

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



**“PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL  
GASODUCTO DE DISTRIBUCION DE GAS  
NATURAL EN LIMA Y CALLAO”**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**OMAR GERMAN GALINDO HUAMAN**

**PROMOCION 2001-II**

**LIMA-PERU**

**2006**

*Dedico este trabajo.*

*A mis queridos padres:*

*Germán y Elena por su ejemplo,  
sacrificio y dedicación,  
eternamente agradecido.*

*A mi hermana por su paciencia  
y apoyo.*

*A mi sobrino Juan Pablo, por la  
alegría que contagia a nuestras  
vidas.*

## TABLA DE CONTENIDOS

	Página
Prólogo .....	01
<b>CAPITULO 1: INTRODUCCION .....</b>	<b>05</b>
1.1 Objetivos .....	05
1.1.1 Objetivos Generales .....	05
1.1.2 Objetivos Específicos .....	05
1.2 Alcances .....	06
1.3 Limitaciones .....	06
<b>CAPITULO 2: GENERALIDADES .....</b>	<b>08</b>
2.1 Mega Proyecto Camisea .....	08
2.1.1 Descripción .....	08
2.1.2 Antecedentes .....	09
2.1.3 Yacimientos .....	11
2.1.4 Principales Contratos .....	13
2.1.5 Módulos del Proyecto Camisea .....	15
2.2 Marco General del Proyecto de Distribución de Gas Natural .....	18
2.2.1 Alcances de Proyecto .....	18
2.2.2 Contrato y Contratistas .....	19
2.2.3 Plazo de Ejecución .....	20
2.2.4 Monto de Obra .....	20
<b>CAPITULO 3: DESCRIPCION DEL GASODUCTO .....</b>	<b>21</b>
3.1 City Gate .....	21
3.1.1 Filtrado .....	22
3.1.2 Calentamiento .....	25
3.1.3 Regulación de Presión .....	27
3.1.4 Medición .....	27

3.1.5	Odorización .....	28
3.1.6	Lanzadores y Recibidores de Scrapers .....	28
3.2	Tubería .....	28
3.2.1	Especificaciones Técnicas .....	29
3.2.2	Control de Calidad de Fabricación .....	29
3.2.3	Ensayos Destructivos .....	29
3.3	Válvula de Corte .....	30
3.3.1	Especificaciones Técnicas .....	30
 CAPITULO 4: DESARROLLO DEL PROYECTO .....		32
4.1	Plan de Gestión de Planificación .....	32
4.1.1	Actividades Preliminares .....	32
4.1.2	Organigrama del Proyecto .....	36
4.1.3	Cronograma del Proyecto .....	38
4.2	Plan de Ejecución .....	38
4.2.1	Trazo y Replanteo .....	39
4.2.2	Detección de Interferencias .....	39
4.2.3	Excavación .....	40
4.2.4	Desfile de Tuberías .....	42
4.2.5	Soldadura de Tuberías .....	44
4.2.6	Revestimiento de juntas .....	52
4.2.7	Bajada y Montaje de Tubería .....	59
4.2.8	Relleno y Compactación .....	61
4.2.9	Prueba Hidráulica de Resistencia y Hermeticidad .....	71
4.2.10	Mano de Obra y Equipos .....	78
4.3	Plan de Control de Obra .....	82
4.3.1	Control de Avance Diario .....	83
4.3.2	Plan de Porcentaje Completado .....	86
4.3.3	Indice de Productividad .....	89
4.4	Plan de Gestión de Calidad .....	91
4.4.1	Generalidades .....	91

4.4.2	Conceptos .....	93
4.4.3	Identificación de Procesos .....	96
4.4.4	Estructura de documentación .....	97
4.4.5	Recursos Humanos .....	106
4.5	Plan de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente .....	108
4.5.1	Política de Prevención de Riesgos .....	108
4.5.2	Personal de Prevención de Riesgos .....	110
4.5.3	Comité de Prevención de Riesgos .....	111
4.5.4	Política Ambiental y Estudio de Impacto Ambiental (EIA) ...	111
 <b>CAPITULO 5: ESTRUCTURA DE COSTOS .....</b>		<b>115</b>
5.1	Conceptos .....	115
5.1.1	Materiales .....	115
5.1.2	Mano de Obra .....	116
5.1.3	Supervision .....	116
5.1.4	Equipos .....	117
5.1.5	Sub Contratos .....	117
5.1.6	Gastos Generales .....	117
5.2	Cálculos de Costos Unitarios .....	118
5.2.1	Costo por Señalización .....	120
5.2.2	Costo por detección de interferencias .....	121
5.2.3	Costo por Excavación .....	122
5.2.4	Costo por Desfile y Bajada de Tuberías .....	123
5.2.5	Costo por Soldadura .....	124
5.2.6	Costo por Ensayos No Destructivos .....	125
5.2.7	Costo por Arenado y Revestimiento .....	126
5.2.8	Costo por Rellenos, Instalación de Triducto y Reposición Total .....	127
5.2.9	Costo por Pruebas de Calidad de Campo .....	128
5.2.10	Costo por Prueba Hidráulica .....	129
5.2.11	Resumen de Costos .....	130

Conclusiones .....	131
Bibliografía .....	135
Planos .....	136
Apéndice .....	142

## **PROLOGO**

El interés y decisión por elaborar el presente informe esta sustentado por la experiencia y conocimientos adquiridos durante mi participación en el Proyecto EPC "Distribución de Gas Natural en Lima y Callao" entre los años 2003 y 2004. Este proyecto consistió en la construcción de un gasoducto de 20" de diámetro y 61 Km. de longitud de tubería de acero al carbono, para la distribución de gas natural. Las empresas que ejecutaron el proyecto fueron "Techint Internacional", empresa Argentina, encargada del desarrollo de la ingeniería y procura y la empresa "GyM Contratistas Generales S.A.", empresa peruana responsable de la construcción del sistema. En esta última, tuve la oportunidad de participar y me permitió conocer el manejo e interacción de distintas áreas de conocimiento que conforman la gestión de un Proyecto, colocando especial énfasis en el proceso constructivo. El desarrollo que a continuación expongo es producto de una recopilación de información rescatada de base de datos históricos del Proyecto, complementado con criterios y puntos de vista personales.

El Proyecto Camisea es el más importante hito en nuestra historia nacional contemporánea y ha sido concebido para la explotación, consumo y exportación del recurso natural de mayor importancia en la actualidad

mundial “el gas natural”. Esta fuente de energía no renovable sea quizás una de las últimas reservas que el hombre explote antes de agotar todas las disponibles y empezar a depender solamente de fuentes de energía renovable. El gas de Camisea ya empezó a impactar en todos los ámbitos de nuestro país, con mayor incidencia en los aspectos sociales y económicos. La primera fase del Mega - Proyecto Camisea está culminada y comprendió la construcción de los sistemas de explotación, transporte y distribución de gas natural para su consumo industrial, la segunda etapa se encuentra en ejecución y comprende masificar el consumo industrial y empezar la distribución domiciliaria.

Los capítulos que conforman el informe se presentan como un breve resumen a continuación:

El capítulo 1 es introductorio, en este se definen los objetivos que se desean obtener a la finalización del trabajo, presentando los objetivos generales y específicos. También se da a conocer los alcances y limitaciones estableciendