Long. Efectiva (m)	25.80	43.00	51.60	137.60	86.00
R1: Arrastre (Kgf)	6570.74	4867.17	1460.28	972.83	219.30

Fuente: SERMABU S.R.L..

Suma de todas las fuerzas de arrastres por tramo de tubería, tenemos:

$$F_{a/\text{tubería total}} = 14090.32 \text{ Kgf} \dots\dots\dots(\alpha)$$

F.2) Calculo de la fuerza de arrastre de lastres de concreto por tramos.

Usando la ecuación N° 14, $C_d = 1.2$ y utilizando la tabla N° 3.

$$F_a = \frac{1}{2} \times C_d \times \rho \times A_p \times V^2$$

Tabla N° 7: Cálculo de Arrastre de lastres de concreto.

Cálculo de Arrastre para los Lastres de concreto					
	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4	Tramo 5
Arrastre (Kgf/m)	696.60	309.60	77.40	19.35	6.97
Long. Efectiva (m)	4.20	7.00	8.40	22.40	14.00
R2: Arrastre (Kgf)	2925.72	2167.20	650.16	433.44	97.58

Fuente: SERMABU S.R.L.

$$F_{\text{lastres total}} = 6274.1 \text{ Kgf} \dots \dots \dots (\beta)$$

Reemplazando en la ecuación N° 15, los valores de (α) y (β) tenemos fuerza de arrastre total:

$$F_{\text{a/arastre total}} = 20364.42 \text{ kgf}$$

G) Cálculo de Anclaje de la Tubería Submarina de rechazo en lecho marino.

Reemplazando datos en la ecuación N° 19, tenemos:

$$F_{\text{anclaje}} = F_{R2} \times \mu$$

$$F_{\text{anclaje}} = 31961.0 \text{ kgf} \times 1.5 = 47941.5 \text{ kgf}$$

G.1) Comparando la fuerza de anclaje entre la fuerza de arrastre total, tenemos que:

$$F_{\text{anclaje}} \gg F_{\text{a/total}}$$

$$\therefore 47941.5 \text{ kgf} \gg 20364.42 \text{ kgf}$$

Esto implica que la línea submarina permanecerá anclada en el lecho marino.

❖ Cálculo de Flotabilidad y Hundimiento de Caja Submarina.

A) Cálculo de Flotabilidad de caja submarina

Para el cálculo se usará la ecuación N° 1 y la condición de flotabilidad.

$$F_b = \gamma_{MAR} \times V_S$$

$$F_b = W_{caja} \dots \dots \dots (20)$$

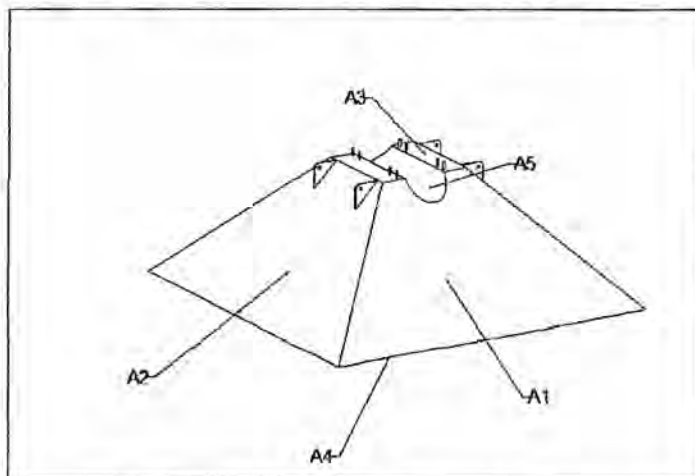
A.1) Cálculo del peso de la caja submarina

$$W_{AC} = \gamma_{AC} \times V_{AC} \dots \dots \dots (21)$$

Se sabe que:

$$\gamma_{AC} = 7850 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}$$

Figura N°11: Caja de Submarina para Apoyo de Línea.



Fuente S.M. CERRO LINDO.

Tabla N° 8: Cálculo de Volumen Plancha de Caja Submarina

ITEM	CARA	AREA	CANT.	ESPEJOR	VOL. TOTAL
		m2	UNID.	mm	m3
1	A1	4.21	2	9.5	0.08
2	A2	4.38	2	9.5	0.083
3	A3	0.54	2	9.5	0.01
4	A4	13.17	1	9.5	0.125
5	A5	0.36	1	9.5	0.003
VOLUMEN TOTAL (V)					0.301

Fuente: S.M. CERRO LINDO

Reemplazando valores en la ecuación N° 21, tenemos:

$$W_{AC} = 7850 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \times 0.301 \text{m}^3 = 2370.7 \text{Kgf}$$

Utilizando la ecuación N° 21, tenemos:

$$1025 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \times V_s = 2370.7 \text{Kgf}$$

$$V_s = 2.31 \text{m}^3$$

A.2) Calculo del volumen total de la caja submarina.

Datos:

Base mayor a = 3.630 m

Base menor b = 0.995 m

Altura h = 1.360 m

$$V_{caja} = \frac{1}{3} \times h \times (a^2 + a \times b + b^2) \dots\dots(22)$$

Reemplazando dato tenemos:

$$V_{\text{caja}} = \frac{1}{3} \times 1.36 \times (3.63^2 + 3.63 \times 0.995 + 0.995^2) = 8.52 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura sumergida y si es menor que la altura total de la caja submarina, entonces indica que este elemento flotará:

Para esto usaremos la proporcionalidad del solido

$$\frac{V_{\text{caja}}}{H} = \frac{V_s}{h} \dots \dots \dots (23)$$

Reemplazando dato tenemos:

$$h = 2.31 \times \frac{1.36}{8.52} = 0.37 \text{ m}$$

∴ Se afirmar que $H > h$., entonces la caja submarina flota.

B) Calculo de Hundimiento de Caja Submarina.

$$W_T = W_{AC} + W_{AGUA} \dots \dots \dots (24)$$

$$W_{AGUA} = \gamma_{MAR} \times V_{CAJA} \dots \dots (25)$$

Reemplazando valore en la ecuación N° 25, tenemos:

$$W_{AGUA} = 1025 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 8.52 \text{m}^3 = 8733 \text{ Kg}$$

Reemplanzando datos en la ecuación N° 24, tenemos:

$$W_T = 2370.7 + 8733 = 11103.7 \text{ Kgf.}$$

Usando la ecuación N° 20 sabemos que:

$$F_B = 2370.7 \text{ Kgf.}$$

Por tanto:

$$F_B < W_T \dots\dots\dots \text{La caja submarina se hunde.}$$

❖ **Calculo de Flotabilidad de Boyarin de Referencia**

Usaremos la ecuación N° 1. y la ecuación de estabilidad.

$$F_b = \gamma_{MAR} \times V_s$$

$$F_b = W_{\text{boyarin}} \dots\dots (26)$$

A.1) Calculo del peso de la caja submarina

Usaremos la ecuación N° 21 y la figura N° 12 para calcular el volumen de plancha utilizado en la fabricación del boyarin.

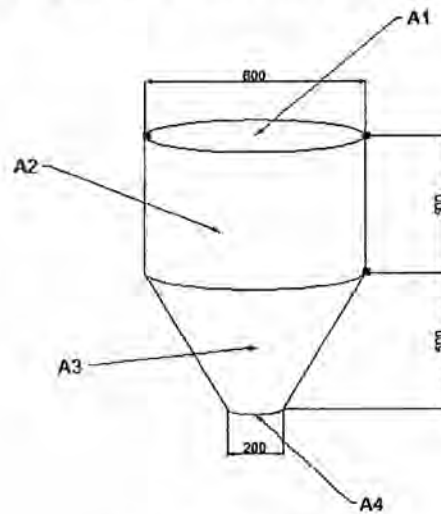
$$W_{AC} = \gamma_{AC} \times V$$

Tabla N° 10: Cálculo de Volumen de Planchas de Boyarín

ITEM	CARA	AREA	CANT.	ESPESOR	VOL. TOTAL
		m2	UNID.	mm	m3
1	A1	0.503	1.00	9.50	0.0050
2	A2	1.257	1.00	9.50	0.0120
3	A3	0.916	1.00	9.50	0.0090
4	A4	0.031	1.00	9.50	0.0003
VOLUMEN TOTAL=					0.0263

Fuente: SERMABU S.R.L.

Figura N° 12 Boyarin de Referencia para las tres líneas submarinas.



Fuente: Sermabu S.R.L.

Reemplazando valores en ecuación N° 26, tenemos:

$$W_{\text{boyarin}} = 7850 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \times 0.0260 \text{m}^3 = 204.1 \text{ Kgf}$$

A.2) Calculo de la flotabilidad del conjunto Boyarin – Cadena

Datos:

✓ Cadena de 5/8" galvanizada

✓ Peso: $W_{\text{CADENA}} = 5.2 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}}$

El peso de la cadena para una longitud de 15 m, es:

$$W_{\text{cadena}} = 5.2 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}} \times 15 \text{ m} = 78 \text{ Kgf.}$$

Calculando el volumen de cadena sumergida:

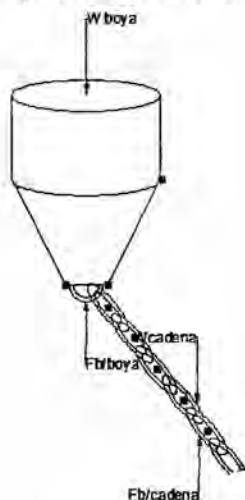
$$W_{cadena} = \gamma_{ac} \times V_{cadena} \dots \dots (27)$$

$$V_{cadena} = \frac{78 \text{ Kgf}}{7850 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3}} = 9.936 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

Usando la ecuación N° 1, hallamos la fuerza de empuje para la cadena.

$$F_{b/cadena} = 1025 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \times 9.936 \times 10^{-3} \text{ m}^3 = 10.18 \text{ Kgf}$$

Figura N° 13, Fuerzas que actúan en el conjunto boyarín – cadena



Fuente: Propia

Del diagrama de cuerpo libre tenemos para el conjunto boyarín - cadena:

$$F_{b/boyarín} + F_{b/cadena} = W_{boyarín} + W_{cadena}$$

$$F_{b/boyarín} = 204.1 + 78 - 10.18 = 271.92 \text{ Kgf.}$$

Calculo del Volumen Sumergido para el conjunto boyarin – cadena, reemplando en la ecuación N° 1 :

$$271.92 \text{ Kgf} = 1025 \frac{\text{Kgf}}{\text{m}^3} \times V_{s/cadena}^{\text{boyarin}}$$

$$V_{s/cadena}^{\text{boyarin}} = 0.265 \text{ m}^3 \dots\dots (a)$$

Calculemos el volumen total del boyarin y comparemos con el volumen sumergido obtenido en (a):

$$V_{\text{boyarin}}^{\text{total}} = V_{\text{cono}} + V_{\text{cilindro}} \dots\dots (28)$$

Calculo del volumen del cono truncado, se usará la siguiente ecuación:

$$V_{\text{cono}} = \pi \frac{h}{3} \times (R_1^2 + R_1 \times R_2 + R_2^2) \dots\dots (29)$$

Donde:

R₁: Radio mayor del cono

R₂: Radio menor del cono

$$V_{\text{cono}} = \pi \frac{0.5}{3} \times (0.4^2 + 0.1 \times 0.4 + 0.1^2) = 0.110 \text{ m}^3$$

Calculo de volumen del cilindro:

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \times R^2 \times h \dots\dots (30)$$

$$V_{\text{cilindro}} = \pi \times 0.4^2 \times 0.5 = 0.251 \text{ m}^3$$

Reemplazando valores en la ecuación N° 28, tenemos:

$$V_{\text{total boyarín}} = 0.110 + 0.251 = 0.361 \text{ m}^3$$

Calculo de la altura sumergida para verificar la flotabilidad del conjunto boyarín – cadena.

Reemplazando en la ecuación los datos calculados:

$$V_{\text{parte sumerg cilindro}} = V_{s/\text{boyarín cadena}} - V_{\text{cono}} \dots \dots \dots (31)$$

$$V_{\text{parte sumerg cilindro}} = 0.265 - 0.110 = 0.155 \text{ m}^3$$

$$\frac{V_{\text{parte sumerg cilindro}}}{x} = \frac{V_{\text{cilindro}}}{0.5} \dots \dots \dots (32)$$

$$x = \frac{0.155}{0.251} \times 0.5 = 0.31 \text{ m}$$

Por tanto la altura sumergida es:

$$h = x + 0.5 \dots \dots \dots (33)$$

$$h = 0.31 + 0.5 = 0.81 \text{ m}$$

∴ La boya se mantiene flotando con obra muerta de 0.19 m.

5.4.1.2. Requerimiento y Recurso de Obra.

5.4.1.2.1. Área Tubería: Equipos y Materiales

- ✓ Mesa alineadora con bancada
- ✓ Mordazas de fijación para diferentes diámetros.
- ✓ Elementos de calefacción regulable
- ✓ Rectificador (biselador) de caras
- ✓ Polines de alineamiento
- ✓ Equipo termofusión McElroy 618
- ✓ Grupo electrógeno 65 KVA
- ✓ Tirfor de 03 y 05 Ton.
- ✓ Camión grúa.
- ✓ Sierra circular manual.
- ✓ Tablero eléctrico.
- ✓ Eslingas.
- ✓ Amoladora Ø7".
- ✓ Grilletes.
- ✓ Vientos.
- ✓ Hidrómetro de condiciones ambientales.
- ✓ Pirómetro
- ✓ Vernier
- ✓ Alcohol (Propano o Etilico)
- ✓ Trapo industrial

➤ Materiales y Equipos utilizados para línea 1 y 2 de succión:

- ✓ 02 Guardas bridadas ASTM A36 para empalme de tubería Ø 18" HDPE.
- ✓ 04 Filtros de Canastilla Ø 18" x 1050mm, SS AISI 316.
- ✓ 02 Guardas metálicas ASTM A36 para junta bridada.
- ✓ 02 Abrazaderas Ø 18", SS AISI 316.
- ✓ 28 Espárragos de Ø 1" x 822 mm, SS, AISI 316.
- ✓ 08 Espárragos de Ø 1" x 148 mm, SS, AISI 316.
- ✓ 14 Empaquetadura de teflón PTFE 1/8" espesor.
- ✓ 02 Cajones metálicos soportes de "TEE", CS ASTM A36.
- ✓ 04 válvulas de bolas de 2 ½", para inmersión de caja
- ✓ 02 Boyas de referencia, CS ASTM A36.
- ✓ 70 m. de cadena de eslabones galvanizadas Ø5/8" Gr. 2 para 16 lastres de concreto
- ✓ Ochos giratorios
- ✓ Grilletes de seguridad
- ✓ 80 m. de cadena de eslabones galvanizadas Ø5/8" Gr. 2 para para 02 boya de posicionamiento y lastres de anclaje.

➤ Materiales y Equipos Utilizados para Línea de Salmuera:

- ✓ 01 Guarda bridada ASTM A36 para empalme de tubería Ø 18" HDPE.
- ✓ 02 Filtros de Canastilla Ø 18" x 1050mm, SS AISI 316.
- ✓ 01 Guardas metálicas ASTM A36 para junta bridada.
- ✓ 01 Abrazaderas Ø 18", SS AISI 316.
- ✓ 28 Espárragos de Ø 1" x 822 mm, SS, AISI 316.
- ✓ 08 Espárragos de Ø 1" x 148 mm, SS, AISI 316.
- ✓ 14 Empaquetadura de teflón PTFE 1/8" espesor.
- ✓ 01 Cajones metálicos soportes de "TEE", CS ASTM A36.
- ✓ 02 válvulas de bolas de 2 ½", para inmersión de caja
- ✓ 01 Boyas de referencia, CS ASTM A36.
- ✓ 32 m. de cadena de eslabones galvanizadas Ø5/8" Gr. 80 para para 01 boya de posicionamiento y lastres de anclaje.

5.4.1.2.2. Área Civil: Equipos y Materiales

- ✓ fierro corrugado Ø ½" ASTM A615 Grado 630 $f_y=4200$ kg/cm²
- ✓ fierro corrugado Ø 3/8" ASTM A615 Grado 630 $f_y=4200$ kg/cm²
- ✓ Alambre liso para construcción (INTINTEC 341.030-GA63F).

- ✓ Cemento Pórtland Tipo V (ASTM C-150 y NTP 334.009).
- ✓ Tubos de luz de Ø3/4"
- ✓ Madera para encofrado.
- ✓ Moldes metálicos para encofrado.
- ✓ Petróleo para evitar adherencia en los moldes de encofrado.
- ✓ Trompo mezclador de concreto, Capacidad 9 pies cúbicos.
- ✓ Vibrador para concreto, marca ISK EY20-3D, 5HP, 4000 rpm
- ✓ Manguera vibratoria tipo pendular Ø38 mm, con 10000 – 12000 vpm.
- ✓ Sika Antisol para el curado del concreto.

5.4.1.2.3. Equipos, Instrumentos y Materiales para Prueba Hidrostática

- ✓ 02 manómetros Ø4" de glicerina, 0 @ 300 psi.
- ✓ Termómetro con espiga de -10 @ 50°C
- ✓ 01 equipo hidrolavador de 0@3000 psi marca Karcher.
- ✓ 01 Higrómetro digital.
- ✓ 01 válvula check de Ø1/2" NPT de 800 lb.
- ✓ 05 válvulas de bola de Ø1/2" NPT de 1000 lb.

- ✓ Nipples de conexión de Ø1/2" NPT Schedule 80.
- ✓ 03 tees de Ø1/2" de 3000 lb.
- ✓ 03 codos de 90° de 1/2".
- ✓ Spools de prueba para diámetros requeridos, incluye venteos (espárragos, mangueras, nipples, conexiónados).
- ✓ 02 válvulas de bola de acuerdo al diámetro de prueba (spools).
- ✓ Nipples de acuerdo al diámetro de tubería.
- ✓ 01 Platos ciegos de Ø18", acondicionad con boquillas para armado del spool y venteos.

5.4.1.3. Programación de Actividades del Proyecto.

Se adjunta en el Anexo 01.

5.4.2. Etapa II : Construcción de Líneas Submarinas

5.4.2.1. Recepción de Materiales por el Contratista.

La compañía minera Cerro Lindo, hace entrega de 200 unidades de tubos de HDPE de SDR 13.5 de longitud de 12 metros y 42 unidades de Stud End (Bridas para HDPE) Ø18" SS AISI 316, estos elementos se utilizaron para la fabricación de las tres líneas requeridas en la repotenciación del sistema

de captación de agua de mar. Este material fue entregado en almacén de la Cia. SERMABU S.R.L.

5.4.2.2. Procedimiento de Control de calidad para el Termofusionado de Juntas.

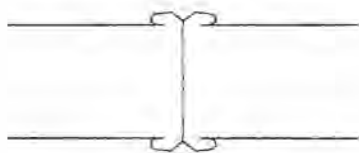
5.4.2.2.1. Inspección visual de proceso de termofusión

- ✓ Debido a que la calidad de una soldadura HDPE depende en gran medida de cómo se haya trabajado, en cada fase, dentro de los rangos apropiados de presión, temperatura y tiempo; se controlaran estos parámetros en el formato Control de juntas tubería HDPE y Registro de control de pegas por termofusión.
- ✓ La configuración de la junta nos indicará directamente la corrección de los parámetros asignados en el control anterior.

Se deberá tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Una mayor presión de lo recomendado, hará que el reborde se sobreponga a si mismo pudiendo resultar una fusión de baja calidad ya que el reborde será expulsado al diámetro exterior e interior de la fusión creando un “anillo frío” en la zona central de la fusión (ver figura N° 14).

Figura N° 14.



Fuente: MC ELROY,

- b) Una menor presión de lo recomendado dará como resultado una fusión inadecuada debido a un contacto insuficiente en el área derretida (Ver figura N° 15).

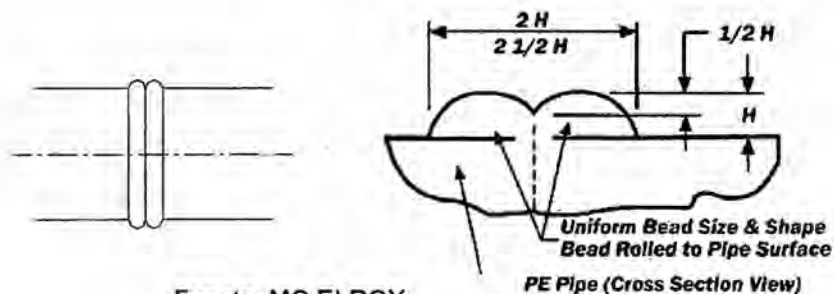
Figura N° 15:



Fuente: MC ELROY.

- c) El reborde formado debe ser uniforme en tamaño y forma todo el rededor de la junta (Ver figura N° 16).
- d) Un buen alineamiento es condición básica para que la tubería pueda soportar con normalidad esfuerzos de flexión en la zona de costura. La excentricidad no debe superar al 10% del espesor de la tubería (Ver figura N° 17).

Figura N° 16:



Fuente: MC ELROY

$$2H \leq \text{Labio} \leq 2.5H$$

Tabla N° 11: Ancho y Grueso del Reborde Fundido.

Min Wall Thickness	Approximate Bead Width B		Min. wall Thickness	Approximate Bead Width B	
	Min.	Max.		Min.	Max.
.118" (3 mm)	5/32" (4 mm)	1/4" (6 mm)	1.06" (27 mm)	19/32" (15 mm)	25/32" (19.8 mm)
.157" (4 mm)	5/32" (4 mm)	9/32" (7 mm)	1.18" (30 mm)	3/4" (16 mm)	13/16" (20.6 mm)
.197" (5 mm)	3/16" (4.8 mm)	5/16" (8 mm)	1.34" (34 mm)	21/32" (16.7 mm)	7/8" (22.2 mm)
.246" (6 mm)	1/4" (6 mm)	11/32" (8.7 mm)	1.57" (40 mm)	11/16" (17.4 mm)	29/32" (23 mm)
.315" (8 mm)	9/32" (7 mm)	3/8" (9.5 mm)	1.77" (45 mm)	25/32" (19.8 mm)	1" (25.4 mm)
.354" (9 mm)	5/16" (8 mm)	7/16" (11 mm)	1.97" (50 mm)	3/8" (22.2 mm)	1-1/16" (27 mm)
.433" (11 mm)	11/32" (8.7 mm)	1/2" (12.7 mm)	2.16" (55 mm)	15/16" (23.8 mm)	1-3/16" (30.2 mm)
.512" (13 mm)	3/8" (9.5 mm)	9/16" (14.3 mm)	2.36" (60 mm)	1" (25.4 mm)	1 1/2" (31.7 mm)
.63" (16 mm)	7/16" (11 mm)	19/32" (15 mm)	2.56" (65 mm)	1 1/8" (28.6 mm)	1-7/16" (36.5 mm)
.71" (18 mm)	1/2" (12.7 mm)	5/8" (16 mm)	2.76" (70 mm)	1-3/16" (30.1 mm)	1 1/2" (38.1 mm)
.75" (19 mm)	1/2" (12.7 mm)	11/16" (17.4 mm)	2.95" (75 mm)	1 1/4" (31.7 mm)	1-9/16" (40 mm)
.87" (22 mm)	1/2" (12.7 mm)	11/16" (17.4 mm)	3.15" (80 mm)	1-5/16" (33.3 mm)	1-11/16" (42.8 mm)
.94" (24 mm)	9/16" (14.3 mm)	3/4" (19 mm)	3.35" (85 mm)	1 3/8" (34.9 mm)	1 3/4" (44.4 mm)
			3.54" (90 mm)	1 1/2" (38.1 mm)	1-13/16" (46 mm)

Fuente: Válvulas Industriales SAC.

Figura N° 17:



Fuente: MC ELROY.

5.4.2.2.2. Pruebas Destructivas de Probetas

Estas pruebas son realizadas de acuerdo a la Norma ASTM-F-2620-06 Heat fusion joining of Polyethylene pipe and fittings.

Se hará la siguiente prueba:

- **Prueba de Doblez:** Esta prueba se realizará antes de dar comienzo a los trabajos de termofusión de esta manera se verificará los parámetros efectuada a la junta soldada y posteriormente se ejecutará como aseguramiento de calidad probetas con una frecuencia de cada 25 juntas de un mismo tipo y diámetro de tubo. Consistirá en lo siguiente:

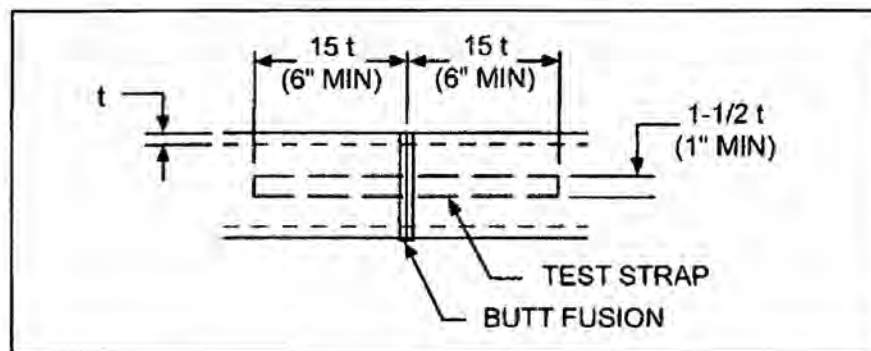
En una junta de Prueba se retiraran tres (03) tiras equidistantes en la periferia de la costura y con las siguientes dimensiones:

- ✓ Largo igual quince (15) veces el espesor de tubería a cada lado de la costura y con un mínimo de 6".
- ✓ Ancho igual a una y media (1.5) veces el espesor de la tubería y con un mínimo de 1" (ver figura N° 18).
- ✓ Estas tiras serán dobladas a 180° teniendo en cuenta de hacer dos dobladuras por la parte externa

de la tira y dos dobladuras por la parte interna (ver figura N° 19).

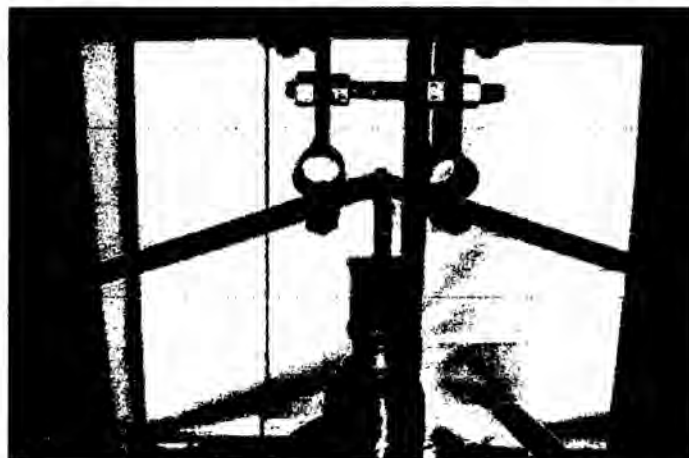
- ✓ Después del doblez, las costuras no deben presentar poros, rajaduras y/o imperfecciones visibles.
- ✓ Para ensayos de dobladura de muestras de tuberías con espesores mayores se utilizará una prensa.

Figura N° 18: Dimensiones Generales de Probeta para Ensayo de Dobleza según ASTM F2620-06



Fuente: Norma ASTM-F-2620-06

Figura N° 19: Prueba de Dobles de Junta Termofusionada.



Fuente: SERMABU S.R.L.

5.4.2.2.3. Proceso de Termofusionado de Tuberías

Soldadura por termofusión a tope, Es un método de soldadura simple y rápido, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. Las áreas de las partes que se van a unir se calientan a la temperatura de fusión y se une por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión.

Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, además es la más económica de los sistemas de uniones térmicas. La soldadura a tope es apropiada para la unión de dos tuberías del mismo SDR (relación De/t) con diámetros desde 32mm hasta diámetros de 630mm.

Este proceso consta de los siguientes pasos:

- **Condiciones de Trabajo:** No se soldarán las superficies húmedas por efectos de lluvia o nieve, o cuando este lloviendo o nevando, en dichas zonas de trabajo, ni tampoco durante los períodos de vientos fuertes; a no ser que la máquina de soldar y el área de trabajo esté debidamente protegida contra estos inconvenientes.

Tampoco se permitirá soldar cuando las superficies que estén contaminadas con pintura, grasas u óxidos.

➤ **Conservación del Equipo de Soldadura:** El equipo de Termofusión deberá ser de la más alta confiabilidad formada por un cuerpo con base, cilindros hidráulicos, mordazas, refrentador, plato calefactor y una central electro hidráulica.

Se dispondrá de un (01) grupo electrógeno apropiado para el trabajo de soldadura por termofusión.

➤ **Instalación de la Máquina de Termofusión:** Se posicionará en un lugar seguro y amplio; mientras sea posible, la máquina deber operar con un toldo con estructura metálica anclada en el terreno. El toldo protegerá del polvo y viento durante la unión por termofusión. Luego se procede a la prueba de la máquina: sistema eléctrico, sistema hidráulico, sistemas de posicionamiento de la tubería HDPE; movimiento hidráulico del refrentador, placa calefactora; prueba de los sistemas de ajuste y levantamiento de las mordazas. Verificación del tablero de control para la energía y temperatura estables.

➤ **Colocación de las Tuberías en la Máquina de Termofusión:** Maniobras de carguío de la tubería con camión grúa o excavadora dirigidas por el maniobrista o supervisor preparado para este fin. Uso obligatorio de

vientos durante la maniobra. Ningún operador debe estar debajo de tubería ni entre el tubo y el talud si fuera el caso. El operador permanece en el lado del control de mandos de la máquina de termofusión.

➤ **Alineamiento Axial y Radial de las Tuberías HDPE:**

Se debe lograr un alineamiento que no debe exceder al 10% del espesor nominal de la pared de la tubería HDPE.

- **Limpieza de los Extremos:** Se dejarán limpias las superficies a unir. Si los extremos de las tuberías HDPE están dañadas, tienen incrustaciones o desigualdades en los bordes, estos extremos serán cortados con una cierra circular manual; el corte de la tubería HDPE podría requerirse para preparar niples HDPE o desarrollar codos HDPE en el campo; debe limpiarse bien los bordes de las tuberías HDPE cortadas para evitar o eliminar los residuos generados por la operación de la cierra circular manual.

➤ **Refrentado:**

- ✓ Se coloca la refrentadora entre los dos extremos de las tuberías.
- ✓ Se unen a ella con ayuda del mecanismo de unión.

- ✓ Se acciona la refrendadora, que debe arrancar el material necesario hasta lograr el contacto total entre las caras.
- ✓ Comprobada la condición anterior, se retira la refrendadora.
- **Fusión y Unión de Extremos:**
 - ✓ Una vez que la plancha energizada haya alcanzado la temperatura recomendada (KWH 218°C +/- 4°C) se coloca está entre los extremos.
 - ✓ Se pone en contacto a las tuberías con la plancha a una presión determinada.
 - ✓ Se calienta hasta formar un espesor de cordón suficiente en ambas tuberías.
 - ✓ Se separarán las tuberías para retirar la plancha.
 - ✓ Se juntan rápidamente, pero sin golpearlas violentamente, los extremos fundidos a la presión de fusión interfacial (75 PSI)
 - ✓ Después de retirada la plancha de calentamiento de ninguna manera se debe tener separada las caras más de 10 segundos.
- **Enfriamiento:**
 - ✓ Se juntan las mordazas, se deja enfriar por el tiempo necesario hasta que el material alcance la

temperatura ambiente. Este tiempo se puede estimar aproximadamente en 30 segundos por pulgada de diámetro de tubería.

Finalizado este paso se aflojan las mordazas y se corren las tuberías, dejando el último extremo de la tubería a la altura de la máquina y colocando la siguiente, para reiniciar el ciclo.

5.4.2.2.4. Parámetros de la Termofusión para Tuberías de HDPE.

- ✓ Temperatura superficial de plancha
- ✓ Presión de Refrendado
- ✓ Presión de Fusión
- ✓ Presión de unión
- ✓ Tiempo de enfriamiento

Los parámetros arriba enunciados no son fijos, varían de acuerdo al espesor de la tubería (SDR), al diámetro de la tubería y a la temperatura del medio.

Aunque existen algunas recomendaciones generales sobre algunos valores referenciales.

- **Temperatura Superficial.-** El valor de la temperatura recomendada por el fabricante varía entre 400°F - 450°F; Valores cercanos al límite inferior, para tuberías de

pequeño diámetro, por la facilidad de controlar el espesor del cordón, y valores cercanos al límite superior para tuberías de diámetros mayores, con el objeto de acelerar la fusión. (KWH indica 425°F +/- 25°F).

- **Presión de Refrendado.**- Fabricantes recomiendan que el valor de este parámetro este entre los valores de 50 - 85 psi.
- **Presión de Calentamiento.**- Esta presión se mantiene ligeramente a cero PSI y se controla con la geometría del rodón que se va formando, conforme se calienta el material.
- **Presión de Unión.**- Los valores de presión son variables y dependientes del diámetro y espesor (SDR) de la tubería. Habiendo elaborado el fabricante tablas con algunos valores fruto de algunas pruebas con su material. Estos valores son solo referencias ya que se han observado variaciones notables de uno a otro fabricante.
- **Tiempo de Enfriamiento.**- Los fabricantes recomiendan como dato referencial práctico un tiempo de enfriamiento entre 25 a 30 minutos por pulgada de espesor de tubería. Para trabajos a temperatura ambiente de 75°F (24°C), KWH recomienda lo siguiente:

Tabla N° 12: Cuadro de Tiempo de Enfriamiento por Espesor de Tubo

ESPESOR (PULG)	TIEMPO ENFRIAMIENTO (MINUTOS @ 24°C)
Hasta 0.2"	5
0.2" a 0.4"	5 a 10
0.4" a 0.6"	10 a 15
0.6" a 0.8"	15 a 20
0.8" a 1.2"	20 a 30
1.2" a 1.6"	30 a 40
1.6" a 2.0"	40 a 50
2.0" a 2.4"	50 a 60
2.4" a 2.8"	60 a 70
2.8" a 3.2"	70 a 80

Fuente: MC ERLOY.

Luego del tiempo de enfriamiento en la maquina se recomienda 30 minutos de enfriamiento posterior, antes de someter a la junta a esfuerzos severos ya sea por maniobra o dobladura.

5.4.2.2.5. Unión de Juntas Termofusionadas para Líneas y Accesorios de HDPE.

La fabricación de las líneas de succión y de descarga para la parte de playa y mar se realizó con la construcción de barillones conformados por 03 a 04 tubos, una vez producidos la cantidad necesaria se traslada con retro excavadora paralelos a playa y se procedió a unir barillón

por barillón, y en forma paralela se fabricó los codos y Tees que componen el sistema de captación y rechazo, los trabajos se efectuaron como sigue:

- ✓ Línea de Succión N°1: para la fabricación de esta línea de 800 metros se ejecutaron 66 juntas soldadas.
- ✓ Línea de Succión N°2: para la fabricación de esta línea de 800 metros se ejecutaron 66 juntas soldadas.

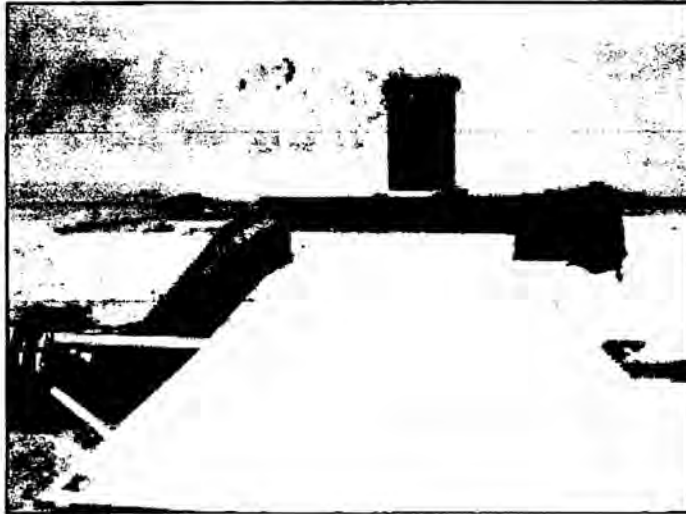
Figura N° 20: Fabricación de líneas de succión



Fuente: SERMABU S.R.L.

- ✓ 02 Prefabricados tipo Cuello de Ganso con "Tee" invertida instalada sobre caja de captación.
- ✓ Línea de Rechazo: esta línea consta de las siguientes tramos según plano N° 03-05-03-911-06-028 Rev. 0 ,

Figura N°17: Cuello de ganso y tee invertida.



Fuente SERMABU S.R.L.

Figura N°18: Construcción de te invertida.



Fuente SERMABU S.R.L.

Tabla N° 13: Metrados de Línea de Salmuera en Mar y Tierra.

METRADO DE LA LÍNEA DE SALMUERA			
ÍTEM	DESCRIPCIÓN TRAMO	m	OBSERVACIÓN
1	Playa – Mar.	400	33 juntas soldadas.
2	Planta Playa	82.5	06 juntas soldadas.
3	Pista Panamericana	46	03 juntas soldadas.
4	Talud	147	12 juntas soldadas.
5	Prefabricado	3	07 juntas soldadas.
6	Cruce de Pista Mina	24	01 juntas soldadas.
7	Subida a Terraplén	6	04 juntas soldadas.
8	codo a Terraplén	1.5	04 juntas soldadas.
9	Terraplén	60.2	05 juntas soldadas.
	Longitud Total	770.2 m.	

Fuente: SERMABU S.R.L.

- ✓ Se prepararon 02 "Tees" (Quenas) que se instalaron en la parte superior y extremo de la caja de Rechazo.

- ✓ Manipulación de tuberías e instalación se realizó de la siguiente forma:
 - Las tuberías se manipularon con grúas, excavadoras o camión grúa.

- Las tuberías se fabricaron en base a los planos del proyecto y de acuerdo a cualquier particularidad que pudiese presentar el terreno.
- El departamento de Topografía realizó los trazos topográficos, de las pendientes, ejes y niveles para su colocación.
- Las bridas de los Stud End de $\varnothing 18''$ fueron unidas por espárragos SS-AISI 316 de $\varnothing 1-1/4''$ y, longitud de 10 pulgadas, con un torque de 200 Lb/pulg²

Figura N° 21: Instalación de tubería de Salmura tramo tierra.



Fuente: SERMABU S.R.L.

5.4.2.3. Proceso de Construcción de Lastres de Concreto.

Para la fabricación de lastres de concreto se realizó el diseño de mezcla para F´C 280 kg/cm² bajo la norma técnica ASTM D4791.

Se fabricaron 611 lastres de concreto del tipo I (Plano N° 03-05-03-911-05-014 Rev. 0), de las siguientes características:

- ✓ Largo: 0.56 m
- ✓ ancho: 0.75 m
- ✓ alto: 0.75 m
- ✓ Agujero interior para tubo: 0.46 m de diámetro.

La producción de los lastres de concreto se realizó en dos partes como se indica:

- Parte inferior del lastre, Luego de fabricar las armaduras de acero, se procede al encofrado de la parte inferior. Para la separación entre el encofrado y el enmalla se utiliza dados de 3 cm de arista prefabricado para dar la altura requerida según plano. Así también se procede a colocar los pernos Inox 316-L, asegurados con alambre. Lugo se procede con el llenado de concreto de acuerdo al diseño de mezcla.

- Parte superior del lastre, una vez terminada la construcción de la parte inferior se procede a colocar una plancha de tecnopor como separador de las caras del

lastre inferior y superior y se acopla el encofrado superior y enmallado de acero, luego se colocan el tubo de pvc de Ø ¾" como protección del perno embebido, evitando se adhiera al concreto en este, así mismo, la parte roscada del perno se cubre con cinta maskytipe. Se procede al llenado de concreto.

Rendimiento de producción de lastres de concreto se realizó en dos talleres Taller es como sigue:

a) Taller Sermabu, la producción inicial tuvo un rendimiento de 18 lastres/semana, con lo cual la producción fue de 270 lastres se realizó en 15 semanas. Esto debido a que se utilizó encofrado de madera y el curado y desencofrado demanda tiempo de espera.

b) En vista que el rendimiento de producción es bajo y poniendo en peligro el tiempo de entrega del proyecto se opta por contratar a la semana 10 a una empresa especializada de fabricación en serie de prefabricados de concreto (Titan SAC), el cual tuvo un rendimiento de 50 lastres/semana, alcanzando una producción de lastres de 341 lastres en 6.82 semanas.

La producción en serie se realizó con encofrados prefabricados de planchas A-36 de 3/16" de espesor.

Con un sistema de vibración estacionaria para evitar la zonas de aire y desmolde por medio de vapor comprimido.

5.4.2.4. Control de Calidad del Concreto.

5.4.2.4.1. Temperatura del Concreto.

- ✓ La temperatura del concreto en el momento del vaciado debe permanecer entre 10°C a 32°C. de acuerdo a la norma ACI 305 y ACI 306.
- ✓ La temperatura del concreto luego de ser colocada en el molde deberá estar por encima de los 7°C en un lapso de 48 horas.

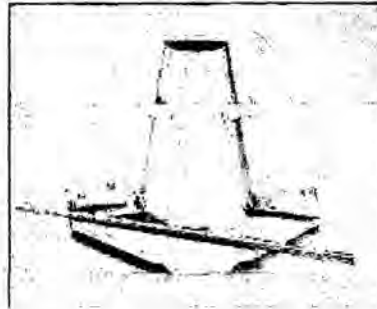
5.4.2.4.2. Ensayo de Asentamiento.

Sirve para controlar la relación agua cemento por medio de los ensayos de trabajabilidad o "Slump", el método más sencillo y efectivo es el procedimiento del "Cono de Abrams" especificado en la norma ASTM C 143.

➤ Equipo para Medir el Asentamiento:

- ✓ Cono de Abrams, base inferior \varnothing 200 mm, base superior \varnothing 100 mm y altura de 300 mm (tolerancia \pm 3 mm), espesor mínimo de 1.5 mm. (figura N° 22).

Figura N° 22: Cono de Abrams.



Fuente Cementos Pacasmayo S.A.A.

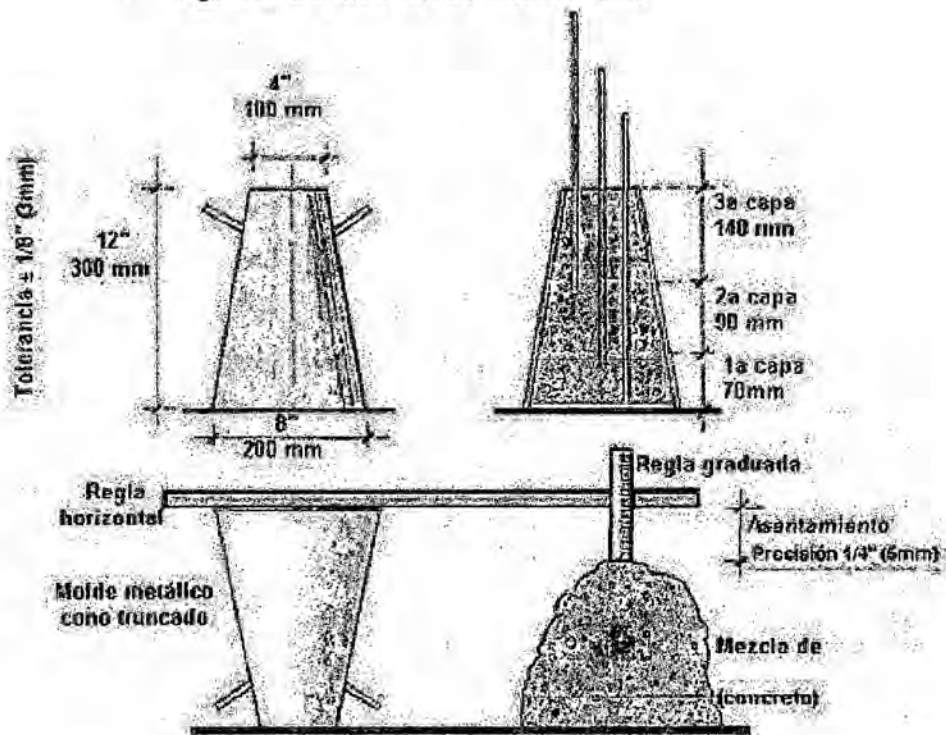
- ✓ Barra Compactadora, barra de acero liso con punta semiesférica de $\text{Ø}5/8''$ (16 mm) x 24'' (600 mm).
- ✓ Instrumento de medida, regla de metal rígido (Wincha).
- ✓ Cucharón metálico, para llenado de muestra.
- Procedimiento para Medir el Asentamiento

a) Apisonado:

- Se coloca el molde sobre la plancha de apoyo horizontal, ambos limpios y humedecidos con agua. No se permite usar aceite ni grasa.
- El operador se sitúa sobre las pisaderas evitando el movimiento del molde durante el llenado.
- Se llena el molde en tres capas (1/3 del volumen del cono) y se apisona cada capa con 25 golpes con la varilla-pisón, esto se realiza uniformemente.

con la varilla-pisón ligeramente inclinada alrededor del perímetro.

Figura N° 23: Medición del Asentamiento



2.- Control de Calidad de Concreto Fresco

Fuente Cemento Pacasmayo S.A.A.

- La capa media y superior se darán los golpes de modo que la varilla-pisón pase hasta la capa subyacente en 1" (2.5 cm).
- Luego se enrasa la superficie superior del molde y luego se limpia la zona adyacente al molde.

- Al apisonar la capa inferior se darán los primeros golpes

- Inmediatamente se levanta el molde en dirección vertical en un tiempo de 5 ± 2 seg.
- Toda la operación de llenado y levantamiento del molde no debe demorar más de 2.5 min.

b) Medición del asentamiento.

- Una vez levantado el molde se mide inmediatamente la disminución de altura del concreto moldeado con respecto a la altura del molde.
- La medición se hace en el eje central del molde de su posición original.
- De esta manera la medida del asentamiento permite determinar principalmente la fluidez, trabajabilidad del concreto y obtención de alta resistencia.

5.4.2.4.3. Probetas de Concreto y Pruebas de Laboratorio.

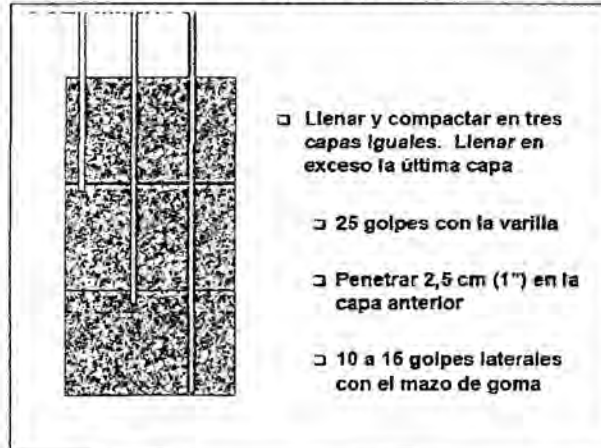
Materiales y quipos para la elaboración de las probetas de acuerdo a la norma ASTM C31:

- ✓ Molde cilíndrico de 150 mm x 300 mm.
- ✓ Barra de acero lisa de $\varnothing 5/8$ " y longitud de 500 mm.
- ✓ Mazo con cabeza de goma de 0.5 lb.
- ✓ Aceite mineral o desmoldante.

- Procedimiento de para Elaborar Probetas de concreto:
 - ✓ Se colocó la probeta en un lugar plano (nivelado), libre de vibraciones, tránsito vehicular y peatonal, y evitando la exposición directa al sol
 - ✓ Los moldes deben de estar limpios y cubiertos con aceite mineral (desmoldante).
 - ✓ Proceda a llenar la probeta a un tercio de su volumen e inmediatamente con una barra se apisona 25 veces.
 - ✓ Con el martillo de goma se golpea 10 a 15 veces en la parte lateral del molde, con esto evitamos la proliferación de cangrejas durante el apisonado y para liberar las burbujas grandes de aire que hayan sido atrapadas.
 - ✓ Para las capas siguientes permita que el pisón penetre 1" (25 mm) en la capa anterior.
 - ✓ Repita el paso 3 (Figura N° 24).

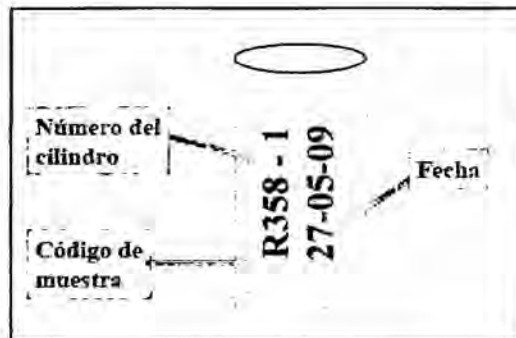
 - ✓ Una vez lleno la probeta con una plancha de empastar o regla se nivela al ras.
 - ✓ Se procede a colocar la etiqueta, con la fecha y descripción del vaciado de concreto (Figura N° 25).

Figura N° 24: Llenado y Compactado de Probeta.



Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A.

Figura N° 25: Rotulado de Probeta



Fuente: Cementos Pacasmayo S.A.A.

✓ Curado de probetas

- Las probetas que evalúan la calidad del concreto se desmoldan antes de las 48 hr. Después del moldearlas.

- Máximo en 30 minutos después de desmoldar, colocar las probetas en agua.
- El propósito del curado húmedo es para maximizar la hidratación del concreto.

➤ **Compresión de Probetas de Concreto $f'c = 280 \text{ Kg/mm}^2$**

Tabla N° 14: Tolerancia de tiempo para realizar el ensayo de resistencia

Edad de Ensayo	Tolerancia de tiempo Permisible NTP 339.034	
	horas	%
24 h	± 0.5	± 2.1
3 d	± 2	± 2.8
7 d	± 6	± 3.6
28 d	± 20	± 3.0
90 d	± 48	± 2.2

Fuente: ASTM C39/C 39M-01

Tabla N° 15: de Resistencia de Compresión obtenidos en laboratorio.

Arena/Piedra (Ar/Pi)	Agua/Cemento (a/c)	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN (Kg/cm ²)		
		Edad en Días		
		7	14	28
Ar: 45% Pi: 55%	0.50	225	267	288

Fuente: SERMABU S.R.L.

5.4.2.5. Distribución de Lastres de Concreto en Líneas Submarinas.

La distribución de lastres de concreto $f'c=280 \text{ Kg/cm}^2$ se realizó de la siguiente forma:

a) Línea N°1 de Succión HDPE Ø 18" SDR 13.5, para esta línea se emplearon 237 lastres distribuidos en una longitud de 800 metros según cuadro:

Tabla N° 16: Distribución de Lastres Línea N°1

Zona de Playa	Zona de Rompiente	Zona Mar
de 0 @ 100 m	100 @ 150 m	150 @ 800m
50 Unidades	25 Unidades	162 Unidades

Fuente: SERMABU S.R.L.

b) Línea N°2 de Succión HDPE Ø 18" SDR 13.5, para esta línea se emplearon 237 lastres distribuidos en una longitud de 800 metros según cuadro:

Tabla N° 17: Distribución de Lastres Línea N°2

Zona de Playa	Zona de Rompiente	Zona Mar
de 0 @ 100 m	100 @ 150 m	150 @ 800m
50 Unidades	25 Unidades	162 Unidades

Fuente: SERMABU S.R.L.

c) Línea N°3 Descarga (Salmuera) HDPE Ø 18" SDR 13.5, para esta línea se emplearon 137 lastres par una longitud de 400 metros distribuidos según cuadro:

Tabla N° 18: Distribución de Lastres Línea N°3.

Zona de Playa	Zona de Rompiente	Zona Mar
de 0 @ 100 m	100 @ 150 m	150 @ 400m
50 Unidades	25 Unidades	62 Unidades

Fuente: SERMABU S.R.L.

Los cálculos iniciales de los lastres de concreto para la línea de succión N°1 y N°2 fueron de 200 lastres para una longitud de 800 metros y para la Línea N°3 de Salmuera el cálculo de 100 lastres para una longitud de 400 metros. Con la intención de asegurar las líneas en zonas de Playa y Rompiente se adicionaron 37 lastres más por línea puesto que estas zonas críticas, de esta forma aseguramos el anclaje de las mismas, evitando el embate que podría sufrir durante las bravesas de olas y desarenamiento que se produce en esta zona del litoral entre los meses de Abril a Julio.

Figura N° 26: Instalación de lastres de concreto



Fuente: SERMABU S.R.L.

5.4.2.6. Construcción de Cajas Metálicas y Accesorios Submarinos.

Se efectuaron labores de calderería, corte y soldadura metalmeccánica para la fabricación de las cajas de las puntas de las tuberías, esta cajas, en el caso de las líneas de succión sirven de anclaje al dispositivo de captación y en el caso de la línea de salmuera sirven para ubicar las quenás de salida de salmuera, compuesta por dos "T"s de HDEP de Ø18", embridadas a las tuberías de acero (boquillas) que salen de la caja.

Además se fabricaron Boyarines de posicionamiento y accesorios, como: abrazaderas, rigidizadores, y demás

accesorios menores para asegurar los Spools de las cajas de posicionamiento.

5.4.2.7. Prueba Hidrostática de Líneas Submarinas.

5.4.2.7.1. Parámetros de Prueba Hidrostática.

➤ Fluido de Prueba

El código ASME B31.3-2008 contempla para la realización de prueba hidrostática en el párrafo A345.4.1 "Test fluid" la utilización de agua como fluido de prueba, teniendo los cuidados necesarios en el llenado de la línea por posibles congelamientos del fluido.

➤ Presión de Prueba

De acuerdo a la norma ASME B31.3 2008 párrafo A345.4.2 "Test pressure", la presión de prueba será 1.5 veces la presión de diseño.

➤ Temperatura de Prueba

La temperatura durante la prueba será anotada en el registro de Prueba de presión y detección de fugas. El rango de temperatura se tomará de acuerdo a la indicada en los planos isométricos.

➤ Tiempo de Prueba

El incremento de presión será progresivo hasta llegar a la presión de prueba, una vez alcanzado este punto se mantendrá la tubería bajo la presión de prueba durante 1/2 hora como máximo, para esperar la estabilidad de la línea. La duración de la prueba será de 02 horas como máximo.

Los intervalos entre los incrementos de presión serán de acuerdo a los tiempos de inspección de fugas, dependiendo del tramo sometido a prueba.

5.4.2.7.2. Procedimiento de Prueba Hidrostática

- ✓ La tubería a ser probada debe estar seca y libre de aceite, grasa, pintura u otro componente que pudiera enmascarar una fuga.
- ✓ La superficie interna a ser probada debe estar limpia de escombros, materiales extraños, papeles, bolsas, madera, etc. que pudiera obstruir cualquier parte.
- ✓ Se realizara un pre-lavado con agua hasta despejar el interior de la tubería de algún elemento que pudiera haber quedado, drenando el agua por un extremo de la tubería para asegurar que no quede en su interior

objetos extraños, el tiempo de pre lavado dependerá del despeje interior de materiales extraños.

- ✓ La prueba será realizada si los parámetros de condiciones ambientales son favorables,
- ✓ De acuerdo a las condiciones constructivas la prueba será ejecutada por tramos de tuberías los cuales contarán con sus carpetas correspondientes.
- ✓ En el caso que se requieran probar tramos con válvulas instaladas, éstas deberán estar completamente abiertas. Los instrumentos no serán parte de la prueba hidrostática, reemplazándose por carretes de ser necesario.

5.4.2.7.3. Etapa del Proceso de Llenado en Tubería de HDPE

- ✓ Durante el llenado de la línea de tubería los venteos deben permitir la salida de aire de la línea de tubería y evitar bolsas de aire durante la prueba que dificultarían la subida de presión una vez llenada la línea estos serán sellados.
- ✓ Se iniciará el levante de presión en forma escalonada hasta llegar al 40% de la presión de prueba, definida en

un punto del tramo, durante un tiempo mínimo de 30 minutos; en el cual se verificará la estabilidad de la presión.

- ✓ Luego de comprobar la estabilidad de la presión y si los parámetros de temperatura de prueba son favorables, se procederá a aumentar la presión hasta llegar al 80% de la presión de prueba definida en un punto del tramo, durante un tiempo mínimo de 30 minutos. En este momento se revisarán todas las uniones verificando que no existan fugas. De existir fugas se despresurizará la línea, para proceder a realizar las reparaciones necesarias y se reiniciará el proceso de llenado al 40% y posteriormente al 80% siguiendo el mismo procedimiento.
- ✓ Luego de verificar que no existan fugas y si los parámetros de temperatura de prueba son favorables, se procederá a aumentar la presión hasta llegar al 100% de la presión de prueba por el tiempo de 30 minutos para estabilizar la presión. Los valores de temperatura y presión obtenidos se registraran en el registro de "Pruebas Hidrostáticas".
- ✓ Cuando se llegue a la presión de prueba se revisarán nuevamente las uniones soldadas verificando que no

existan fugas mediante inspección visual y barrido de mano en cada junta. En caso contrario, se despresurizará la línea para realizar las reparaciones necesarias.

5.4.2.7.4. Etapa de Proceso de Prueba Hidrostática en Tubería de HDPE.

- ✓ Luego de verificar la estabilidad de la presión de prueba durante 30 minutos como mínimo; se iniciará el proceso de prueba hidrostática. Los valores de temperatura y presión obtenidos se registraran en el registro de "Pruebas Hidrostáticas". La duración de la prueba será de 02 horas como máximo.
- ✓ Después de realizadas las pruebas hidrostáticas, las líneas deberán ser completamente drenadas y retiradas las bridas ciegas temporales, hasta dejar las líneas en condiciones de operar. Luego de drenado se colocará protección en los extremos de tubería, para el evitar ingreso de contaminantes dentro de línea.

5.4.2.7.5. Criterios de Aceptación

- ✓ El criterio de aceptación para la prueba hidrostática en tuberías de HDPE se rige por lo previsto en las especificaciones contractuales del cliente.
- ✓ Si no hay fugas visibles y tampoco caídas de presión significativas (<10 psig) en el proceso de la prueba (dos horas) la tubería y/o spool pasa la prueba.

5.4.2.7.6. prueba hidrostática líneas submarinas.

- ✓ Para las líneas N°1 y N°2 de succión la altura hidráulica fue aproximadamente cero psi, puesto que se encontraba a un mismo nivel. Estas líneas se probaron a 150psi por un lapso de 2 horas, con resultados satisfactorios.
- ✓ Para la línea N°3 de Salmuera, con una altura hidráulica de 80 metros medidos desde el punto bajo en Playa y el punto alto ubicado en terraplén de Planta Desaladora y para evitar un colapso o sobre esfuerzo de la línea durante la prueba Hidrostática, se realizó los siguientes cálculos de aseguramiento:

$$P_m = \frac{2 \times t \times \tau \times FS}{D_e} \dots \dots \dots (34)$$

Donde:

P_m : Presión de Prueba Máxima (Psi)

τ = Mínimo Esfuerzo de Fluencia (3045 Psi)

t = Espesor de Pared de Tubo (1.333 Pulg.)

D_e = Diámetro Exterior (18 Pulg.)

FS= Factor de Seguridad (95%)

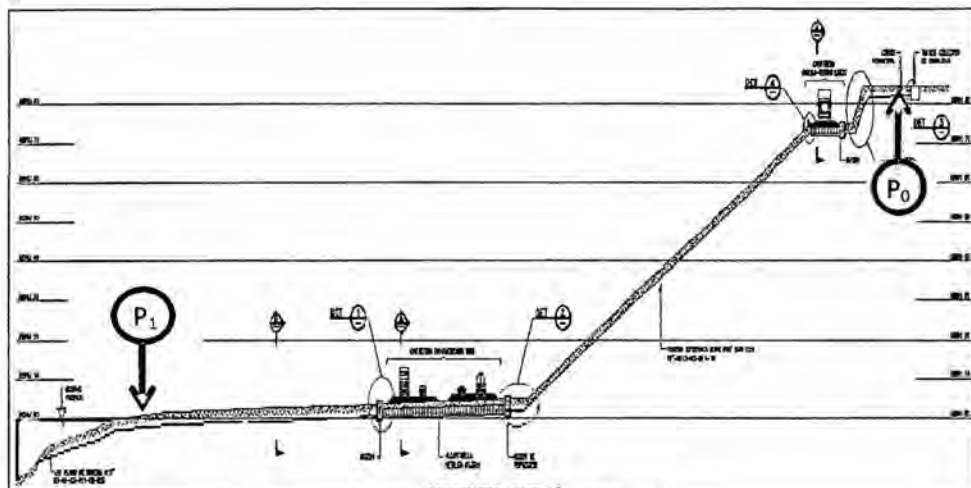
Calculo de Presión Máxima Admisible.

$$P_m = \frac{2 \times 1.333 \times 3045 \times 0.95}{18} = 428.45 \text{ Psi}$$

Esta es la presión máxima con la cual la tubería no colapsará

Se calculó la presión que soportara la tubería de salmuera en el punto más bajo.

Figura N° 27: Ubicación de Manómetros para Prueba Hidrostática.



Fuente: Cia. Milpo S.A.A.

$$P_1 = P_0 + \gamma_{\text{agua}} \times \Delta h \dots \dots \dots (35)$$

Dónde:

P_0 = Presión de prueba hidrostática en el punto alto (150 Psig).

P_1 = Presión de prueba hidrostática en el punto más bajo (Psig).

γ_{agua} = Peso específico del agua para prueba. (T=10°C, 62.4Lb/pie³).

Δh = Diferencia de altura entre manómetros. (80 m).

$$P_1 = 150\text{psig} + 62.4 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \times \left(\frac{1\text{pie}}{12\text{pulg}} \right)^3 \times 80\text{ m} \times \frac{1\text{pulg.}}{0.0254\text{ m}}$$

$$P_1 = 263.74\text{ psig.}$$

Tabla N° 19: Presión por Tramo de Tubería con Respecto a la Elevación.

Punto	Distancia (m)	Elevación (m)	Presión (Psi)
1	400.00	0.00	263.74
2	528.50	1.00	262.36
3	535.50	5.00	256.67
4	546.27	10.00	249.56
5	567.81	20.00	235.34
6	589.35	30.00	221.12
7	610.89	40.00	206.89
8	632.43	50.00	192.67
9	653.97	60.00	178.45
10	702.51	70.00	164.22
11	770.20	80.00	150.00

Fuente. Sermabu S.R.L.

Presión máxima admisible calculada: 428.45 Psi.

Presión en Punto más bajo calculada: 263.74 Psi.

Por tanto se puede probar la línea en un solo tramo sin que colapse la línea por sobre presión.

En estas condiciones se realizó la prueba hidrostática para la línea N°3 de Salmuera la cual paso la prueba hidrostática.

5.4.3. Etapa III: Lanzamiento de Líneas Submarinas

5.4.3.1. Coordinación con Capitanía de Puerto.

Para el presente trabajo se solicita a Capitanía de Puerto Pisco el permiso respectivo para la instalación de las tres líneas submarina, para este fin se presenta los siguientes documentos:

- ✓ Licencia de operaciones N°041-06-L, con R/D No 0586-2006/DCG de nuestra empresa.
- ✓ Certificados del personal especializado de buceo y tripulación
- ✓ Cronograma de ejecución de los trabajos
- ✓ Procedimiento de trabajo de instalación marina.
- ✓ Plano entregado por Milpo, con las coordenadas de líneas en tierra y mar.
- ✓ SCTR del personal que está laborando.

5.4.3.2. Ubicación de Coordenadas de Extremos de Líneas Submarinas.

Con los planos y BM (Punto de referencia Geográfica) y con apoyo del personal de topografía en tierra, lancha equipada con GPS y personal de mar, se realiza la triangulación y ubicación de los tres puntos en Mar, ubicadas las coordenadas donde posaran los Cajas Submarinas se procede a la instalación de boyarines de PVC de referencia para facilitar la ubicación de estos puntos durante el lanzamiento de las líneas Submarinas.

5.4.3.3. Instalación de Líneas Submarinas.

Concluida la soldadura de las tres líneas en playa, el montaje de lastres sobre las tuberías de acuerdo a los cálculos de separación de lastres y respectiva Prueba Hidrostática, se procedió al lanzamiento de las tuberías de acuerdo al procedimiento de lanzamiento alcanzado a la supervisión desde el inicio de la Obra.

5.4.3.3.1. Procedimiento de Lanzamiento de Líneas Submarinas:

- Inicialmente las líneas a lanzar fueron ubicadas paralelas a playa (Norte a Sur), con los extremos de cajas submarinas apuntando a Sur, ya que en nuestro

litoral la corriente marina tiene dirección de Sur a Norte, esta posición permitió que durante el lanzamiento la ubicación de la punta se aproxime a la coordenada teórica.

- Hermetización de las líneas (cuello de ganso) se efectuó con bridas ciegas para evitar el ingreso de agua al interior y garantizar la flotabilidad de las líneas durante el lanzamiento.
- Las maniobras se realizaron desde playa hacia mar, con apoyo de los buzos, estos se encargaron de llevar los cabos de maniobra hacia la lancha de apoyo para posteriormente pasar el cable principal de tiro (\varnothing 1 pulgada) que fue entregado a la barcaza.
- La barcaza de 340 Hp de propulsión, es anclada para dar inicio a la maniobra de tiro, accionando el Winche de maniobra de 40 toneladas cual provoca el arrastre de la línea hacia el mar, en paralelo a este trabajo de lanzamiento, 02 cargadores frontales en playa van levantando y haciendo ingresar al mar la línea, que es jalada desde la barcaza, esta acción es repetitiva hasta el final de la maniobra.
- Una vez dentro toda la línea se da inicio al templado (enderezamiento de línea), con la intención de que la

línea se ubique en su posición final, de acuerdo a la ubicación de la coordenada teórica.

- Ubicada en la posición de hundimiento, se realizó la apertura de válvulas perteneciente a la caja submarina y al retiro de los platos ciegos instalados en la punta de la línea, procediendo al hundimiento gradual de toda la línea.
- El ingreso del agua dentro de la línea y caja submarina se controló de tal manera que el hundimiento fue progresivo evitando de esta manera que la línea colapse por exceder a la curvatura de diseño de la tubería.
- Después del hundimiento de la línea submarina se procede a colocar el boyarín de referencia.
- Posteriormente se efectuó la instalación de niples, abrazaderas, soportes, T de captación, canastillas, sistema de anclaje, muertos de anclaje con sus respectivas cadenas que sujetan a la caja submarina y a las "Tees".

La instalación de las dos líneas de captación y de rechazo tuvieron el mismo procedimiento cada una y cabe mencionar que éstas fueron conectadas en el extremo de inicio antes del

lanzamiento y pos lanzamiento se realizaron excavaciones para mantener las líneas con una pendiente adecuada.

Realizado toda la actividad del contrato se da por culminado la construcción y lanzamiento de las tres líneas submarinas.

5.4.4. Etapa IV: Plan de Inspección y Mantenimiento de líneas submarinas.

5.4.4.1. Antecedentes de funcionamiento de Líneas Submarinas:

- Problemas que se presentan en los sistemas de captación:
Se ha verificado que los principales puntos críticos de los sistemas de captación son la colmatación de crustáceos y algas en las canastillas por el exterior e interior, a lo que se suma la colmatación de estos organismos en el interior de las accesorios de tuberías sobre todo en la zona de las "Tees" de captación, este problema se torna crítico cada 3 meses, pues el grado de ensuciamiento ocasiona un estrangulamiento de flujo dado que se forma por el interior una pared de incrustaciones de 2 a 3 pulgadas.
- Problemas de estrangulamiento de las líneas de captación.
Se ha detectado que al interior de la línea van desarrollándose incrustaciones, algas y fango que

producen problemas de fricción y reducción del diámetro hidráulico, esto implica una reducción de caudal para la cual fue diseñado el sistema.

➤ Problemas en los boyarines de marca.

Los boyarines están conectados a sus anclajes por cadenas, estas cadenas sufren golpe continuo por el oleaje en la zona de rozadero, por lo tanto van sufriendo un desgaste en esta zona (zona de golpeteo en el fondo, donde la cadena vertical dobla al fondo para luego quedar tendida).

Además los boyarines y cadenas se van cargando de choros e incrustaciones y se van volviendo más pesadas, ocasionando el sobrepeso y ahogamiento del boyarín.

5.4.4.2. Frecuencia de Inspección y Mantenimiento Trimestral:

➤ Mantenimiento de Canastillas "Tees de Captación:

- ✓ Desinstalación de canastillas del sistema de captación con buzos especializados, los cuales efectuaran la limpieza a bordo de la embarcación de mantenimiento.

- ✓ Inspección y limpieza al interior de la "T" de HDPE con rasquetas adecuadas y limpieza de incrustaciones al interior.

- Mantenimiento de Línea de Captación.
 - ✓ Paralelo a la limpieza de canastillas se efectúa la limpieza interior de la tubería con el sistema de flushing (lavado) inverso de la siguiente manera: una vez retiradas las canastillas se colocan platos ciegos de 18" con válvulas de 4" instaladas en el centro del plato ciego, de este modo se efectúa una hermetización de la línea y en coordinación con planta se efectúa un presurizado de línea para lograr una eliminación de incrustaciones adheridas a las paredes de la tubería, mediante la sobre presión ejercida por las bombas, luego se apertura las válvulas para que se evacúe la suciedad del interior compuesta por choros, algas y fango, posterior a esto se realiza de dos a tres flushing con válvulas abiertas al 100%. Seguidos se retiran los dos platos ciegos y se efectúa el flushing final sin platos. Al término del flushing se procede con la colocación de las canastillas.

➤ Mantenimiento de Boyarín de Posicionamiento

- ✓ Para evitar el hundimiento de las boyarín se procede a la limpieza de las incrustaciones marinas en el área de la obra viva, así también se realiza la limpieza de los grilletes y cadena.

5.4.4.3. Frecuencia Inspección y Mantenimiento Semestral

➤ Mantenimiento de Canastillas y "Tees" de Captación.

- ✓ Mantenimiento de acuerdo al Plan Trimestral.

➤ Mantenimiento de Línea de Captación.

- ✓ Mantenimiento de acuerdo al Plan Trimestral.

➤ Mantenimiento de Boyarín de Posicionamiento.

- ✓ Limpieza de incrustaciones del boyarín, grilletes, y cadena, de acuerdo al Plan Trimestral.

- ✓ Calibración de grilletes y eslabones de rozadero para evaluar desgaste y definir su tiempo de vida remanente considerando que al 30% de desgaste diametral, ya se debe contemplar el remplazo del tramo correspondiente.

5.4.4.4. Frecuencia de Mantenimiento Anual.

- Mantenimiento de Canastillas y "Tees" de Captación.
 - ✓ Mantenimiento de Canastilla de acuerdo al Plan Trimestral.
 - ✓ Desconexión de la "T" e izaje a la lancha, para su inspección y limpieza total, y para inspección y limpieza del niple vertical de conexión a "T", esto implicará la desconexión de la abrazadera y cadenas que conectan a los muertos de anclaje de punta.
 - ✓ Posterior a la limpieza de la "T" y niple vertical, todo el sistema deberá quedar de acuerdo a lo encontrado.
- Mantenimiento de Línea de Captación.
 - ✓ Mantenimiento de acuerdo al Plan Trimestral.

- ✓ Recorrido total de la tubería para verificar su estado exterior e inspección de condición de lastres de anclaje.
- Mantenimiento de Boyarín de Posicionamiento.
 - ✓ Limpieza de Boyarín, grilletes, y cadena, de acuerdo al plan trimestral.
 - ✓ Calibración de grilletes y eslabones de rozadero para evaluar desgaste y definir su tiempo de vida remanente considerando que al 30% de desgaste diametral, ya se debe contemplar el remplazo del tramo correspondiente.

5.4.4.5. Plan de Inspección y Mantenimiento de Línea de Salmuera (rechazo).

Para la línea de rechazo, no hay problema de ensuciamiento de las quenas, pues el flujo continuo evita la formación de incrustaciones, considerando además que no hay canastillas. Lo que si se debe considerar es la inspección del boyarín y sus cadenas de manera similar a las líneas de succión, y anualmente se debe efectuar el recorrido de la tubería y verificación de los lastres de anclaje.

6. EVALUACIÓN TÉCNICO-ECONÓMICA.

La evaluación técnica económica consta de las siguientes actividades desarrolladas durante las fases o etapas del proyecto:

Obras Preliminares: esta partida asciende a \$ 7,120.00, consta de la movilización de equipos, instalaciones provisionales, trazos y replanteos ejecutados en obra y gabinete, así como la desmovilización.

Obras Civiles: esta partida asciende a \$ 98,199.00, los trabajos efectuados son de demolición de concreto, relleno estructural compactado, relleno acomodado en talud, eliminación de material demolido, fabricación de dados de concreto para mar y tierra, construcción de alcantarillas.

Obras Mecánicas: esta partida asciende a \$ 16,672.00, los trabajos realizados fueron, construcción de 03 líneas de HDPE de Ø 18", fabricación de 03 cajas submarinas, accesorios de HDPE, fabricación de canastillas para las líneas de succión y abrazaderas metálicas.

Instalación: esta partida asciende a \$ 89,022.50, los trabajos de instalación fueron los siguientes, instalación de lastres de concreto sobre las líneas construidas tanto los tramos de mar y tierra, instalación de las tres líneas submarinas en mar y tierra, e instalación de las cajas submarinas en el extremo de las líneas

Pruebas: esta partida asciende a \$ 2,550.00, este trabajo constó en realización de las pruebas hidrostáticas de las tres líneas submarinas.

El costo de inversión del lanzamiento de las tres líneas fue el siguiente:

Costo directo.....	\$ 213,483.50
Gastos generales.....	\$ 65,997.50
Utilidad.....	\$ 21,348.35
Monto Bruto.....	\$ 300,829.35

En Cerro Lindo, el proyecto de ampliación permitió alcanzar incrementos en la producción de concentrados de zinc, cobre y plomo en 44%, 19% y 70% por encima de lo obtenido en el 2012, respectivamente.



Proyecto : CERRO LINDO FASE III
 Período : JUNIO
 Fecha : 25/06/2012

Orden de Servicio
 Contraloría SERMABU S.R.L.
 Nombre Contrato INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE SUCCIÓN Ø 18" PARA TOMA DE AGUA DE MAR
 UNIDAD MINERA - CERRO LINDO
 VALORIZACIÓN N° 1

Monto Original US\$ \$ 300,829.35
 Monto Adicionales US\$ \$ 0.00
 Monto Actual US\$
 No Adicionales



ITEM	DESCRIPCIÓN	UND	CANT.	PRECIO UNIT. USA	TOTAL USA	ACUM. ANTERIOR		PRESENTE PERÍODO		ACUM. ACTUAL		SALDO A VALORIZAR	
						CANT.	TOTAL US\$	%	CANT.	TOTAL US\$	%	CANT.	TOTAL US\$
A	OBRAS PRELIMINARES												
A.1	Movilización de equipos	GLB	1.00	1,770.00	1,770.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	1.00	1,770.00
A.1.1	Instalaciones provisionales	GLB	1.00	2,960.00	2,960.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	1.00	2,960.00
A.1.2	Trazo y replanteo	GLB	1.00	620.00	620.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	1.00	620.00
A.1.3	Demolición	GLB	1.00	1,770.00	1,770.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	1.00	1,770.00
B.	CIVIL												
B.1	Línea de descarga (salmuera) mediante tubería de HDPE de 18"												
B.1.1	Movimiento de Tierras	m3	10.00	31.00	31.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	10.00	31.00
B.1.1.1	Demolición de concreto	m3	80.00	9.50	760.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	80.00	760.00
B.1.1.2	Excavación estructural en arena para alcantarilla	m3	200.00	10.00	2,000.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	200.00	2,000.00
B.1.1.3	Excavación en arena en talud	m3	100.00	7.00	700.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	100.00	700.00
B.1.1.4	Excavación en arena en horizontal	m3	241.00	7.50	1,807.50	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	241.00	1,807.50
B.1.1.5	Rellenos estructurales compactados con material propio en alcantarilla	m3	180.00	10.00	1,800.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	180.00	1,800.00
B.1.1.6	Rellenos acomodados en talud con material propio	m3	90.00	7.00	630.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	90.00	630.00
B.1.1.7	Rellenos acomodados en horizontal con material propio	m3	24.00	8.00	192.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	24.00	192.00
B.1.1.8	Perforado y compactado de fondo de excavación para alcantarilla	m2	60.00	6.00	360.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	60.00	360.00
B.1.1.9	Eliminación de material de demolición	m3	30.00	11.00	330.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	30.00	330.00
B.1.1.10	Cargos de material medido en banco	m3	10.00	6.00	60.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	10.00	60.00
B.1.1.11	Transporte de material medido en banco	m3-km	30.00	1.00	30.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	30.00	30.00
B.1.2	Concreto simple y Armado	m3	0.50	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.50	50.00
B.1.2.1	Soldado fc = 100 kg/cm2 con cemento tipo V, e=0.05 m	m3	0.50	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.50	50.00
B.1.2.2	Dados de anclaje tierra	m3	4.00	133.00	532.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	4.00	532.00
B.1.2.2.1	Concreto fc = 210 kg/cm2 con relación max alc = 0.55 para dado	m3	30.00	10.50	315.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	30.00	315.00
B.1.2.2.2	Encofrado caravisa y desmoldado	m2	200.00	1.65	330.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	200.00	330.00
B.1.2.2.3	Acero fy = 4200 kg/cm2	kg	14.00	20.00	280.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	14.00	280.00
B.1.2.2.4	Pernos de anclaje A307 Ø3/4" L=825 mm	und	7.00	15.00	105.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	7.00	105.00
B.1.2.2.5	Pernos de anclaje A307 Ø5/8" L=35 mm	und	6.00	15.00	90.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	6.00	90.00
B.1.2.2.7	Abrazaderas PL 3X1/4"	und	3.00	10.00	30.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	3.00	30.00
B.1.2.3	Dados Prefabricados para Fondo Marino (No incluye montaje)	m3	20.00	147.00	2,940.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	20.00	2,940.00
B.1.2.3.1	Concreto fc = 280 kg/cm2 con relación max alc = 0.5	m3	180.00	10.50	1,890.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	180.00	1,890.00
B.1.2.3.2	Encofrado caravisa y desmoldado	m2	600.00	1.95	1,170.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	600.00	1,170.00
B.1.2.3.3	Acero fy = 4200 kg/cm2	kg	100.00	1.00	100.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	100.00	100.00
B.1.2.3.4	Tubo PVC Ø 1"	m	180.00	20.00	3,600.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	180.00	3,600.00
B.1.2.3.5	Pernos de INOX Ø3/4" L=70 cm	und	5.00	133.00	665.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	5.00	665.00
B.1.2.4	Cabezales de entrada y salida en alcantarilla	m2	40.00	10.50	420.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	40.00	420.00
B.1.2.4.1	Concreto fc = 210 kg/cm2 con relación max alc = 0.55 para dado	m3	350.00	1.95	682.50	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	350.00	682.50
B.1.2.4.2	Encofrado y desmoldado	m2	8.91	350.00	3,119.50	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	8.91	3,119.50
B.1.2.4.3	Acero fy = 4200 kg/cm2	kg	0.72	100.00	72.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.72	72.00
B.1.2.5	Alcantarilla	m	16,240.00			16,240.00							
B.1.2.5.1	Alcantarilla conector de anclajes macanetas (incluye montaje y transporte de 4.5 mm de espesor, incluye aplicación de pintura bluminosa lado posterior)	m	8.91	350.00	3,119.50	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	8.91	3,119.50
B.1.2.5.2	Soldado fc = 100 kg/cm2 con cemento tipo V en fondo de alcantarilla	m3	0.72	100.00	72.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.72	72.00
B.2	Líneas de succión 1 y 2 mediante tubería de HDPE de 18"												
B.2.1	Movimiento de Tierras	m3	1.00	31.00	31.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	1.00	31.00
B.2.1.1	Demolición de concreto	m3	3.00	9.50	28.50	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	3.00	28.50
B.2.1.2	Excavación estructural en arena	m3	30.00	7.00	210.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	30.00	210.00
B.2.1.3	Excavación en arena en horizontal	m3	25.00	7.00	175.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	25.00	175.00
B.2.1.4	Rellenos acomodados en horizontal con material propio	m3	10.00	6.00	60.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	10.00	60.00
B.2.1.6	Cargos de material medido en banco	m3	30.00	11.00	330.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	30.00	330.00
B.2.1.6.2	Transporte de material medido en banco	m3-km	0.50	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.50	50.00
B.2.2	Concreto simple y Armado	m3	0.50	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.50	50.00
B.2.2.1	Soldado fc = 100 kg/cm2 con cemento tipo V, e=0.05 m	m3	0.50	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.50	50.00
B.2.2.2	Dados de anclaje tierra	m3	0.50	100.00	50.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00%	0.50	50.00



Proyecto : CERRO LINDO FASE III
 Período : JUNIO
 Fecha : 29/06/2012

Orden de Servicio
 Contínua
 Nombre Contrato

SERMABU S.R.L.
 INSTALACION DE TUBERÍAS DE SUCCION Ø 18" PARA TOMA DE AGUA DE MAR
 UNIDAD MINERA - CERRO LINDO
 VALORIZACION Nº 1

Monte Original US\$ \$300,825.35
 Monte Adicionales US\$ \$ 0.00
 Monte Actual US\$
 No Adicionales



ITEM	DESCRIPCION	URD	CANT.	PRECIO UNIT. US\$	TOTAL US\$	ACUM. ANTERION		PRESENTES PERIODO		ACUM. ACTUAL		SALDO A VALORIZAR		
						CANT.	TOTAL US\$	%	CANT.	TOTAL US\$	%	CANT.	TOTAL US\$	%
B.2.2.1	Concreto fe = 210 kg/m2 con relación máx. de = 0.55 para chido	m3	4.00	133.00	532.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	4.00	532.00	100.00%
B.2.2.2	Encofrado y desencofrado	m2	30.00	10.50	315.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	30.00	315.00	100.00%
B.2.2.3	Acero fy = 4200 kg/cm2	kg	200.00	1.95	390.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	200.00	390.00	100.00%
B.2.2.4	Pernos de anclaje A307 Ø30x L=625 mm	und	14.00	30.00	420.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	14.00	420.00	100.00%
B.2.2.5	Almazaras PL 4" x 5/16"	und	7.00	25.00	175.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	7.00	175.00	100.00%
B.2.2.6	Dados Prefabricados para Fondo Marino (No incluye montaje)	m3	150.00	147.00	22050.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	150.00	22050.00	100.00%
B.2.2.7	Encofrado curvado y desencofrado	m2	1,200.00	10.50	12600.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1,200.00	12600.00	100.00%
B.2.2.8	Acero fy = 4200 kg/cm2	kg	4,500.00	1.95	87750.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	4,500.00	87750.00	100.00%
B.2.2.9	Tubo PVC Ø 1"	m	536.00	1.00	536.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	536.00	536.00	100.00%
B.2.2.10	Pernos de INOX Ø30x L=70 cm	und	1,340.00	20.00	26800.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1,340.00	26800.00	100.00%
C. MECANICA														
C.2. TUBERIAS (INCLUYE ACCESORIOS Y VALVULAS)														
C.2.1. SUMINISTRO														
C.2.1.1	LINEA DE SUCCION Nº 1 - 18"-HD13-WS-911-101	PZA	1.00	180.00	180.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	180.00	100.00%
C.2.1.1.1	GUARDA BRIDADA PARA EMPALME DE TUBERIA 18" HOPE	PZA	1.00	1,200.00	1,200.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	1,200.00	100.00%
C.2.1.1.2	FILTRO CAMASTILLA 18" x 1050. SS AISI 316 (SEGUN PLANO DE	PZA	1.00	360.00	360.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	360.00	100.00%
C.2.1.1.3	GUARDA METALICA PARA JUNTA. BRIDADA (SEGUN PLANO DE	GLB	1.00	200.00	200.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	200.00	100.00%
C.2.1.1.4	ABRAZADERAS 18"Ø. SS AISI 316	GLB	1.00	240.00	240.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	240.00	100.00%
C.2.1.1.5	PERNOS Y/O ESPARRAGOS C/7 + CT. (SS. AISI 316)	GLB	1.00	24.00	24.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	24.00	100.00%
C.2.1.1.6	EMPAQUETADURA DE TEFLON PTFE 18" ESPESOR	GLB	1.00	24.00	24.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	24.00	100.00%
C.2.1.1.7	CAJON METALICO SOPORTE DE TEE. CS. ASTM/A318 (SEGUN PLANO	GBL	1.00	6,000.00	6,000.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	6,000.00	100.00%
C.2.1.2	LINEA DE SUCCION Nº 2 - 18"-HD13-WS-911-102	PZA	1.00	180.00	180.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	180.00	100.00%
C.2.1.2.1	GUARDA BRIDADA PARA EMPALME DE TUBERIA 18" HOPE	PZA	1.00	1,200.00	1,200.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	1,200.00	100.00%
C.2.1.2.2	FILTRO CAMASTILLA 18" x 1050. SS AISI 316 (SEGUN PLANO DE	PZA	1.00	360.00	360.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	360.00	100.00%
C.2.1.2.3	GUARDA METALICA PARA JUNTA. BRIDADA (SEGUN PLANO DE	GLB	1.00	200.00	200.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	200.00	100.00%
C.2.1.2.4	ABRAZADERAS 18"Ø. SS AISI 316	GLB	1.00	240.00	240.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	240.00	100.00%
C.2.1.2.5	PERNOS Y/O ESPARRAGOS C/7 + CT. (SS. AISI 316)	GLB	1.00	24.00	24.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	24.00	100.00%
C.2.1.2.6	EMPAQUETADURA DE TEFLON PTFE 18" ESPESOR	GLB	1.00	24.00	24.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	24.00	100.00%
C.2.1.2.7	CAJON METALICO SOPORTE DE TEE. CS. ASTM/A318 (SEGUN PLANO	GBL	1.00	6,000.00	6,000.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	6,000.00	100.00%
C.2.1.3	LINEA DE RECHAZO O SALLMERA - 18"-HD13-WS-911-111	GLB	1.00	240.00	240.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	240.00	100.00%
C.2.1.3.1	PERNOS Y/O ESPARRAGOS C/7 + CT. (SS. AISI 316)	GLB	1.00	24.00	24.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	24.00	100.00%
C.2.1.3.2	EMPAQUETADURA DE TEFLON PTFE 18" ESPESOR	GLB	1.00	24.00	24.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	24.00	100.00%
C.2.2. INSTALACION														
C.2.2.1	LINEA DE SUCCION Nº 1 - 18"-HD13-WS-911-101	M	800.00	13.88	11,104.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	800.00	11,104.00	100.00%
C.2.2.1.1	SOLDADURA DE TUBERIA 18" HOPE POR TERMOFUSION	M	1.00	890.00	890.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	890.00	100.00%
C.2.2.1.2	FABRICACION DE "TEE" 18" HOPE DE TOMA DE AGUA DE MAR	PZA	1.00	15.00	15.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	15.00	100.00%
C.2.2.1.3	INSTALACION DE TUBERIA DE 18" HOPE EN TERRENO	M	700.00	22.00	15,400.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	700.00	15,400.00	100.00%
C.2.2.1.4	INSTALACION DE TUBERIA DE 18" HOPE EN MAR	M	700.00	4.100.00	2,870.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	700.00	2,870.00	100.00%
C.2.2.1.5	INSTALACION DE SOPORTES DE CONCRETO (MUERTOS)	GLB	1.00	4,100.00	4,100.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	4,100.00	100.00%
C.2.2.1.6	INSTALACION DE CAJON METALICO PARA TEE 18"Ø (PIC. ANCLAJES)	GLB	1.00	435.00	435.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	435.00	100.00%
C.2.2.2	LINEA DE SUCCION Nº 2 - 18"-HD13-WS-911-102	M	800.00	13.88	11,104.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	800.00	11,104.00	100.00%
C.2.2.2.1	SOLDADURA DE TUBERIA 18" HOPE POR TERMOFUSION	M	1.00	890.00	890.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	890.00	100.00%
C.2.2.2.2	FABRICACION DE "TEE" 18" HOPE DE TOMA DE AGUA DE MAR	PZA	1.00	15.00	15.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	15.00	100.00%
C.2.2.2.3	INSTALACION DE TUBERIA DE 18" HOPE EN TERRENO	M	700.00	22.00	15,400.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	700.00	15,400.00	100.00%
C.2.2.2.4	INSTALACION DE TUBERIA DE 18" HOPE EN MAR	M	700.00	4.100.00	2,870.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	700.00	2,870.00	100.00%
C.2.2.2.5	INSTALACION DE SOPORTES DE CONCRETO (MUERTOS)	GLB	1.00	4,100.00	4,100.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	4,100.00	100.00%
C.2.2.2.6	INSTALACION DE CAJON METALICO PARA TEE 18"Ø (PIC. ANCLAJES)	GLB	1.00	435.00	435.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	435.00	100.00%
C.2.2.3	LINEA DE RECHAZO O SALLMERA - 18"-HD13-WS-911-111	M	700.00	14.88	10,416.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	700.00	10,416.00	100.00%
C.2.2.3.1	SOLDADURA DE TUBERIA 18" HOPE POR TERMOFUSION	M	520.00	15.00	7,800.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	520.00	7,800.00	100.00%
C.2.2.3.2	INSTALACION DE TUBERIA DE 18" HOPE EN TERRENO	M	180.00	22.00	3,960.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	180.00	3,960.00	100.00%
C.2.2.3.3	INSTALACION DE TUBERIA DE 18" HOPE EN MAR	M	180.00	22.00	3,960.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	180.00	3,960.00	100.00%
C.2.3. PRUEBAS														
C.2.3.1	PRUEBAS HIDROSTATICAS	GBL	1.00	2,550.00	2,550.00	0.00	0.00%	0.00	0.00%	0.00	0.00%	1.00	2,550.00	100.00%

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1. Conclusiones

- El ingreso inicial de las líneas submarinas compuesto por tuberías de HDPE y lastres mantuvieron la flotabilidad deseada para la ubicación definitiva, caso contrario las líneas hubieran colapsado durante el proceso de ingreso al mar.
- Los procedimientos empleados para la construcción de lastres de concreto y el termofusionado, así como el montaje, cumplió con los estándares exigidos por el proyecto, los cuales garantizan el buen funcionamiento de las tres líneas submarinas.
- La ubicación inicial de las coordenadas teóricas permitió el posicionamiento de maniobra de la barcaza, como también el lanzamiento y hundimiento de toda la longitud de las líneas, con una aproximación de ubicación de las puntas de succión y de rechazo, muy cercanas a las coordenadas requeridas por el proyecto.

7.2. Recomendaciones.

- Para las pruebas hidrostáticas a realizar con elevaciones considerables se debe efectuar cálculos de presión para verificar que la presión de prueba en el punto más bajo, no supere a la presión de esfuerzo máximo del material, si esto sucede es conveniente realizar la prueba en tramos de tubería que cumplan con la condición antes mencionada.
- Para los trabajos de lanzamiento submarino es necesario solicitar a la Autoridad Portuaria Naviera (APN), la tabla de mareas con 1 mes de anticipación y el monitoreo semanal de la frecuencia de cambio de marea, con lo cual evitamos el colapso de la línea durante el lanzamiento por abatimiento de olas y corrientes alomadas.
- Realizar tres inspecciones de mantenimiento al año, del sistema de captación de líneas submarinas, con lo cual evitaremos los estrangulamientos tanto en las Tees de captación e interior de las líneas, con esto se asegura el requerimiento de flujo para la planta de tratamiento de agua de mar.

8. BIBLIOGRAFÍA.

- MOTT, Robert L. "Mecánica de Fluidos Aplicada". Mexico Editorial Prentice Hall Hispanoamericano. Cuarta Edición 1996.

- YUNUS, A. Cengel "Mecánica de Fluidos Fundamentos y Aplicaciones". Mexico Editorial, Mc. Graw Hill. Tercera Edición 2006.

- ASME B31.1
Chapter VII: Nonmetallic Piping and Piping Lined with Nonmetals.
2010.

- ASTM
ASTM F 2620-07 Heat fusion joining of Polyethylene pipe and fittings. 2009.

- ASME B16.5
Pipe Flanges and Flanged Fitting NPS ½ Throung NPS 24
Metric/Inch Standard

- AWS D1.1
Structural Welding Code Steel. 2010

9. ANEXOS, APÉNDICE Y PLANOS.

9.1. ANEXOS.

Anexo 01: Cronograma de actividades del proyecto

Anexo 02: Catalogo ENVIMAR SERVICIOS MARITIMOS.

Anexo 03: Practica recomendada para juntas de Polyetileno y
Accesorio.

Anexo 04: Ficha técnica de GLOBALPLAS, fabricante de
tubería HDPE.

Anexo 05: Tabla de Secuencia ajuste y Torque para bridad de
HDPE-HDPE y Acero-HDPE.

Anexo 06: Tabla de parámetros de termofusión – VÁLVULA
INDUSTRIALES.

Anexo 01: Cronograma de actividades del proyecto.



ENVIROMAR

www.enviromar.com

Cadena Galvanizada Grado 2

Especificaciones Técnicas:

Ø	Medidas exteriores	Peso + - p. 100 m
4 mm.	31 - 15 mm.	32 Kg.
6 mm.	38 - 22 mm.	70 Kg.
8 mm.	47 - 30 mm.	130 Kg.
10 mm.	55 - 36 mm.	205 Kg.
12 mm.	70 - 44 mm.	295 Kg.
14 mm.	80 - 50 mm.	390 Kg.
16 mm.	88 - 56 mm.	520 Kg.



Enviromar S.L. Servicios Marítimos
Avda. de Ayyo. Loc 11. 38670 Adeje, Tenerife Telf: 922 78 27 78 Fax: 922 71 09 73 Em@il: sales@enviromar.com
Telf Movil: 626 46 18 48

Anexo 03: Practica recomendada para juntas de Polietileno y
Accesorio.- ASTM DESIGNATION D2657-7



Standard Practice for Heat Fusion Joining of Polyolefin Pipe and Fittings¹

This standard is issued under the fixed designation D 2657; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

1. Scope

1.1 This practice describes general procedures for making joints with polyolefin pipe and fittings (excluding polyethylene pipe and fittings) by means of heat fusion joining techniques in either a shop or field environment. These procedures are general ones. Specific instructions for heat fusion joining are obtained from product manufacturers. See Practice F 2620 for heat fusion joining of polyethylene pipe and fittings.

1.2 The techniques covered are applicable only to joining polyolefin pipe and fittings of related polymer chemistry, for example, polypropylenes to polypropylenes, or polybutylenes to polybutylenes. Material, density, and flow rate shall be taken into consideration in order to develop uniform melt viscosities and formation of a good fusion bond when joining the same material to itself or to other materials of related polymer chemistry.

1.3 Parts that are within the dimensional tolerances given in present ASTM specifications are required to produce sound joints between polyolefin pipe and fittings when using the joining techniques described in this practice.

1.4 The values stated in inch-pound units are to be regarded as the standard. The values given in parentheses are for information only.

1.5 The text of this practice references notes, footnotes, and appendixes which provide explanatory material. These notes and footnotes (excluding those in tables and figures) shall not be considered as requirements of the practice.

1.6 *This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use. See specific safety precautions in 3.1.1, 5.2, 8.2.3.1, Note 8 and Note 9, and A1.1.*

2. Referenced Documents

2.1 ASTM Standards:²

F 1056 Specification for Socket Fusion Tools for Use in Socket Fusion Joining Polyethylene Pipe or Tubing and Fittings

F 2620 Practice for Heat Fusion Joining of Polyethylene Pipe and Fittings

3. Summary of Practice

3.1 Heat-fusion joining uses a combination of heat and force resulting in two melted surfaces flowing together to produce a joint. Fusion bonding occurs when the joint cools below the melt temperature of the material. There is a temperature range within which any particular material is satisfactorily joined. The specific temperature used requires consideration of the properties of the specific material, and the joining environment. With Techniques II or III (3.3.2 or 3.3.3), there is also an appropriate force to be applied which depends upon the material, the fusion equipment being used, and fusion temperature. See Practice F 2620 for heat fusion procedure for polyethylene pipe and fittings.

3.1.1 Electrically powered heat fusion tools and equipment are usually not explosion proof. When performing heat fusion in a potentially combustible atmosphere such as in an excavation where gas is present, all electrically powered tools and equipment that will be used in the combustible atmosphere shall be disconnected from the electrical power source and operated manually to prevent explosion and fire. For the heating tool, this requires bringing the heating tool up to or slightly above temperature in a safe area, then disconnecting it from electrical power immediately before use. This procedure is limited to smaller sizes where heating is accomplished before the heating tool drops below acceptable temperature.

¹ This practice is under the jurisdiction of ASTM Committee F17 on Plastic Piping Systems and is the direct responsibility of Subcommittee F17.20 on Joining. Current edition approved May 1, 2007. Published May 2007. Originally approved in 1967. Last previous edition approved in 2003 as D 2657 – 03.

² For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, www.astm.org, or contact ASTM Customer Service at service@astm.org. For *Annual Book of ASTM Standards* volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

3.2 Adequate joint strength for testing is attained when all of the joint material cools to ambient temperature. The joint shall not be disturbed or moved until it has cooled. See Practice F 2620 for heat fusion procedure for polyethylene pipe and fittings.

NOTE 1—Polybutylene undergoes a crystalline transformation for several days after cooling below its melt temperature. Although this phenomenon has an effect on the ultimate physical properties of the material, its effect on testing of joints has not been found to be significant. If there is any question of its effect, a comparison should be made between joints that have been conditioned for different periods of time in order to establish the conditioning-time relationship.

3.3 Three fusion techniques are covered in this practice as follows: See Practice F 2620 for heat fusion procedure for polyethylene pipe and fittings.

3.3.1 *Procedure 1, Socket Fusion*—The socket-fusion technique involves simultaneously heating the outside surface of a pipe end and the inside of a fitting socket, which is sized to be smaller than the smallest outside diameter of the pipe. After the proper melt has been generated at each face to be mated, the two components are joined by inserting one component into the other. See Fig. 1. The fusion bond is formed at the interface resulting from the interference fit. The melts from the two components flow together and fuse as the joint cools. Optional alignment devices are used to hold the pipe and socket fitting in Logitudinal alignment during the joining process; especially with pipe sizes 3 in. IPS (89 mm) and larger.

3.3.2 *Procedure 2, Butt Fusion*—The butt-fusion technique in its simplest form consists of heating the squared ends of two pipes, a pipe and a fitting, or two fittings, by holding them against a heated plate, removing the plate when the proper melt is obtained, promptly bringing the ends together, and allowing the joint to cool while maintaining the appropriate applied force. See Fig. 2. An alignment jig shall be used to obtain and maintain suitable alignment of the ends during the fusion operation.

3.3.3 *Procedure 3, Saddle Fusion*—The saddle-fusion technique involves melting the concave surface of the base of a saddle fitting, while simultaneously melting a matching pattern on the surface of the pipe, bringing the two melted surfaces together and allowing the joint to cool while maintaining the appropriate applied force. See Fig. 3.

4. Significance and Use

4.1 The procedures described in Sections 7, 8, and 9, when implemented using suitable equipment and procedures in either a shop or field environment, produce strong pressure-tight joints equal to the strength of the piping material. Some materials are more adaptable to one technique than another. Melt characteristics, average molecular weight and molecular weight distribution are influential factors in establishing suitable fusion parameters; therefore, consider the manufacturer's instructions in the use or development of a specific fusion procedure.

5. Operator Experience

5.1 Skill and knowledge on the part of the operator are required to obtain a good quality joint. This skill and knowledge is obtained by making joints in accordance with proven procedures under the guidance of skilled operators. Evaluate operator proficiency by testing sample joints.

5.2 The party responsible for the joining of polyolefin pipe and fittings shall ensure that detailed procedures developed in conjunction with applicable codes and regulations and the manufacturers of the pipe, fittings, and joining equipment involved, including the safety precautions to be followed, are issued before actual joining operations begin.

6. Apparatus: General Recommendations

6.1 *Heating Tool*—The tool may be heated by gas or electricity. Gas-fired heaters for 2in. IPS and smaller socket and butt fusion joints only, shall have heat sinks of sufficient

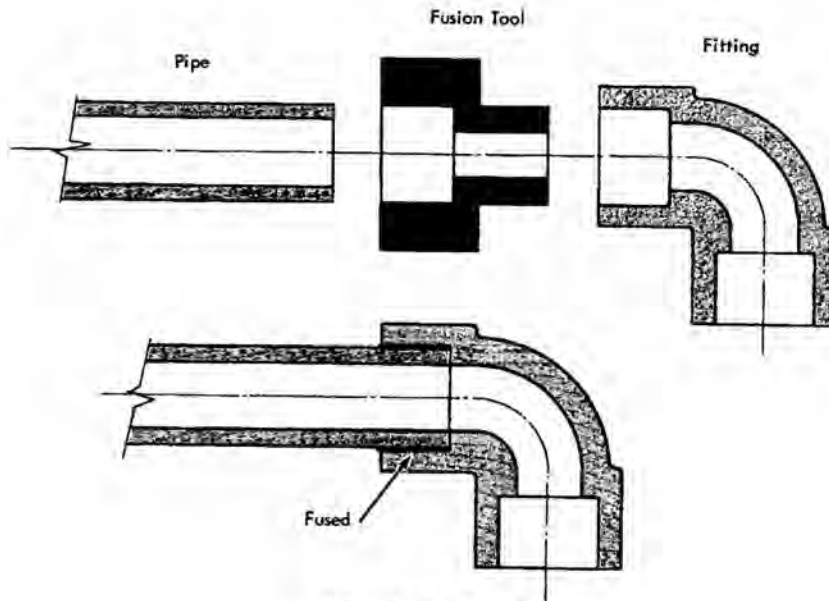


FIG. 1 Socket Fusion

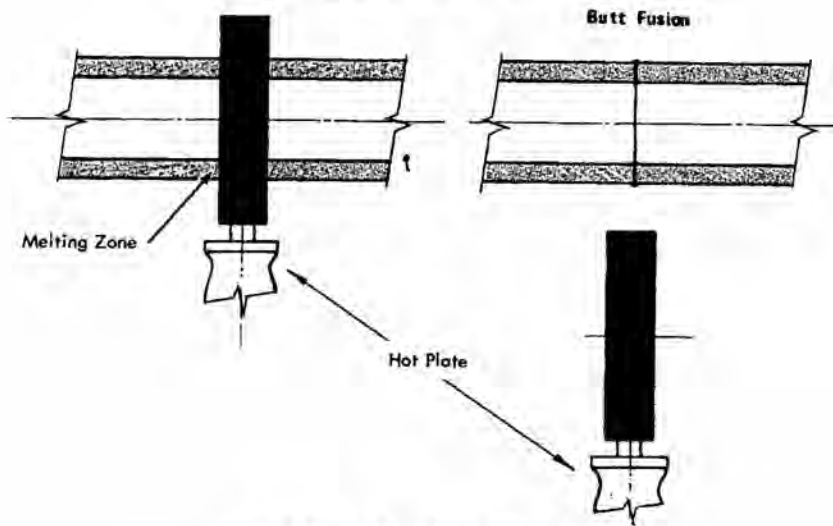


FIG. 2 Typical Butt Fusion Operation

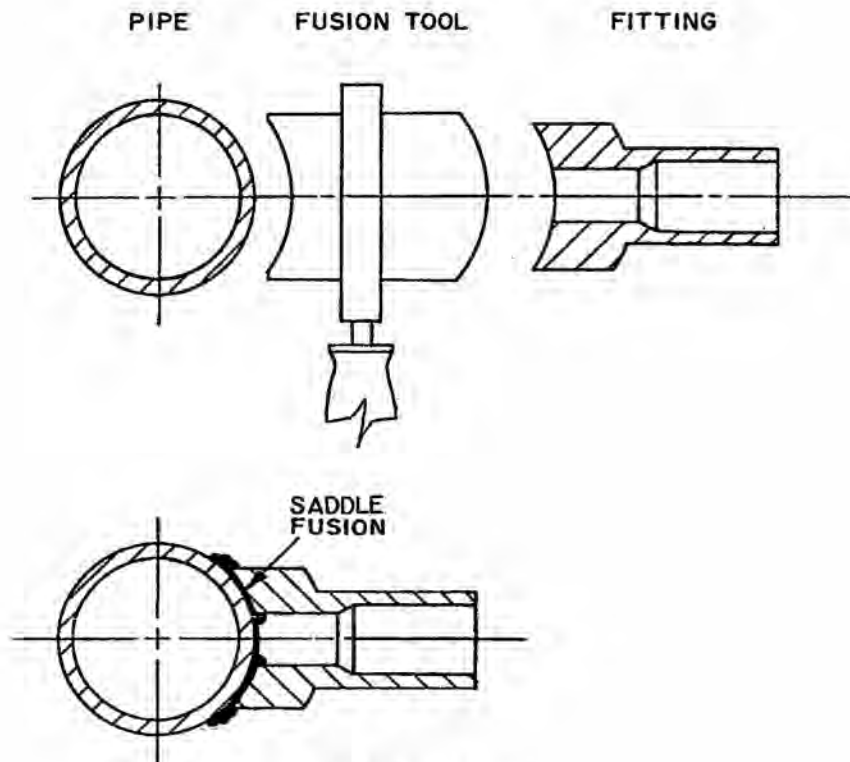


FIG. 3 Saddle Fusion

capacity to prevent excessive draw down of the tool temperature, and are used only in above-freezing conditions. Electric heating plates maintain consistent fusion temperatures when provided with an adequate power source. Electric heating plates for general fusion use shall be controlled thermostatically and most are adjustable for a set point temperature ranging from 300 to 575°F (150 to 300°C). Some tools may have a fixed set point for a particular application.

6.2 *Heating Tool Faces*—Heating tools may be made from materials such as aluminum, stainless steel, copper, or copper alloys. Copper or copper-alloy heating faces are not suitable, unless chromium-plated or clad with another suitable metal, because some polyolefins react with copper. Plastic materials may stick to hot metal heating surfaces. This sticking may be minimized by applying a non-stick coating to the heating surfaces or by fitting a high-temperature, non-stick fabric over

the heating surfaces. The heating plate surfaces, coated or uncoated, shall be kept clean and free of contaminants such as dirt, grease and plastic build-up, which may cause excessive sticking and create unsatisfactory joints. Most of these contaminants are removed from the hot tool surfaces using a clean, dry, oil-free lint-free cloth. Do not use synthetic fabrics which may char and stick to the fusion surface. Some pigments, such as carbon black, may stain a heating surface and probably cannot be removed; such stains will not contaminate the joint interface.

6.2.1 After a period of time in service, non-stick coatings or fabrics will deteriorate and become less effective. Deteriorated fabrics should be replaced, and worn, scratched, or gouged non-stick coatings should be re-coated when they lose effectiveness. Heat fusion quality may be adversely affected by deteriorated non-stick surfaces. Spray-on chemicals, such as non-stick lubricants or oils shall not be applied to heating iron surfaces as they will contaminate the joint.

6.3 *Temperature Indicator*—Heating tools shall be equipped with a thermometer or other built-in temperature indicating device. This device indicates the internal temperature of the heating iron which is usually higher than temperature of the fusion surfaces. Use a pyrometer periodically to verify the temperature of the tool surfaces within the pipe or fitting contact area. Select multiple checkpoints to ensure uniform surface temperature.

NOTE 2—A significant temperature variation, that is, cold spots, on the fusion surfaces may indicate a faulty heating iron which may need to be serviced before it can be used.

7. Procedure 1—Socket Fusion

7.1 *Apparatus*—Socket fusion tools manufactured in accordance with Specification F 1056 are used for joining polyolefin pipe, tubing, and fittings.

7.1.1 *Heating Tool*—In order to obtain a proper melt, it is necessary for a uniform temperature to be maintained across the heating surface. Therefore, gas-fired tools are generally restricted to use with pipe sizes of 2 in. IPS (63 mm) or less.

7.1.2 *Heating Tool Faces*—Consisting of two parts, a male end for the interior socket surface and a female end for the exterior pipe surface. Both parts shall be made to such tolerances as to cause an interference fit.

7.1.3 *Alignment Jig*—The alignment jig is an optional tool which consists of two sets of devices holding the components in alignment to each other. One set of holding devices is fixed, and the other allows longitudinal movement for making the joint.

7.1.4 *Rounding Clamps*, (cold ring) to maintain roundness of the pipe and control the depth of pipe insertion into the socket during the joining operation.

7.1.5 *Depth Gage*, for proper positioning of the rounding clamp.

7.1.6 *Chamfering Tool*, to bevel the end of the pipe.

NOTE 3—The depth gage and chamfering tool may be combined into a single tool.

7.1.7 *Tubing Cutter*, to obtain a square end cut on the pipe.

7.1.8 *Fitting Puller*, an optional tool to assist in the removal of the fitting from the heating tool and to hold the fitting during assembly.

7.2 Procedure:

7.2.1 Attach the proper size heater faces to the heating tool, and heat the tool to the fusion temperature for the material.

7.2.2 Cut the pipe end squarely, and clean the pipe end and fitting, both inside and outside, by wiping with a clean, dry, oil-free, lint-free cloth.

7.2.3 Chamfer the outside edge of the pipe end slightly and fix the rounding clamp about the pipe as determined from the depth gage.

NOTE 4—Chamfering may not be required by some procedures or some fusion tools. Pipe sizes 1 in. (25.4 mm) and smaller are not usually chamfered, regardless of tooling design.

NOTE 5—Some recommend using a 50 to 60-grit emery or garnet cloth to roughen the outside of the pipe and inside of the fitting as a means of minimizing any possible skin interface when making the fusion. Sandpaper is not recommended for this purpose, as it might disintegrate and contaminate the joint interface. If roughening is performed, first clean the surfaces before roughening. Clean dust and particles from the roughened surfaces afterwards by wiping with a clean, dry, oil-free, lint-free cloth.

7.2.4 Bring the preheated tool faces into contact with the outside surface of the end of the pipe and the inside surface of the socket.

7.2.5 Heat the pipe end and the fitting socket for the time required to obtain a proper melt. Proper melt is a function of material, time, tool temperature, and the size of the parts. Pipe and fittings of larger diameters require more time to reach the proper melt consistency than those of smaller diameters. Underheated or overheated materials will not form a good bond.

7.2.6 At the end of the heating time, simultaneously remove the pipe and fitting straight out from the tool, using a snap action. Immediately insert the pipe straight into the socket of the fitting so the rounding clamp is flush against the end of the fitting socket. Hold or block the joint in place until the melts of the mating surfaces have solidified. The exact cooling time depends on the size of the pipe and the material being fused.

7.2.7 Remove the rounding clamp, and inspect the melt pattern at the end of the socket for a complete impression of the rounding clamp in the melt surface. There shall no gaps, voids, or unbonded areas. Clean the heating tool of any residual material using a wood stick or a clean, dry, oil-free, lint-free, non-synthetic cloth. Take care not to damage the heating surfaces. Plastic left on the tool tends to char when reheated, causing a loss of heater efficiency and joint contamination.

7.2.8 Allow for extremes in weather when making field joints. Heating times, operation of alignment jig, dimensional changes, and the like, are affected by extreme conditions.

7.3 *Testing*—Evaluate sample joints in order to verify the skill and knowledge of the fusion operator. Cut joints into straps, (see Fig. 4) and visually examine and test for bond continuity and strength. Bending, peeling, and elongation tests are useful for this purpose.

8. Procedure 2—Butt Fusion

8.1 *Apparatus*:

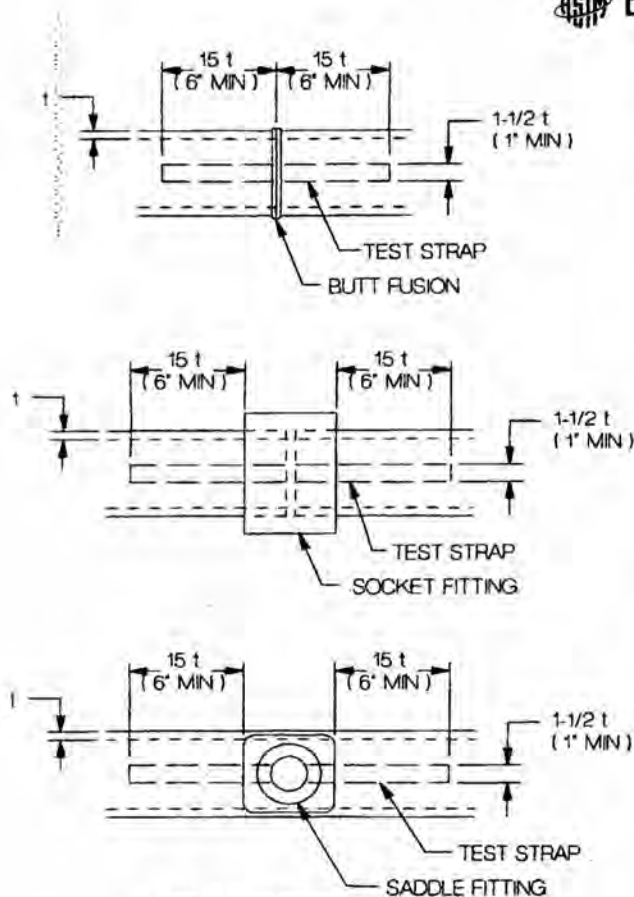


FIG. 4 Bent Strap Test Specimen

8.1.1 *Heating Tool*—The heating tool shall have sufficient area to adequately cover the ends of the size of pipe to be joined.

8.1.2 *Alignment Jig*—The alignment jig is three basic parts: (1) a stationary clamping fixture and a movable clamping fixture for holding each of the two parts to be fused in alignment; (2) a facer for simultaneously preparing the ends of the parts to be joined (Note 6); and (3) appropriate adapters for different pipe sizes. Alignment jigs are manually or hydraulically powered.

NOTE 6—A facer is a rotating cutting device used to square-off the pipe or fitting ends to obtain properly mating fusion surfaces.

8.2 Procedure:

8.2.1 Bring the heater plate surfaces to proper temperature.

8.2.2 Clean the inside and outside of the components (pipe or pipe and fitting) to be joined. Remove all foreign matter from the surface of the component where it will be clamped in the alignment jig.

8.2.3 Align each component with its alignment jig clamp, and close the clamp. Check component to component alignment, adjust as needed, and face off the ends.

8.2.3.1 Take care when placing pipe or fittings in the alignment jig. Pipes shall be aligned before the alignment clamp is closed; however, do not force the pipe into alignment by pushing it against the side of an open alignment jig clamp.

8.2.4 Bring the piping components together and check for high-low alignment, and out-of-roundness. Adjust as required. Re-face after adjustment. The ends of the piping components shall be square to each other around their full circumference.

8.2.5 Place the heater plate between the component ends, and move the component ends against the heater plate with sufficient force to ensure complete circumferential contact against the heater plate. Hold the components against the heater plate briefly, using limited force to ensure that proper contact with the plate has been made. Release the force, but hold the components against the heater plate until an appropriately sized bead of molten plastic develops circumferentially around each component end as a result of the thermal expansion of the material. Do not push the components into the heater plate as the melting progresses.

8.2.6 Move the melted component ends away from the heater plate, and remove the heater plate. Quickly inspect the melted surfaces per 8.2.1. If the melt is acceptable, immediately bring the melted ends together with enough force to roll both component melt beads over to the pipe surface around the entire circumference of the joint. When the bead touches the pipe surface, stop moving the component ends together, but do not release the force. Hold the force on the joint until the joint has cooled.

8.2.6.1 Do not use excessive or insufficient force. If the components are brought together with too much force, all molten material may be pushed out of the joint and cold material brought into contact forming a “cold” joint. If too little force is used, only the melt in the beads may be fused together and, as the molten material in the joint cools and contracts, voids or non-fused areas may be formed. If the softened material sticks to the heater plate, discontinue the joining procedure. Clean the heater plate, re-square the component ends, and repeat the process from the beginning (8.2.2).

8.2.6.2 Inspect the component ends quickly when the heating tool is removed. The melt should be flat. A concave melt surface indicates unacceptable pressure during heating. If a concave melt surface is observed, do not continue. Allow the component ends to cool, and start over from 8.2.1.

8.2.6.3 For any pipe size and wall thickness, the actual fusion joining force is determined by multiplying the interfacial pressure by the area of the pipe end. To determine a fusion pressure gauge setting for hydraulic butt fusion machines, the force is divided by the area of the hydraulic cylinders that move the fusion machine carriage. The hydraulic fusion machine gauge pressure setting may need to be increased to overcome internal machine friction drag or to provide additional force to move pipes attached to the butt fusion machine.

8.2.7 Allow the assembly to stand at least until cool before removing the clamps or other aligning device (Note 7). Do not subject the joint to high stress until it has cooled to less than approximately 130°F. Do not apply internal pressure until the joint and surrounding material have reached ambient air temperature.

NOTE 7—The joint is usually cool enough to remove from the alignment jig if a bare hand can be held against the beads without discomfort (less than approximately 130°F). Further cooling is recommended prior to ditching the pipe.

8.2.8 Visually inspect the joint against recommended appearance guidelines. The beads should be uniformly shaped and sized all around the joint.

8.3 *Testing*—Evaluate sample joints to verify the skill and knowledge of the fusion operator. In some cases, butt-fusion joints can be nondestructively examined using ultrasonic equipment to detect voids or other discontinuities. Visually, the width of butt fusion beads should be 2 to 2-1/2 times the bead height above the pipe, and the beads should be rounded and uniformly sized all around the pipe circumference. The v-groove between the beads should not be deeper than half the bead height above the pipe surface. When butt fusing to molded fittings, the fitting-side bead may display shape irregularities such as minor indentations, deflections and non-uniform bead rollover from molded part cooling and knit lines. In such cases, visual evaluation is based mainly on the size and shape of the pipe-side bead. For destructive tests, cut joints into straps (see Fig. 4), visually examine, and test for bond continuity and strength. Tests that have been found useful for this purpose include inside face bend, outside face bend, tensile elongation, torque, and impact. Quantifiable data may be obtained by the use of laboratory procedures and comparing data against that from control samples.

9. Procedure 3—Saddle Fusion

9.1 Apparatus:

9.1.1 *Heating Tool Faces*—The faces are matched sets, by pipe size, of concave and convex blocks which bolt or clamp onto a flat or round core heater.

9.1.2 *Alignment Jigs*—Various types of alignment jigs are available. Alignment jigs provide a means to mount the alignment jig on the pipe, hold the fitting and align it to the pipe, and move the fitting towards and away from the pipe. Alignment jigs are used for saddle fusions for optimum results and are required for certain materials.

NOTE 8—Some materials may be saddle fused using a hand-stab procedure. Consult the manufacturer for a hand-stab procedure.

9.2 Procedure:

9.2.1 Bring heater plate and faces to proper temperature.

9.2.2 Clean the mating surfaces of the pipe and the concave surface of the fitting base and roughen the mating surfaces. Emery or garnet cloth of 50 to 60 grit is used to remove the tough outer surface skin. It is essential to remove the surface skin completely without altering the contours of the mating surfaces and to keep the surface clean. Remove dust and particles from the surface after roughing with a clean, dry, oil-free, lint-free cloth.

9.2.3 Install the alignment jig on the pipe. For smaller pipe sizes, install a bolster plate under the pipe to provide additional support.

9.2.4 Install the fitting in the alignment jig. Press the fitting against the pipe to align the fitting base to the pipe, then secure the fitting in the alignment jig.

9.2.5 Place the heater on the pipe and press the fitting against the heater to obtain a melt on both the pipe and the fitting.

NOTE 9—When saddle fittings are fused to pipes that are under pressure, it is important that the surface melt be obtained quickly without too much heat penetration. Otherwise, the pipe may rupture from internal pressure. Consult the manufacturer for specific recommendations for fusing saddle fittings to pipe under pressure.

9.2.6 When a proper melt is achieved, remove the heater, quickly examine the pipe and fitting to ensure proper melt patterns, and immediately place the fitting on the pipe. Hold in place while exerting suitable force for the specified cooling time.

NOTE 10—If a suitable melt pattern has not been achieved, do not reheat; however, continue with the fusion and apply the fitting to the pipe. When the joint has cooled, remove the alignment jig, cut off the top of the fitting to prevent use, and start over at another location.

9.3 Visually inspect the joint against recommended visual inspection guidelines.

9.4 *Testing*—Evaluate sample joints to verify the skill and knowledge of the fusion operator. Cut joints into straps (see Fig. 4), visually examine, and test for bond continuity and strength.

10. Keywords

10.1 butt fusion; fitting; heat fusion; joining; pipe; polybutylene; polyolefin; polypropylene; saddle fusion; socket fusion

ANNEX

(Mandatory Information)

A1. COLD WEATHER PROCEDURES

A1.1 *Cold Weather Handling*—Pipe should be inspected for damage. Polyolefin pipes have reduced impact resistance in sub-freezing conditions. Avoid dropping pipe in sub-freezing conditions. When handling coiled pipe at temperatures below 40°F, it is helpful to uncoil the pipe prior to installation and let it straighten out. Gradually uncoil the pipe and cover it with dirt at intervals to keep it from recoiling. Always use caution

when cutting the straps on coils of pipe because the outside end of a coil may spring out when the strapping is removed.

A1.2 *Preparation for Socket, Saddle, and Butt Fusion Joining:*

A1.2.1 *Wind and Precipitation*—The heating tool should be shielded in an insulated container to prevent excessive heat

loss. Shield the pipe fusion area and fusion tools from wind, snow, and rain by using a canopy or similar device.

A1.2.2 Pipe and Fitting Surface Preparation—The pipe and fitting surfaces to be “joined” or held in clamps should be dry and clean and free of ice, frost, snow, dirt, and other contamination. Regular procedures for preparation of surfaces to be joined, such as facing for butt fusion and roughening for saddle fusion should be emphasized. After preparation, the surfaces should be protected from contamination until joined. Contamination of the area to be fused will likely cause incomplete fusion. Frost and ice on the surfaces of the pipe to be clamped in either a cold ring or alignment jigs may cause slippage during fusion. Inspect coiled pipe to see if it has flattened during storage which could cause incomplete melt pattern or poor fusion. It may be necessary to remove several inches at the pipe ends to eliminate such distortion. Pipe may have a slight toe-in or reduced diameter for several inches at the end of the pipe. The toe-in may need to be removed before butt fusing to a freshly cut pipe end, or to a fitting.

A1.2.3 Heating—Work quickly once pipe and fitting have been separated from the heating tool, so that melt heat loss is minimized, but still take time (no more than 3 s) to inspect both melt patterns. Keep the heater dry at all times. Check the temperature of the heating tool regularly with a pyrometer. Keep the heating tool in an insulated container between fusions. Do not increase heating tool temperature above the specified temperature setting. Gas-fired heating tools are used only in above freezing conditions.

A1.3 Socket Fusion:

A1.3.1 Pipe Outside Diameter—Pipe outside diameter contracts when cold. This results in loose or slipping cold rings. For best results, clamp one cold ring in its normal position adjacent to the depth gage. Place shim material (that is, piece of paper or rag, etc.) around the inside diameter of a second rounding ring and clamp this cold ring directly behind the first cold ring to prevent slippage. The first cold ring allows the pipe adjacent to the heated pipe to expand to its normal diameter during the heating cycle.

A1.3.2 Fitting Condition—If possible, store socket fittings at a warm temperature, such as in a truck cab, prior to use. This will make it easier to place the fitting on the heating tool because fittings contract when cold.

A1.3.3 Heating—At colder temperatures the pipe and fitting contract, thus the pipe slips more easily into the heating tool. At very cold outdoor temperatures (particularly with 2, 3, and 4 in.

IPS pipe), the pipe may barely contact the heating surface. Longer heating cycles are used so that the pipe first expands (from tool heat) to properly contact the heating tool, then develops complete melt. The length of cycle necessary to obtain a complete melt pattern will depend not only on the outdoor (pipe) temperature but wind conditions and operator variation. Avoid cycles in excess of that required to achieve a good melt pattern. To determine the proper cycle time for any particular condition, make a melt pattern on a scrap piece of pipe, using the heating cycle as instructed by the pipe manufacturer. If the pattern is incomplete (be sure rounding rings are being used), try a 3-s longer cycle on a fresh (cold) end of pipe. If the melt pattern is still not completely around the pipe end, add an additional 3 s and repeat the procedure. Completeness of melt pattern is the key. Keep the heater dry at all times. Check the temperature of the heating tool regularly and keep the heating tool in an insulated container between fusions.

A1.4 Butt Fusion:

A1.4.1 Joining — It will take longer to develop the initial melt bead completely around the pipe ends. Do not increase pressure during heating. When proper melt bead has been obtained, the pipe and heater shall be separated in a rapid, snap-like motion. The melted surfaces shall then be joined immediately in one smooth motion so as to minimize cooling of the melted pipe ends.

A1.5 Saddle Fusion:

A1.5.1 Surface Preparations—Regular procedures for roughening the surfaces to be fused on the pipe and the fitting should be emphasized. After the surfaces have been prepared, particular care should be taken to protect against contamination.

A1.5.2 Heating Time—Make a trial melt pattern on a scrap piece of pipe. A clean, dry piece of wood is used to push the heating tool against the pipe. If the melt pattern is incomplete, add 3 s to the cycle time and make another trial melt pattern on another section of cold pipe. If the pattern is still incomplete, continue 3-s additions on a fresh section of cold pipe until a complete melt pattern is attained. Use this heating cycle for fusions during prevailing conditions. Regardless of the weather or the type of tools used, the important point to remember is that complete and even melt must occur on the fitting and the pipe in order to produce a good fusion joint. This requires pipe preparation to make it clean, straight, round, and well supported.

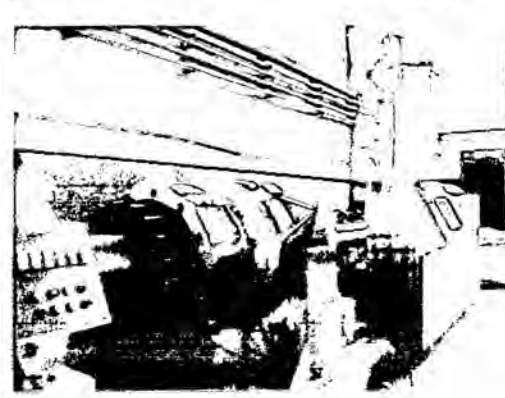
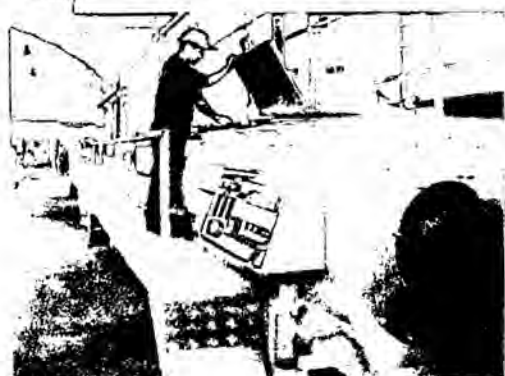
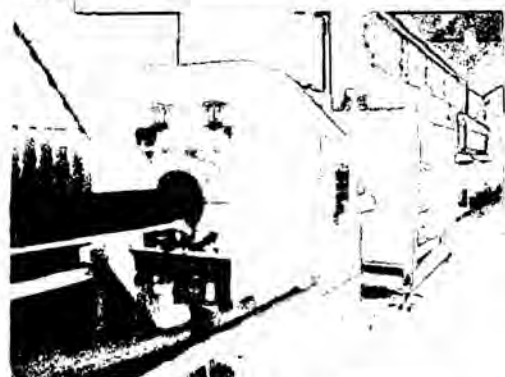
ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org).

Anexo 04: Ficha técnica de GLOBALPLAS, fabricante de tubería HDPE.

NORMA ASTM F714



Globalplast

Fábrica de tuberías HDPE en Normas ISO y ASTM
Servicio de Termofusión

GLOBALPLAST ofrece el sistema completo de tuberías y accesorios de polietileno de alta densidad HDPE, fabricadas en nuestra moderna planta.

GLOBALPLAST tiene capacidad y tecnología para atender la demanda de diversas empresas del sector minero, pesquero, agrícola, telecomunicaciones, construcción e industria.

GLOBALPLAST elabora tuberías sólidas con normas ISO y ASTM. Nos comprometemos a brindarle un servicio personalizado, ágil y efectivo, de alta calidad y total respaldo técnico.

ASESORIA TECNICA DE AMPLIA EXPERIENCIA

Fabricamos tuberías HDPE de ½" a 20" bajo normas internacionales ISO 4427 y ASTM F714.

La elaboración de nuestros productos se realiza con materia prima importada y 100% VIRGEN la cual garantiza la calidad y durabilidad. Contamos con personal altamente calificado y modernos equipos de producción que le brindarán el mejor servicio.

Accesorios para tuberías HDPE corrugadas, codos, tees, yees y otros.

Servicio de termofusión de tuberías HDPE en diámetros de 1" a 24".

Lineas longitudinales en color para identificación de las tuberías según el requerimiento de nuestros clientes.

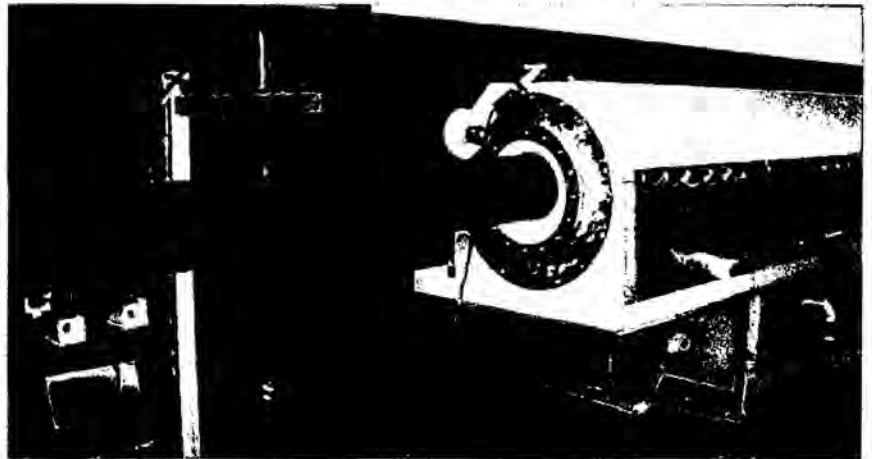
PRINCIPALES VENTAJAS DEL SISTEMA DE TUBERIAS HPDE

- Fácil de instalar.
 - Alta resistencia a la abrasión.
 - Bajo coeficiente de Fricción.
 - Alta resistencia a los rayos UV.
 - Se adapta a superficies sinuosas.
 - Inmune a los efectos corrosivos.
 - Bajo costo
 - Muy lisas y con bajo coeficientes de rugosidad
- ($n_{\text{Manning}} = 0.0009$ $c_{\text{Hazen Williams}} = 150$).

NORMA ASTM F714

Asesoría Técnica Especializada

Brindamos la mas completa asesoría técnica desde la parte de diseño, aplicación y selección de tuberías así como en el control de calidad para la termofusión e instalación, obteniendo con ello un servicio completo con la mejor calidad, garantía y seguridad.



ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA TUBERIA HDPE NORMA ASTM F714

Presion de Trabajo			SDR 7 (265psi)			SDR 9 (200psi)			SDR 11 (160psi)			SDR 13.5 (128psi)		
Diámetro Nominal	Diámetro Externo	Diámetro mm.	Diámetro Interno	Espesor Mínimo	Kg/mt.	Diámetro Interno	Espesor Mínimo	Kg/mt.	Diámetro Interno	Espesor Mínimo	Kg/mt.	Diámetro Interno	Espesor Mínimo	Kg/mt.
2"	2.375"	60,33	42,39	8,61	1,38	46,38	6,71	1,12	48,92	5,49	0,94	51,03	4,47	0,77
3"	3.500"	88,90	62,48	12,70	3,02	68,35	9,88	2,44	72,09	8,08	2,04	75,21	6,58	1,70
4"	4.500"	114,30	80,34	16,33	4,98	87,88	12,70	4,03	92,68	10,39	3,36	96,70	8,46	2,80
5"	5.563"	141,30	99,31	20,22	7,63	108,64	15,70	6,15	114,58	12,85	5,15	119,53	10,46	4,27
6"	6.625"	168,28	118,26	24,03	10,82	129,39	18,69	8,72	136,45	15,29	7,31	142,34	12,47	6,06
8"	8.625"	219,08	153,97	31,29	18,33	168,45	24,33	14,79	177,65	19,91	12,38	185,32	16,23	10,27
10"	10.750"	273,05	191,92	39,01	28,48	209,96	30,25	22,97	221,41	24,82	18,22	230,99	20,22	15,95
12"	12.750"	323,85	227,61	46,25	40,07	249,00	35,99	32,32	262,61	29,44	27,04	273,96	23,98	22,44
14"	14.000"	355,60	249,94	50,80	48,30	273,41	39,52	38,97	288,37	32,33	32,60	300,81	26,34	27,05
16"	16.00"	406,40	285,65	58,06	63,09	312,47	45,16	50,89	329,57	36,96	42,59	343,79	30,10	35,34
18"	18.00"	457,20	321,34	65,30	79,86	351,54	50,80	64,42	370,74	41,55	5,90	386,77	33,86	44,73
20"	20.00"	508,00	357,05	72,57	99,58	390,60	56,44	79,52	411,94	46,18	66,54	429,74	37,62	55,22
22"	22.00"	558,80	==	==	==	429,67	62,08	96,21	453,14	50,80	80,52	472,69	41,40	66,81
24"	24.00"	609,60	==	==	==	468,71	67,74	115,95	494,33	55,42	95,81	515,67	45,16	79,52
26"	26.00"	660,40	==	==	==	==	==	==	535,51	60,05	114,04	558,65	48,92	94,76
28"	28.00"	711,20	==	==	==	==	==	==	576,71	64,64	130,42	601,62	52,68	108,24
30"	30.00"	762,00	==	==	==	==	==	==	617,91	69,27	149,71	644,60	56,44	124,25
32"	32.00"	812,80	==	==	==	==	==	==	==	==	==	687,58	60,20	141,36
36"	36.00"	914,40	==	==	==	==	==	==	==	==	==	773,51	67,74	178,92
42"	42.00"	1066,80	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==
48"	48.00"	1219,20	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==	==

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA TUBERIA HDPE NORMA ASTM F714

Presion de Trabajo			SDR 15.5 (110psi)			SDR 17 (100psi)			SDR 21 (80psi)			SDR 26 (65 psi)			SDR 32.5 (50 psi)		
Diám. Nominal	Diám. Ext.	Diám. mm.	Diám. Int.	Esp. Mín.	Kg/mt.	Diám. Int.	Esp. Mín.	Kg/mt.	Diám. Int.	Esp. Mín.	Kg/mt.	Diám. Int.	Esp. Mín.	Kg/mt.	Diám. Int.	Esp. Mín.	Kg/mt.
2"	2.375"	60.33	52.22	3.89	0.62	52.93	3.56	0.62	==	==	==	==	==	==	==	==	==
3"	3.50"	88.90	78.96	5.74	1.49	78.03	5.23	1.37	80.09	4.24	1.12	81.79	3.43	0.91	==	==	==
4"	4.50"	114.30	98.96	7.37	2.45	100.30	6.73	2.26	102.97	5.44	1.85	105.16	4.39	1.50	106.98	3.51	1.22
5"	5.563"	141.30	122.33	9.12	3.76	124.00	8.31	3.45	127.30	6.73	2.83	130.00	5.44	2.31	132.26	4.34	1.86
6"	6.625"	168.28	145.69	10.85	5.33	147.68	9.91	4.90	151.61	8.00	4.00	154.81	6.48	3.27	157.51	5.18	2.63
8"	8.625"	219.08	189.69	14.12	9.03	192.28	12.88	8.29	197.38	10.44	6.79	201.55	8.43	5.54	205.05	6.73	4.46
10"	10.75"	273.05	236.40	17.63	14.03	239.65	16.05	12.87	246.00	13.00	10.55	251.21	10.49	8.60	255.57	8.41	6.93
12"	12.75"	323.85	280.39	20.90	19.75	284.23	19.05	18.11	291.77	15.42	14.84	297.94	12.45	12.10	303.12	9.96	9.76
14"	14.00"	355.60	307.87	22.94	23.81	312.09	20.93	21.84	320.37	16.94	17.89	327.15	13.67	14.60	332.84	10.95	11.77
16"	16.00"	406.40	351.87	26.21	31.10	356.67	23.90	26.52	366.14	19.35	23.36	373.89	15.62	19.06	380.39	12.50	15.37
18"	18.00"	457.20	395.86	29.49	39.36	401.27	26.90	36.10	411.91	21.77	29.58	420.62	17.58	24.12	427.94	14.07	19.45
20"	20.00"	508.00	439.83	32.77	48.60	445.85	29.87	44.58	457.08	24.18	36.52	467.36	19.53	29.77	475.49	15.62	24.02
22"	22.00"	558.80	483.82	36.04	58.79	490.42	32.87	53.94	503.45	26.62	44.18	514.10	21.49	36.02	523.04	17.20	29.05
24"	24.00"	609.60	527.79	39.32	69.97	535.03	35.86	64.19	549.22	29.03	51.10	560.83	23.44	42.87	570.59	18.77	34.58
26"	26.00"	660.40	571.81	42.60	83.44	579.63	38.84	76.57	595.00	31.45	62.77	607.57	25.40	51.22	618.13	20.32	41.32
28"	28.00"	711.20	615.77	45.87	95.25	649.58	41.83	87.36	640.77	33.86	71.57	654.30	27.36	58.36	665.68	21.89	47.07
30"	30.00"	762.00	659.74	49.15	109.34	688.76	44.83	100.29	686.54	36.30	82.15	701.04	29.31	66.99	713.23	23.44	54.03
32"	32.00"	812.80	703.73	52.45	124.40	713.36	47.80	114.11	732.28	38.71	93.48	747.78	31.27	76.23	760.78	25.02	61.47
36"	36.00"	914.40	791.69	59.00	157.45	802.51	53.80	144.43	823.82	43.54	118.31	841.25	35.18	96.47	855.88	28.14	77.79
42"	42.00"	1066.80	923.69	68.83	214.29	936.27	62.76	196.58	961.14	50.80	161.03	981.46	41.02	131.32	998.52	32.82	105.89
48"	48.00"	1219.20	==	==	==	1070.00	71.73	260.97	1098.45	58.06	210.31	1121.66	46.89	171.51	1141.17	37.52	138.31

Las tablas indican diámetro nominal en pulgadas, diámetro externo real en pulgadas y su equivalente en milímetros. Las resinas utilizadas cumplen con los requisitos de la Norma de ASTM 3350 de acuerdo a la clasificación por categoría de celda un PE 3408.

Anexo 05: Tabla de Secuencia ajuste y Torque para bridad de HDPE-HDPE y Acero-HDPE.

Tightening Sequence:

Number the bolts in rotation around the Lap-Joint Flange circumference in a clockwise order, beginning with the first bolt at the top in the nominal 12:00 position, the second being the next bolt to the right, the third being the next bolt to the right, etc, until all bolts are numbered sequentially.

Following the table below, tighten the given bolt number to the desired torque value for the given round of tightening as specified on the Torque Record Checklist.

TABLE 1 [refer to ASME Document PCC-1 for Bolt Sequences]

NUMBER OF BOLTS	CRISS-CROSS PATTERN TIGHTENING SEQUENCE
4	1-3-2-4
8	1-5-3-7 >> 2-6-4-8
12	1-7-4-10 >> 2-8-5-11 >> 3-9-6-12
16	1-9-5-13 >> 3-11-7-15 >> 2-10-6-14 >> 4-12-8-16
20	1-11-6-16 >> 3-13-8-18 >> 5-10-15-20 >> 2-12-7-17 >> 4-14-9-19
24	1-13-7-19>> 4-16-10-22>> 2-14-8-20 >> 5-17-11-23 >> 3-15-9-21 >> 6-18-12-24
28	1-15-8-22 >> 4-18-11-25 >> 6-20-13-27 >> 2-16-9-23 >>>> 5-19-12-26 >> 7-21-14-28 >> 3-17-10-24
32	1-17-9-25 >> 5-21-13-29 >> 3-19-11-27 >> 7-23-15-31 >> 2-18-10-26 >>>> >> 6-22-14-30 >> 4-20-12-28 >> 8-24-16-32
36	1-2-3 >> 19-20-21 >> 10-11-12 >> 28-29-30 >> 4-5-6 >> 22-23-24 >>>> >> 13-14-15 >> 31-32-33 >> 7-8-9 >> 25-26-27 >> 16-17-18 >> 34-35-36
40	1-2-3-4 >> 21-22-23-24 >> 13-14-15-16 >> 33-34-35-36 >> 5-6-7-8 >>>> 25-26-27-28 >> 17-18-19-20 >> 37-38-39-40 >> 9-10-11-12 >> 29-30-31-32
44	1-2-3-4 >> 25-26-27-28 >> 13-14-15-16 >> 37-38-39-40 >>>> 5-6-7-8 >> 29-30-31-32 >> 17-18-19-20 >> 41-42-43-44 >>>> 9-10-11-12 >> 33-34-35-36 >> 21-22-23-24
48	1-2-3-4 >> 25-26-27-28 >> 13-14-15-16 >> 37-38-39-40 >>>> 5-6-7-8 >> 29-30-31-32 >> 17-18-19-20 >> 41-42-43-44 >>>> 9-10-11-12 >> 33-34-35-36 >> 21-22-23-24 >> 45-46-47-48
52	1-2-3-4 >> 29-30-31-32 >> 13-14-15-16 >> 41-42-43-44 >> 5-6-7-8 >>>> 33-34-35-36 >> 17-18-19-20 >> 45-46-47-48 >> 21-22-23-24 >>>> 49-50-51-52 >> 25-26-27-28 >> 9-10-11-12 >> 37-38-39-40

The criss-cross bolt tightening sequence and multi-round tightening are necessary to counteract the flange / bolt elastic interaction.

TABLE 2**EXAMPLES OF ESTIMATED BOLT TORQUE TO "SEAT" HDPE FLANGE FACES:**

The **engineer of record** is usually responsible for establishing each flange joint criteria, and performing the required calculations to determine the initial and residual torque values.

These estimated values are based on non-plated bolts and studs, using a nut factor of $K=0.16$ for lightly greased bolts and nuts. The calculations uses a HDPE flange face seating stress of **1200-psi** as a minimum and **1800-psi** as a maximum, and assumes the flanged joint is between two HDPE flange adapters (in which the contact area is largest), without a rubber gasket.

NOTE: For bolting to ductile-iron pipe, steel flanges or butterfly valves, the flange face contact area is about half, so bolt torque for that flange pair will be measurably less (refer to Table #3).

IPS Nominal Pipe Size	LJF Bolt Diameter	Initial Number of Bolts	Minimum	Initial Maximum	Flange OD/ ID (Inches)
			Lubed Torque (Ft-Lbs)	Lubed Torque (Ft-Lbs)	
2"	0.625	4	23	35	3.9 / 1.94
3"	0.625	4	33	50	5.0 / 2.86
4"	0.625	8	33	50	6.6 / 3.68
5"	0.75	8	44	66	7.5 / 4.40
6"	0.75	8	50	75	8.5 / 5.42
8"	0.75	8	80	120	10.63 / 6.76
10"	0.875	12	80	120	12.75 / 8.79
12"	0.875	12	105	160	15.00 / 10.43
14"	1.000	12	180	270	17.50 / 11.45
16"	1.000	16	180	270	20.00 / 13.09
18"	1.125	16	200	300	21.12 / 14.73
20"	1.125	20	200	300	23.50 / 16.36
22"	1.25	20	260	390	25.60 / 18.00
24"	1.25	20	290	435	28.00 / 19.64
26"	1.25	24	290	435	30.00 / 21.27
28"	1.25	28	290	435	32.30 / 22.91
30"	1.25	28	325	488	34.30 / 24.54
32"	1.50	28	425	640	36.50 / 26.18
34"	1.50	32	425	640	38.50 / 27.82
36"	1.50	32	460	690	40.80 / 29.45
40"	1.50	36	460	690	46.00 / 35.29
42"	1.50	36	460	690	47.50 / 37.06
48"	1.50	44	460	690	54.00 / 43.43
54"	1.75	44	560	840	60.00 / 48.86

NOTE: Uniform bolt pre-load (torque), without large "scatter", is as useful as the target pre-load. Within the limits of the HDPE flange adapter, gasket, or metal LJF, higher pre-load is desirable. The higher the pre-load safely achievable, the more closely the assembly will behave like the theoretical model and seal well. Higher pre-load means that a given internal pressure will result in the least possible change in contact sealing pressure. Be consistent (avoid changes) with materials and tools when following written assembly procedures.

Train and supervise the bolting personnel. Tell the crew what is to be accomplished, why, and explain that good results are not automatically achieved. Skill and care are essential. Bolted Joint assembly is a technical skill that is not common in the construction and maintenance profession, being considered more like a specialty. There is no universally accepted testing, nor certification, of bolted-joint assembly mechanics. With no common training, certification, nor standards, it is no surprise there is +/- 25% variability in assembly torque. Specifications and instructions by the engineer, followed by trained mechanics, help to solve the dilemma.

(NOTE: Consult ASME Document PCC-1, Appendix A for training and certification of bolted joint assemblers)

TABLE 3

Examples of Estimated Bolt Torque to “Seat” the HDPE Flange Face To

A Butterfly-Valve, Steel Pipe Flange, or Ductile Iron Flange.

The engineer of record is usually responsible for establishing each flange joint criteria, and performing the required calculations to determine the initial and residual torque values.

These estimated liberally lubricated torque values assume the flanged joint connects one HDPE flange-adapter to a Butterfly-Valve or Steel Pipe flange of Schedule 40 ID, or a Ductile-Iron flange. For bolting to steel flanges or butterfly valves, the flange face contact area is just over half that of HDPE to HDPE flanges, so calculated bolt torque for this flange pair will be measurably less than the values listed in Table #2.

Dimensional flange data should be obtained for each case from the pipe flange suppliers, so as to be able to calculate the face contact area.

These estimated values are based on non-plated bolts and studs, using a K=0.16 for lightly greased bolts and nuts. These calculations use an HDPE material minimum and maximum compressive seating stress of **1200-psi to 1800-psi**.

IPS Nominal Pipe Size	LJF Bolt Dia. (inches)	Initial Minimum		Initial Maximum	HDPE Flange OD Steel Pipe ID (inches)
		Number of Bolts	Lubed Torque (Ft-Lbs)	Lubed Torque (Ft-Lbs)	
2"	0.625	4	22	32	3.90 / 2.067
3"	0.625	4	30	45	5.00 / 3.068
4"	0.625	8	30	45	6.60 / 4.026
5"	0.75	8	44	66	7.50 / 4.40
6"	0.75	8	44	66	8.50 / 6.06
8"	0.75	8	58	88	10.63 / 7.98
10"	0.875	12	58	88	12.75 / 10.02
12"	0.875	12	75	114	15.00 / 11.94
14"	1.000	12	140	210	17.50 / 13.13
16"	1.000	16	140	210	20.00 / 15.00
18"	1.125	16	140	210	21.12 / 16.88
20"	1.125	20	140	210	23.50 / 18.81
22"	1.25	20	160	240	25.60 / 21.25
24"	1.25	20	180	270	28.00 / 23.25
26"	1.25	24	180	270	30.00 / 25.25
28"	1.25	28	180	270	32.30 / 27.25
30"	1.25	28	180	270	34.30 / 29.25
32"	1.50	28	240	360	36.50 / 31.00
34"	1.50	32	240	360	38.50 / 33.00
36"	1.50	32	260	390	40.80 / 35.00
40"	1.50	36	310	465	46.00 / 39.00
42"	1.50	36	310	465	47.50 / 41.00
48"	1.50	44	310	465	54.00 / 47.00
54"	1.75	44	365	550	60.00 / 53.00

Train and supervise the bolting personnel. Tell the crew what is to be accomplished, why, and explain that good results are not automatically achieved. Skill and care are essential. Bolted Joint assembly is a technical skill that is not common in the construction and maintenance profession, being considered more like a specialty. There is no universally accepted testing, nor certification, of bolted-joint assembly mechanics. With no common training, certification, nor standards, it is no surprise there is +/- 25% variability in assembly torque. Specifications and instructions by the engineer, followed by trained mechanics, help to solve the dilemma. (Note: Consult ASME PCC-1, Appendix A)

Anexo 06: Tabla de parámetros de termofusion – VALVULA INDUSTRIALES.

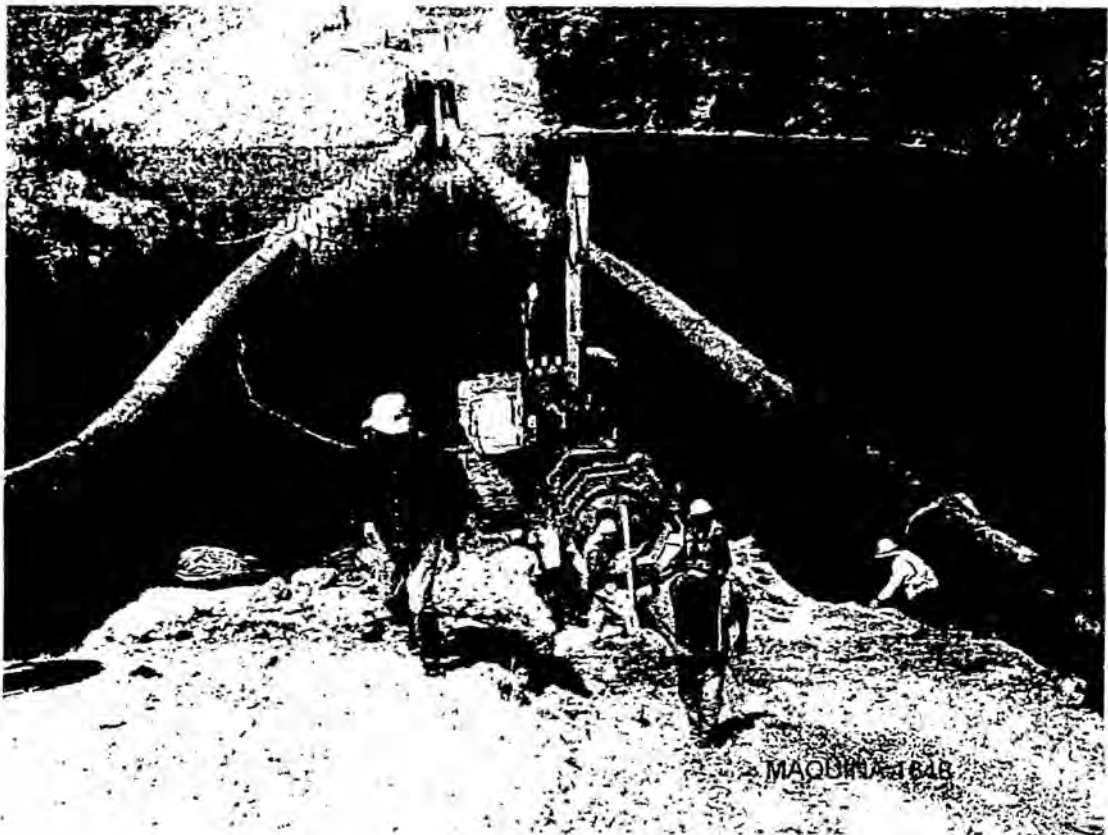


VALVULAS INDUSTRIALES S.A.



PARAMETROS DE TERMOFUSION

TALLER HDPE



Enero-2010

OD			SDR	Nominal ID		Minimum Wall		Weight	
Nominal in.	Actual			in.	mm.	in.	mm.	lb. per foot	kg. per meter
	in.	mm.							
16	16.000	406.40	7	11.246	285.65	2.286	58.06	42.40	63.09
			7.3	11.441	290.60	2.192	55.68	40.94	60.92
			9	12.302	312.47	1.778	45.16	34.20	50.89
			9.3	12.422	315.52	1.720	43.69	33.23	49.45
			11	12.975	329.57	1.455	36.96	28.62	42.59
			11.5	13.106	332.89	1.391	35.33	27.49	40.91
			13.5	13.535	343.79	1.185	30.10	23.75	35.34
			15.5	13.853	351.87	1.032	26.21	20.90	31.10
			17	14.042	356.67	0.941	23.90	19.17	28.52
			21	14.415	366.14	0.762	19.35	15.70	23.36
			26	14.720	373.89	0.615	15.62	12.81	19.06
			32.5	14.976	380.39	0.492	12.50	10.33	15.37
18	18.000	457.20	7	12.651	321.34	2.571	65.30	53.67	79.86
			7.3	12.871	326.92	2.466	62.64	51.81	77.09
			9	13.840	351.54	2.000	50.80	43.29	64.42
			9.3	13.974	354.94	1.935	49.15	42.06	62.59
			11	14.596	370.74	1.636	41.55	36.22	53.90
			11.5	14.744	374.50	1.565	39.75	34.80	51.78
			13.5	15.227	386.77	1.333	33.86	30.06	44.73
			15.5	15.585	395.86	1.161	29.49	26.45	39.36
			17	15.798	401.27	1.059	26.90	24.26	36.10
			21	16.217	411.91	0.857	21.77	19.88	29.58
			26	16.560	420.62	0.692	17.58	16.21	24.12
			32.5	16.848	427.94	0.554	14.07	13.07	19.45
20	20.000	508.00	7.3	14.301	363.25	2.740	69.60	63.97	95.19
			9	15.378	390.60	2.222	56.44	53.44	79.52
			9.3	15.527	394.39	2.151	54.64	51.92	77.26
			11	16.218	411.94	1.818	46.18	44.72	66.54
			11.5	16.383	416.13	1.739	44.17	42.96	63.92
			13.5	16.919	429.74	1.481	37.62	37.11	55.22
			15.5	17.316	439.83	1.290	32.77	32.66	48.60
			17	17.553	445.85	1.176	29.87	29.96	44.58
			21	18.019	457.08	0.952	24.18	24.54	36.52
			26	18.400	467.36	0.769	19.53	20.01	29.77
			32.5	18.720	475.49	0.615	15.62	16.14	24.02
22	22.000	558.80	9	16.916	429.67	2.444	62.08	64.66	96.21
			9.3	17.080	433.83	2.366	60.10	62.83	93.49
			11	17.840	453.14	2.000	50.80	54.11	80.52
			11.5	18.021	457.73	1.913	48.59	51.98	77.35
			13.5	18.610	472.69	1.630	41.40	44.90	66.81
			15.5	19.048	483.82	1.419	36.04	39.51	58.79
			17	19.308	490.42	1.294	32.87	36.25	53.94
			21	19.821	503.45	1.048	26.62	29.69	44.18
			26	20.240	514.10	0.846	21.49	24.21	36.02
			32.5	20.592	523.04	0.677	17.20	19.52	29.05



Revised 04-07-2009

PE4710 (PE3408)

IPS Size and Dimension Data

DriscoPlex[®] Municipal & Industrial & Energy Series/IPS Pipe Data

Pressure Ratings are calculated using 0.63 design factor for HDS at 73°F as listed in PPI TR-4 for PE 4710 materials. Temperature, Chemical, and Environmental use considerations may require use of additional design factors.

IPS Pipe Size	125 psi DR 17.0			100 psi DR 21.0			80 psi DR 26.0			63 psi DR 32.5				
	Nominal OD (in)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	IPS Pipe Size
1 1/4"	1.660													1 1/4"
1 1/2"	1.900													1 1/2"
2"	2.375	0.140	2.078	0.43										2"
3"	3.500	0.206	3.063	0.94										3"
4"	4.500	0.265	3.938	1.55	0.214	4.046	1.27							4"
6"	6.625	0.390	5.798	3.36	0.315	5.957	2.75	0.255	6.084	2.24	0.204	6.193	1.81	6"
8"	8.625	0.507	7.550	5.69	0.411	7.754	4.66	0.332	7.921	3.80	0.255	8.063	3.07	8"
10"	10.750	0.632	9.410	8.83	0.512	9.665	7.24	0.413	9.874	5.91	0.331	10.048	4.77	10"
12"	12.750	0.750	11.160	12.43	0.607	11.463	10.19	0.480	11.711	8.31	0.392	11.919	6.71	12"
14"	14.000	0.824	12.253	14.98	0.667	12.586	12.28	0.538	12.859	10.02	0.431	13.086	8.09	14"
16"	16.000	0.941	14.005	19.57	0.762	14.385	16.04	0.615	14.695	13.09	0.492	14.957	10.56	16"
18"	18.000	1.059	15.755	24.77	0.857	16.183	20.30	0.682	16.533	16.57	0.554	16.826	13.37	18"
20"	20.000	1.176	17.507	30.58	0.952	17.982	25.07	0.769	18.370	20.45	0.615	18.696	16.50	20"
22"	22.000	1.294	19.257	37.00	1.048	19.778	30.33	0.846	20.206	24.75	0.677	20.565	19.97	22"
24"	24.000	1.412	21.007	44.03	1.143	21.577	36.10	0.923	22.043	29.45	0.738	22.435	23.76	24"
26"	26.000	1.529	22.759	51.67	1.238	23.375	42.36	1.000	23.880	34.57	0.800	24.304	27.89	26"
28"	28.000	1.647	24.508	59.93	1.333	25.174	49.13	1.077	25.717	40.09	0.862	26.173	32.34	28"
30"	30.000	1.765	26.258	68.80	1.429	26.971	56.40	1.164	27.554	46.02	0.923	28.043	37.13	30"
32"	32.000	1.882	28.010	78.28	1.524	28.769	64.17	1.231	29.390	52.36	0.985	29.912	42.24	32"
34"	34.000	2.000	29.760	88.37	1.619	30.568	72.44	1.306	31.227	59.11	1.046	31.782	47.69	34"
36"	36.000	2.118	31.510	99.07	1.714	32.366	81.21	1.385	33.064	66.27	1.108	33.651	53.46	36"
42"	42.000	2.471	36.761	134.94	2.000	37.760	110.54	1.615	38.576	90.20	1.292	39.261	72.77	42"
48"	48.000	2.824	42.013	176.12	2.286	43.154	144.38	1.846	44.086	117.81	1.477	44.869	95.05	48"
54"	54.000				2.571	48.549	182.73	2.077	49.597	149.10	1.662	50.477	120.29	54"

Pipe weights are calculated in accordance with PPI TR-7. Average inside diameter is calculated using nominal OD and Minimum wall plus 6% for use in estimating fluid flows. Actual ID will vary. When designing components to fit the pipe ID, refer to pipe dimension and tolerances in the applicable pipe manufacturing specification.



Revised 04-07-2009
PE4710 (PE3408)

IPS Size and Dimension Data DriscoPlex[®] Municipal & Industrial & Energy Series/IPS Pipe Data

Pressure Ratings are calculated using 0.63 design factor for HDS at 73°F as listed in PPI TR-4 for PE 4710 materials. Temperature, Chemical, and Environmental use considerations may require use of additional design factors.

IPS Pipe Size	317 psi DR 7.3			250 psi DR 9.0			200 psi DR 11.0			160 psi DR 13.5			
	Nominal OD (in)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)	Minimum Wall (in)	Average ID (in)	Weight (lbs/ft)
1 1/4"	1.660	0.227	1.179	0.45	0.184	1.270	0.37	0.151	1.340	0.31	0.123	1.399	0.26
1 1/2"	1.900	0.280	1.349	0.59	0.211	1.453	0.49	0.133	1.533	0.41	0.141	1.601	0.34
2"	2.375	0.325	1.686	0.92	0.284	1.815	0.77	0.216	1.917	0.64	0.176	2.002	0.53
3"	3.500	0.479	2.485	1.99	0.389	2.675	1.66	0.318	2.826	1.39	0.259	2.951	1.16
4"	4.500	0.618	3.194	3.29	0.500	3.440	2.75	0.409	3.633	2.31	0.333	3.794	1.92
6"	6.625	0.908	4.700	7.12	0.738	5.065	5.96	0.692	5.349	5.00	0.491	5.584	4.15
8"	8.625	1.182	6.119	12.07	0.958	6.594	10.11	0.784	6.963	8.47	0.639	7.270	7.04
10"	10.750	1.473	7.627	18.75	1.194	8.219	15.70	0.977	8.679	13.16	0.796	9.062	10.93
12"	12.750	1.747	9.046	26.38	1.417	9.746	22.08	1.159	10.293	18.51	0.944	10.749	15.38
14"	14.000	1.918	9.934	31.81	1.556	10.701	26.63	1.273	11.301	22.32	1.037	11.802	18.54
16"	16.000	2.192	11.353	41.55	1.778	12.231	34.78	1.455	12.915	29.15	1.185	13.488	24.22
18"	18.000	2.486	12.772	52.58	2.000	13.760	44.02	1.636	14.532	36.89	1.333	15.174	30.65
20"	20.000	2.740	14.191	64.91	2.222	15.289	54.34	1.818	16.146	45.54	1.481	16.860	37.84
22"	22.000	3.014	15.610	78.55	2.444	16.819	65.75	2.000	17.760	55.10	1.630	18.544	45.79
24"	24.000	3.288	17.029	93.48	2.667	18.346	78.25	2.182	19.374	65.58	1.778	20.231	54.49
26"	26.000				2.889	19.875	91.84	2.384	20.988	76.96	1.926	21.917	63.95
28"	28.000				3.111	21.405	106.51	2.545	22.605	89.26	2.074	23.603	74.17
30"	30.000				3.333	22.934	122.27	2.727	24.219	102.47	2.222	25.289	85.14
32"	32.000							2.909	25.833	116.58	2.370	26.976	96.87
34"	34.000							3.081	27.447	131.61	2.519	28.660	109.36
36"	36.000							3.273	29.061	147.55	2.667	30.346	122.60
42"	42.000												
48"	48.000												
54"	54.000												

Pipe weights are calculated in accordance with PPI TR-7. Average inside diameter is calculated using nominal OD and Minimum wall plus 6% for use in estimating fluid flows. Actual ID will vary. When designing components to fit the pipe ID, refer to pipe dimension and tolerances in the applicable pipe manufacturing specification. Visit www.performancepipe.com for the most current literature.



PARAMETROS DE FUSION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS HDPE

DOC N°: TF-VISA-05
REVISION: 02
FECHA: Enero 2010

Diam. Exterior	Pulg.	mm	SDR	Espesor		Peso	PARAMETROS										Tiempo min		Ancho de Rodon		Espesor de Rodon			
				Pulg.	mm		A Pistón	Manu	#4	71	#11	78	#11	78	#11	78	#11	78	Calent.	Fusion	Pulg.	mm	Pulg.	mm
				lb/ft	psi		psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi	psi
1	25.4	11	0.145	2.59	0.21	430	221	M								00:05	3	1/16"	3.18	1/16"	1.59			
1 1/2	38.1	11	0.173	4.39	0.41	430	221	M								01:00	5	1/16"	3.18	1/16"	1.59			
2	50.8	11	0.216	5.49	0.64	430	221	M	53							01:00	6	1/16"	3.18	1/16"	1.59			
2	50.8	9	0.264	6.71	0.75	430	221	M	58							02:03	7	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
3	76.2	17	0.221	5.23	1.15	430	221	M	64							01:00	6	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
3	76.2	11	0.318	8.06	1.39	430	221	M	81							02:30	8	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
3	76.2	9	0.389	9.88	1.64	430	221	M	91							02:50	10	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
4	101.6	25	0.162	4.11	1.47	430	221	M	67	45	45					01:00	5	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
4	101.6	17	0.265	6.73	1.54	430	221	M	86	52	52					02:30	6	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
4	101.6	11	0.409	10.39	2.29	430	221	M	114	63	63					02:50	11	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
4	101.6	9	0.5	12.7	2.71	430	221	M	130	70	70					04:20	12	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
4	101.6	7	0.643	16.33	3.35	430	221	M	154	80	80					03:30	16	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
6	152.4	26	0.253	6.43	2.23	430	221	f--f--	111	62	62					02:30	7	1/8"	6.35	1/8"	4.76			
6	152.4	17	0.39	9.91	3.34	430	221	f--f--	152	79	79					02:50	10	1/8"	6.35	1/8"	4.76			
6	152.4	11	0.602	15.29	4.91	430	221	f--f--	211	103	103					03:00	15	1/8"	6.35	1/8"	4.76			
6	152.4	9	0.736	19.69	5.66	430	221	f--f--	247	117	117					04:00	18	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
6	152.4	7	0.946	24.03	7.27	430	221	f--f--	299	137	137					04:30	24	1/8"	6.35	1/8"	3.18			
8	203.2	26	0.332	8.43	3.79	430	221	f--f--	168	85	85					02:40	8	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
8	203.2	17	0.507	12.86	5.65	430	221	f--f--	236	112	112					02:50	13	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
8	203.2	11	0.784	19.91	8.32	430	221	f--f--	338	153	153					04:00	19	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
8	203.2	9	0.958	24.33	9.94	430	221	f--f--	398	177	177					04:20	24	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
8	203.2	7	1.232	31.29	12.32	430	221	f--f--	486	212	212					05:40	31	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
10	254	26	0.413	10.49	5.87	430	221	f--f--		115	115					02:50	10	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
10	254	17	0.632	16.05	8.78	430	221	f--f--		158	158					03:00	16	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
10	254	11	0.977	24.82	13.09	430	221	f--f--		221	221					04:30	25	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
10	254	9	1.194	30.33	15.61	430	221	f--f--		258	258					05:40	30	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
10	254	7	1.536	39.01	19.14	430	221	f--f--		313	313					06:40	39	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
12	304.8	26	0.49	12.45	11.71	430	221	f--f--		150	150					02:40	13	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
12	304.8	17	0.75	19.05	12.36	430	221	f--f--		210	210					04:20	19	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
12	304.8	11	1.159	29.44	18.17	430	221	f--f--		299	299					05:45	29	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
12	304.8	9	1.417	35.99	21.72	430	221	f--f--		351	351					06:00	36	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
12	304.8	7	1.821	46.25	26.93	430	221	f--f--		428	428					07:15	46	3/16"	9.53	3/16"	4.76			
14	355.6	26	0.538	13.67	9.96	430	221	f--f--			175					02:50	14	1/4"	12.7	1/4"	6.35			
14	355.6	17	0.824	20.93	14.91	430	221	f--f--			247					04:10	21	1/4"	12.7	1/4"	6.35			
14	355.6	9	1.556	39.52	26.5	430	221	f--f--			417					06:45	40	1/4"	12.7	1/4"	6.35			
16	406.4	17	0.941	23.9	19.17	430	221	f--f--			313					04:30	24	1/4"	12.7	1/4"	6.35			
16	406.4	11	1.455	36.96	28.62	430	221	f--f--			453					06:00	37	1/4"	12.7	1/4"	6.35			
16	406.4	9	1.778	45.16	34.2	430	221	f--f--			536					07:15	45	1/4"	12.7	1/4"	6.35			
18	457.2	26	0.692	17.58	16.47	430	221	f--f--			270					04:00	18	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
18	457.2	17	1.059	26.9	24.64	430	221	f--f--			389					04:50	27	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
18	457.2	9	2.000	50.8	43.79	450	232	f--f--			670					07:30	50	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
20	508	17	1.176	29.87	30.41	450	232	f--f--				207				05:45	30	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
20	508	9	2.222	56.44	54.05	450	232	f--f--				346				08:00	56	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
22	558.8	17	1.294	32.87	36.25	450	232	f--f--				244				05:45	33	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
24	609.6	17	1.412	35.86	43.81	450	232	f--f--				285				06:00	36	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
24	609.6	11	2.182	55.42	65.24	450	232	f--f--				411				08:00	55	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
24	609.6	9	2.581	65.56	74.77	450	232	f--f--				485				09:30	66	5/16"	15.88	5/16"	7.94			
28	711.2	26	1.077	27.36	39.88	450	232	f--f--				262				05:40	27	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
28	711.2	17	1.647	41.83	59.62	450	232	f--f--				377				06:40	41	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
28	711.2	11	2.545	64.64	87.65	450	232	f--f--				549				09:30	64	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
30	762	17	1.765	44.82	68.74	450	232	f--f--				429	404			07:15	44	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
30	762	11	2.727	69.27	100.61	450	232	f--f--				625	588			09:50	69	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
32	812.8	26	1.231	31.27	52.1	450	232	f--f--				333	314			05:45	31	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
32	812.8	17	1.882	47.8	77.86	450	232	f--f--				484	455			07:15	48	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
34	863.6	17	2	50.8	87.91	450	232	f--f--				542	510			07:30	50	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
34	863.6	11	3.091	78.51	130.93	450	232	f--f--				795	746			10:20	79	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
36	914.4	17	2.118	53.8	97.06	450	232	f--f--				604	568			08:00	54	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
36	914.4	13.5	2.667	67.74	120.34	450	232	f--f--				741	697			09:50	68	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
42	1066.8	17	2.471	62.76	132.11	450	232	f--f--				762	762			09:30	62	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
48	1219.2	21	2.287	58.06	141.34	450	232	f--f--					814			08:40	58	7/16"	22.23	7/16"	11.11			
48	1219.2	26	1.846	46.89	115.26	450	2																	



VALVULAS INDUSTRIALES S.A.



PRESIONES DE FUSION DE MAQUINAS DE TERMOFUSION Mc ELROY

MAQUINA Modelo: 28 y TracStar Area de Piston: 4.71 in²

Diámetro	SDR									
	7	9	11	13.5	15.5	17	19	21	26	32.5
2"	65	58	53	49	47	46				
3"	105	91	81	72	67	64	61	58	53	
4"	154	130	114	99	91	86	81	76	67	60
5"	220	183	158	136	123	116	107	100	87	76
6"	299	247	211	181	163	152	139	130	111	95
7"	341	281	240	204	183	171	157	145	124	106
8"	486	398	338	285	255	236	216	199	168	141

MAQUINA Modelo: 412 - 618 Area de Piston: 11.78 in²

Diámetro	SDR									
	7	9	11	13.5	15.5	17	19	21	26	32.5
4"	80	70	63	58	54	52	50	48	45	42
5"	106	91	81	72	67	64	61	58	53	48
6"	137	117	103	90	83	79	74	70	62	56
7"	154	130	114	100	91	86	81	76	68	60
8"	212	177	153	132	120	112	104	97	85	74
10"	313	258	221	189	170	158	145	135	115	99
12"	428	351	299	253	226	210	192	177	150	127
14"	510	417	354	299	267	247	225	208	175	147
16"	657	536	453	381	339	313	285	262	219	183
18"	824	670	566	474	421	389	353	324	270	223

MAQUINA, Modelo: 824 y 1236 Area de Piston: 29.44 in²

Diámetro	SDR									
	7	9	11	13.5	15.5	17	19	21	26	32.5
8"	103	89	79	71	66	63	60	57	52	48
10"	143	121	106	93	86	81	76	72	64	58
12"	189	158	138	119	109	102	95	89	78	69
14"	222	185	160	138	125	117	108	101	88	77
16"	281	232	199	171	154	143	132	123	106	91
18"	348	286	244	208	187	174	159	148	126	107
20"	422	346	295	250	223	207	190	175	148	125
21.5"	483	395	336	284	253	235	214	198	167	140
22"	504	413	350	296	264	244	223	206	173	146
24"	594	485	411	346	308	285	260	239	200	167
26"		564	477	401	357	330	300	275	230	191
28"		650	549	460	409	377	343	315	262	217
30"		741	625	524	465	429	389	357	296	245
32"		839	707	592	525	484	439	402	333	274
34"			795	665	588	542	491	450	372	306
36"			887	741	656	604	547	500	414	339

Incluye Presion de Arrastre: 30 psi

Temperatura de Heater: 425° F +

Presion Interfacial: 75 psi

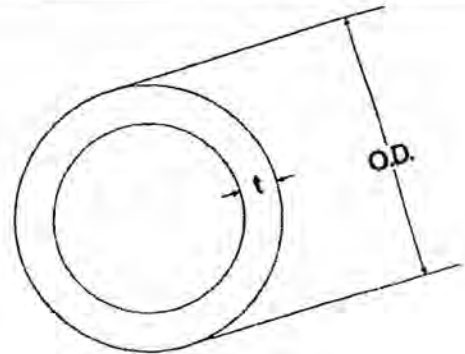
MAQUINA, Modelo: 1648 y 2065 Area de Piston: 31.42 in²

Diámetro	SDR									
	7	9	11	13.5	15.5	17	19	21	26	32.5
16"	265	220	189	162	146	136	126	117	101	87
18"	328	270	231	197	177	165	151	140	120	102
20"	397	326	278	236	211	196	180	166	141	119
21.5"	454	372	316	268	239	222	203	187	158	133
22"	474	388	330	279	249	231	211	195	164	138
24"	559	457	387	326	291	269	245	226	190	159
26"		531	449	378	336	311	283	260	217	181
28"		611	516	433	385	355	323	297	247	205
30"		697	588	493	437	404	367	336	280	231
32"		788	665	557	493	455	413	378	314	259
34"			746	625	553	510	462	423	351	289
36"			833	697	617	568	515	471	389	320
40"				827	732	674	610	557	460	377
42"				937	828	762	690	630	519	425
48"					987	897	814	769	669	545
51.5"						1022	932	866	766	623
54"							1022	932	839	682
63"								1380	1131	918

Determining Fusion Pressure

Variable Definitions

- O.D. = Outside Diameter
- t = Wall Thickness
- π = 3.1416
- SDR = Standard Dimensional Ratio
- IFP = Manufacturer's Recommended Interfacial Pressure
- TEPA = Total Effective Piston Area

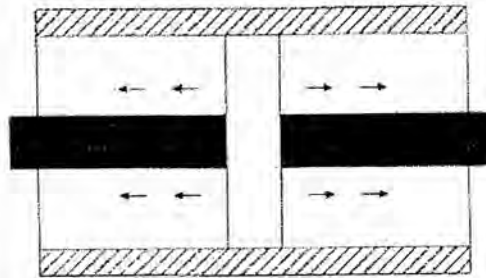


Formulas

$$t = \frac{\text{O.D.}}{\text{SDR}}$$

$$\text{AREA} = (\text{O.D.} - t) \times t \times \pi$$

$$\text{FORCE} = \text{AREA} \times \text{IFP}$$



$$\text{GAUGE PRESSURE} = \frac{(\text{O.D.} - t) \times t \times \pi \times \text{IFP}}{\text{TEPA}} + 30 \text{ PSI DRAG}$$

Total Effective Piston Areas

Fusion Model	High Force (Standard)	Medium Force (High Velocity)	Low Force (Extra High Velocity)
28	4.710	-	1.66
412	11.775	6.013	3.142
618	11.775	6.013	3.142
824	29.44	15.32	9.425
1236	29.44	15.32	9.425
1648	31.42	14.14	-

Example

- Pipe Size = 8" IPS
- O.D. of Pipe = 8.625
- SDR of Pipe = 11
- Recommended Interfacial Pressure = 75 PSI
- Using a Model 28 Fusion Unit

$$t = \frac{\text{O.D.}}{\text{SDR}} = \frac{8.625}{11} = .784$$

$$\text{TEPA} = 4.710 \text{ (From Table)}$$

$$\text{GAUGE PRESSURE} = \frac{(\text{O.D.} - t) \times t \times \pi \times \text{IFP}}{\text{TEPA}} + 30 \text{ PSI DRAG}$$

$$\text{GAUGE PRESSURE} = \frac{(8.625 - .784) \times .784 \times 3.1416 \times 75}{4.710} + 30 \text{ PSI DRAG} = 338 \text{ PSI}$$

Procedimiento para la máquina hidráulica de fusión a tope

Guía de detección de fallas en la unión por fusión a tope

Condición observada	Posible causa
Un cordón más grande que el otro	Desalineación; componente que se desliza en el fijador; equipo desgastado; refrentado incompleto
El cordón no se enrolla sobre la superficie	Canal en v superficial - calentamiento insuficiente y fuerza de unión insuficiente; Canal en v profundo - calentamiento insuficiente y fuerza de unión excesiva
Borde externo cuadrado del cordón	Presión durante el calentamiento
Ancho excesivo del cordón doble	Sobrecalentamiento; fuerza de unión excesiva
Parte superior plana en el cordón	Fuerza de unión excesiva; sobrecalentamiento
Cordones demasiado pequeños	Calentamiento insuficiente; fuerza de unión insuficiente
Cordones demasiado grandes	Tiempo de calentamiento excesivo
Superficie del cordón de fusión rugosa, como lija, con burbujas o con picaduras	Contaminación con hidrocarburos
Canal en v demasiado profundo en el cordón doble	Fuerza de unión excesiva; calentamiento insuficiente; aplicación de presión durante el calentamiento
Tamaño irregular del cordón alrededor de la unión	Desalineación; herramienta de calentamiento defectuosa; equipo desgastado; refrentado incompleto
Un tercer cordón	Fuerza de unión excesiva

Ubicación del tubo para la siguiente unión

Mueva la máquina de fusión al extremo del tubo o saque el tubo de las mordazas hasta que el extremo del tubo sobresalga más de 1" de los límites de las mordazas fijas.

*esta distancia cambia con el tipo de máquina de fusión



Instale una nueva pieza de tubo

Coloque una nueva pieza de tubo en las mordazas móviles y repita todos los procedimientos previos.





VALVULAS INDUSTRIALES S.A.



MEDIDAS Y CAPACIDAD DE MAQUINAS TERMOFUSION

Mc ELROY - USA

Medidas	Modelo 14	Modelo 28	Modelo 412	Modelo 618	Modelo 1236	Modelo 1648
Longitud	419mm(16.5")	1638mm(64.5")	2159mm(85")	2159mm(85")	3226mm(127")	3886mm(153")
Ancho	394mm(15.5")	940mm(37")	1245mm(49")	1270mm(50")	1753mm(69")	2413mm(95")
Altura	406mm(16")	1283mm(50.5")	1168mm(46")	1321mm(52")	1651mm(65")	2210mm(87")
Peso	22.01lbs(30.21kg)	575lbs(260.8kg)	1225lbs(556kg)	1335lbs(606kg)	6842lbs(3104kg)	8800lbs(3992kg)
ALIMENTACION						
Heater	1200w	3000w	3000w	3000w	20,461w	35000 Wats
Facer	0-5 HP 7amp-240v	Hidraulico	Hidraulico	Hidraulico	Hidraulico	Hidraulica
Voltaje Entrada	200-240v/50/60hz	220v,50Hz,1Ph	220-240v,50/60hz,3ph	220-240v,50/60hz,3ph	220-240v,50/60hz,3ph	220v-240v,50-60hz,3ph
Minimo Aliment.	2.5 KV	5.2KVA,4.8KW	6.2KVA/5.8KW	8.0KVA/7.4KW	39.4KVA/37.7KW	45KVA/43.8WV
Presion		1200psi(82.737Bar)	1200psi(82.737Bar)	1200psi(82.737Bar)	2300psi(158bar)	1500psi(103.42 bar)
A.Hidraulico		5g(18.92lts)	6g(22.71lts)	6g(22.71lts)	28g(106lts)	33g(125lt)
Area Piston		4.71 in2	11.78 in2	11.78 in2	29.44 in2	31.42 in2



VALVULAS INDUSTRIALES S.A.



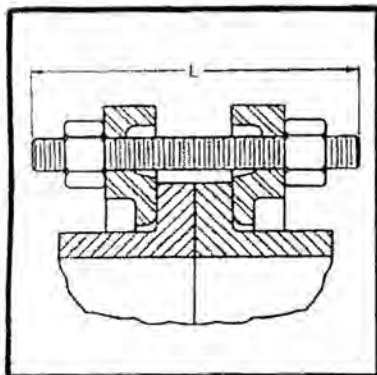
DIMENSIONES DE BRIDAS CLASS 150-300

ANSI-B16.5

Clase	Diam.OD	BRIDA		Diam.Circ. del Perno	Aguj.Perno	Pernos		Long.Perno
		Diametro	Espesor			Nº	Diam.	
	1/2"	3.50	0.44			4	1/2"	2.1/2"
	3/4"	3.88	0.50			4	1/2"	2.1/2"
	1"	4.25	0.56			4	1/2"	2.3/4"
	1.1/4"	4.62	0.62			4	1/2"	2.3/4"
	1.1/2"	5.00	0.69			4	1/2"	3"
	2"	6.00	0.75	4.3/4"	3/4"	4	5/8"	3.1/4"
	2.1/2"	7.00	0.88	5.1/2"	3/4"	4	5/8"	3.1/2"
	3"	7.50	0.94	6"	3/4"	4	5/8"	3.3/4"
	3.1/2"	8.50	0.94	7"	3/4"	8	5/8"	3.3/4"
	4"	9.00	0.94	7.1/2"	3/4"	8	5/8"	3.3/4"
	5"	10.00	0.94	8.1/2"	7/8"	8	3/4"	4"
Clase	6"	11.00	1.00	9.1/2"	7/8"	8	3/4"	4"
150	8"	13.50	1.12	11.3/4"	7/8"	8	3/4"	4.1/4"
	10"	16.00	1.19	14.1/4"	1"	12	7/8"	4.3/4"
	12"	19.00	1.25	17"	1"	12	7/8"	4.3/4"
	14"	21.00	1.38	18.3/4"	1.1/8"	12	1"	5.1/4"
	16"	23.50	1.44	21.1/4"	1.1/8"	16	1"	5.1/2"
	18"	25.00	1.56	22.3/4"	1.1/4"	16	1.1/8"	6"
	20"	27.50	1.69	25"	1.1/4"	20	1.1/8"	6.1/4"
	24"	32.00	1.88	29.1/2"	1.3/8"	20	1.1/4"	7"
	30"	38.75	2.94			28	1.1/4"	9"
	36"	46.00	3.56			32	1.1/2"	9"
	42"	53.00	3.81			36	1.1/2"	11"
	48"	59.50	4.25			44	1.1/2"	11"

	1/2"	3.75	0.56			4	1/2"	2.3/4"
	3/4"	4.62	0.62			4	5/8"	3"
	1"	4.88	0.69			4	5/8"	3.1/4"
	1.1/4"	5.25	0.75			4	5/8"	3.1/4"
	1.1/2"	6.12	0.81			4	3/4"	3.3/4"
	2"	6.50	0.88			8	5/8"	3.1/2"
	2.1/2"	7.50	1.00			8	3/4"	4"
	3"	8.25	1.12			8	3/4"	4.1/4"
	3.1/2"	9.00	1.19			8	3/4"	4.1/2"
	4"	10.00	1.25			8	3/4"	4.1/2"
Clase	5"	11.00	1.38			8	3/4"	4.3/4"
300	6"	12.50	1.44			12	3/4"	5"
	8"	15.00	1.62			12	7/8"	5.1/2"
	10"	17.50	1.88			16	1"	6.1/4"
	12"	20.53	2.00			16	1.1/8"	6.3/4"
	14"	23.00	2.12			20	1.1/8"	7"
	16"	25.50	2.25			20	1.1/4"	7.1/2"
	18"	28.00	2.38			24	1.1/4"	1.3/4"
	20"	30.50	2.50			24	1.1/4"	8.1/4"
	24"	36.00	2.75			24	1.1/2"	9.1/4"
	30"	43.00	3.62			28	1.3/4"	11"
	36"	50.00	4.12			32	2"	11"

FLANGE TO FLANGE CONNECTION



All units shown are inches unless otherwise specified.

Nominal Size	# of Studs	Diam. of Studs	longitudinal pernos					
			SDR 7-9	SDR 11 - 13.5	SDR 15.5	SDR 17	SDR 21	SDR 26 - 32.5
2	4	5/8	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50	4.50
3	4	5/8	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
4	8	5/8	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
5	8	3/4	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50	5.50
6	8	3/4	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
8	8	3/4	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
10	12	7/8	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
12	12	7/8	10.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
14	12	1	10.00	8.50	8.50	8.50	8.50	8.50
16	16	1	12.00	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00
18	16	1-1/8	12.50	10.00	10.00	9.00	9.00	9.00
20	20	1-1/8	14.00	12.00	12.00	10.00	10.00	10.00
22	20	1-1/4	15.00	12.50	12.50	11.50	11.50	11.50
24	20	1-1/4	15.00	13.00	13.00	11.00	11.00	11.00
26	24	1-1/4	15.00	13.50	13.50	12.00	12.00	12.00
28	28	1-1/4	15.50	14.00	14.00	11.50	11.50	11.50
30	28	1-1/4	16.00	14.50	14.50	12.00	12.00	12.00
32 ⁽¹⁾	28	1-1/2	—	16.00	16.00	13.00	13.00	13.00
34	32	1-1/2	—	16.00	16.00	13.50	13.50	13.50
36	32	1-1/2	—	—	14.00	14.00	14.00	14.00
40 ⁽²⁾	36	1-1/2	—	—	—	16.50	16.50	16.50
42	36	1-1/2	—	—	—	14.00	14.00	14.00
48 ⁽³⁾	44	1-1/2	—	—	—	15.00	15.00	15.00
54	44	1-1/4	—	—	—	19.00	19.00	19.00
63 ⁽⁴⁾	52	1-1/4	—	—	—	—	17.00	17.00

- (1) 800 mm
- (2) 1000 mm
- (3) 1200 mm
- (4) 1600 mm

The above table provides recommended stud lengths for making a standard flange to flange connection based on Northern Specialty's component parameters. It is the consumers responsibility to verify the size and stud length required per connection. All stud packs are furnished with zinc plated Grd 2-N.C. threaded rod with heavy hex nuts. Special stud lengths, flat cut washers and stainless steel are available upon request. Please note that studs cut to meet special lengths are a non-refundable item for obvious reasons.

Conversiones de temperaturas			
0	-18	260	127
10	-12	270	132
20	-7	280	138
30	-1	290	143
40	4	300	149
50	10	310	154
60	16	320	160
70	21	330	165
80	27	340	171
90	32	350	176
100	38	360	182
110	43	370	188
120	49	380	193
130	54	390	199
140	60	400	204
150	65	410	210
160	71	420	215
170	77	430	221
180	82	440	226
190	88	450	232
200	93	460	238
210	99	470	243
220	104	480	249
230	110	490	254
240	115	500	260
250	121	510	265

Fórmulas de conversión	
Pulgadas X 25,40 = Milímetros	
Milímetros X 0,03937 = Pulgadas	
Pies X 304,8 = Milímetros	
Milímetros X 0,03280839 = Pies	
Pulgadas X 645,16 = Milímetros ²	
Milímetros ² X 0,00155 = Pulgadas ²	
Onzas (líquidas) Estados Unidos X 0,02957 = Litros	
Cuarto (de galón) X 0,9463 = Litros	
Litros X 1,057 = Cuartos	
Galones X 3,785 = Litros	
Litros X 0,2642 = Galones (líquidas) Estados Unidos	
Libras X 0,4536 = Kilogramos	
Kilogramos X 2,205 = Libras	
Bar X 14,503 = Psi	
mPa X 145,03 = Psi	
Kg/cm ² X 14,223 = Psi	

9.2. APÉNDICE

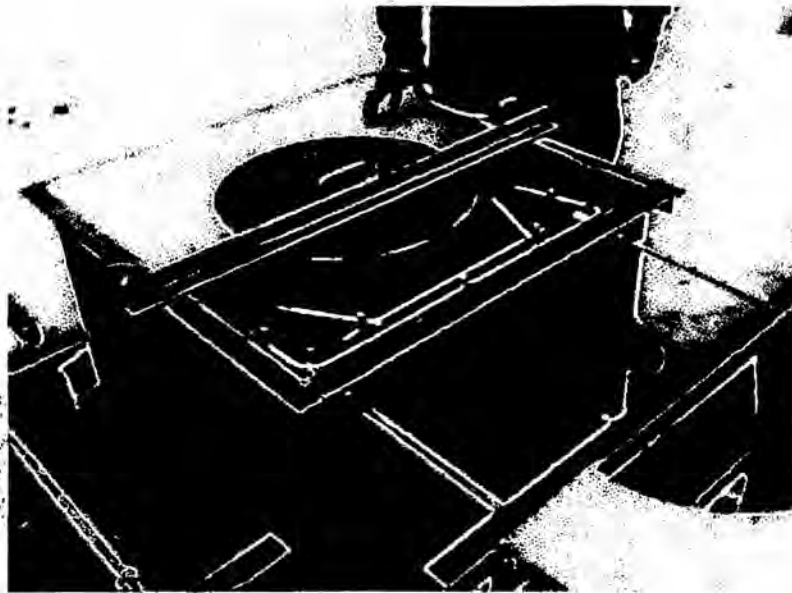
Apéndice 01: Fotos de Obras Civiles

Apéndice 02: Fotos de Obras Mecánicas

Apéndice 03 Fotos de Lanzamiento de Líneas Submarinas.

Apéndice 01: Fotos de Obras Civiles

Fabricación de lastres de concreto

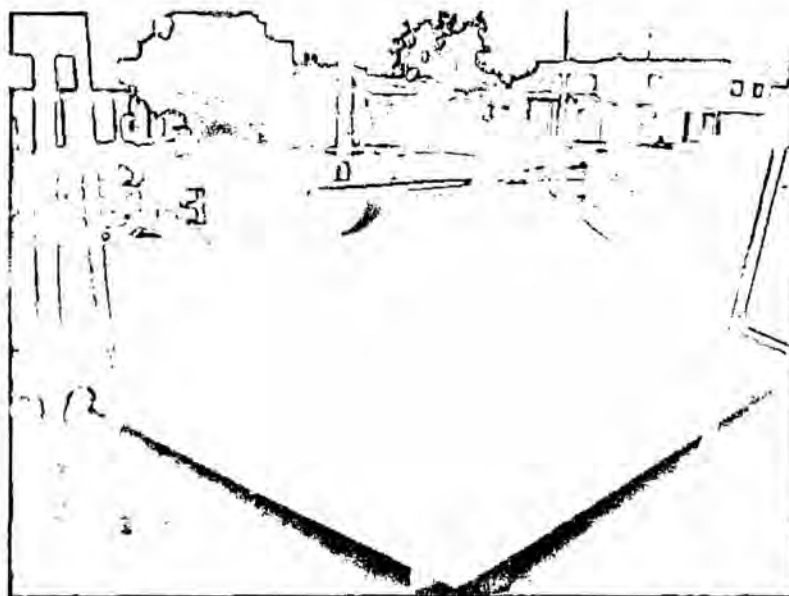


Excavaciones en Planta Desaladora para instalación de tubería de Salmuera.



Apéndice 02: Fotos de Obras Mecánicas

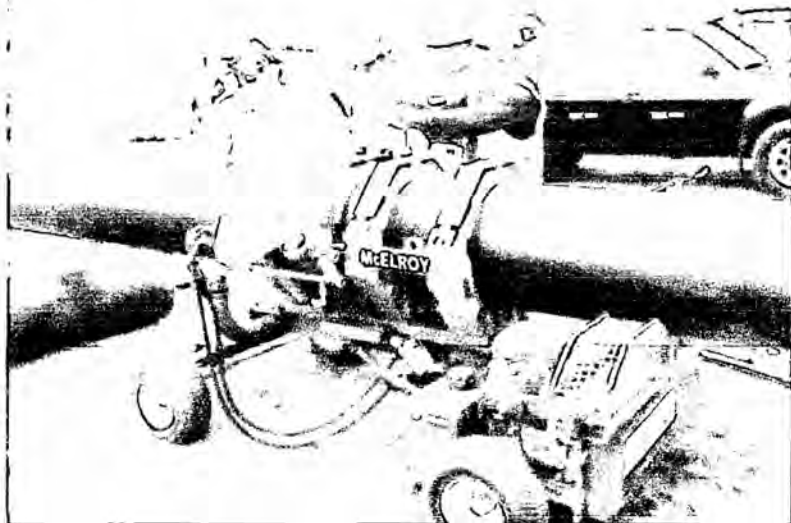
Fabricación de Caja Submarina

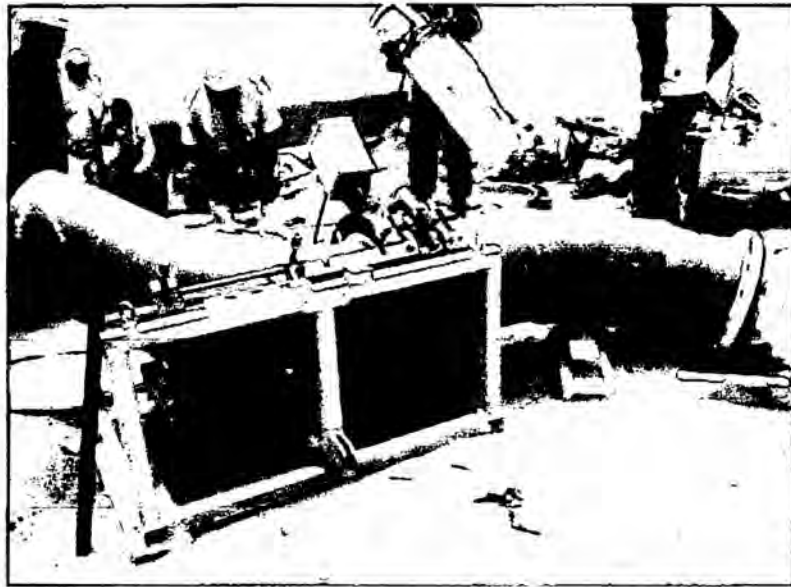
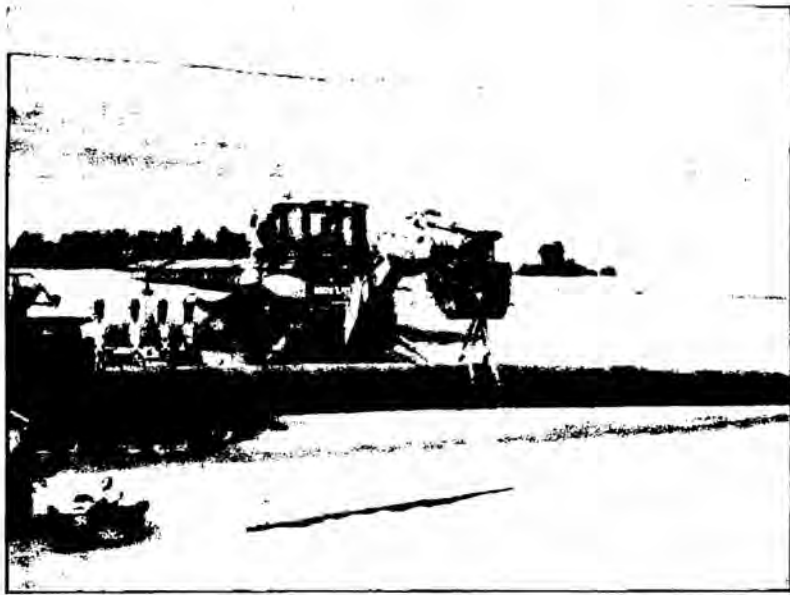


Fabricación de boyarines de referencia.



Termofusionado de juntas de tubos y accesorios

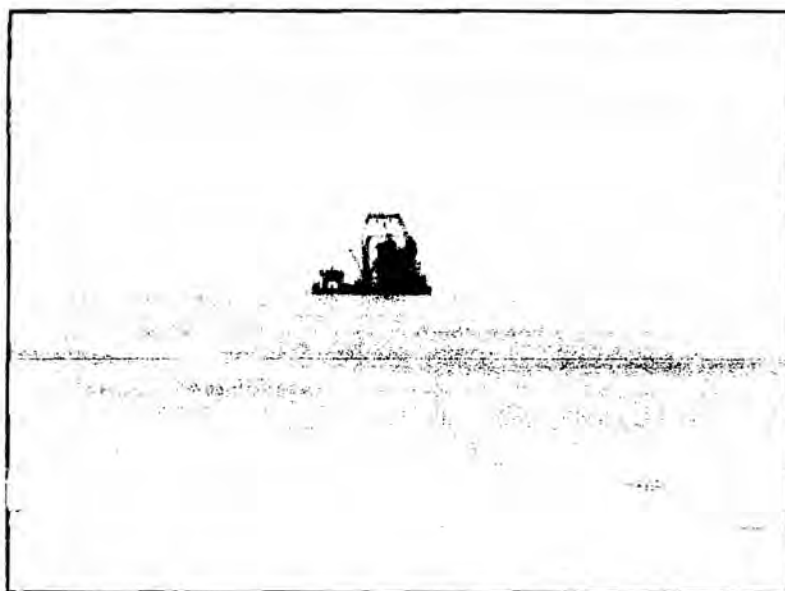


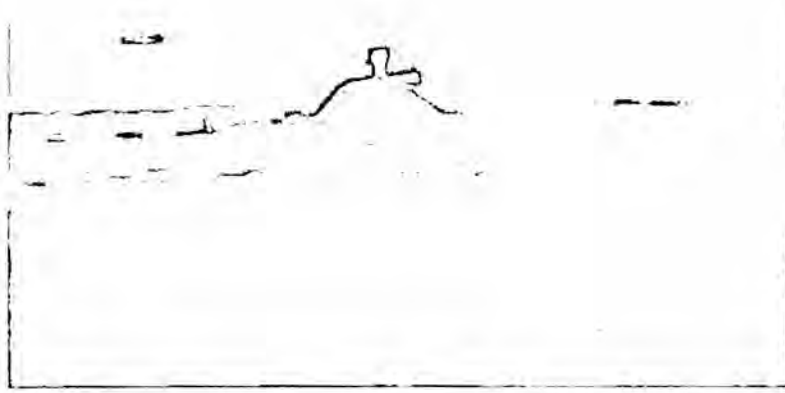


Instalación de tubería en terraplén de Planta Desaladora.



Apéndice 03 Fotos de Lanzamiento de Líneas Submarinas.





9.3. PLANOS.

Plano Nº 03-05-03-911-05-014, Rev. 1

Plano Nº 03-05-03-911-06-01, Rev. 0

Plano Nº 03-05-03-911-06-02, Rev. 0

Plano Nº 03-05-03-911-06-03, Rev. 1

Plano Nº 03-05-03-911-06-04, Rev. 1

Plano Nº 03-05-03-911-06-019, Rev. 1

Plano Nº 03-05-03-911-06-020, Rev. 0

Plano Nº 03-05-03-911-06-028, Rev. 0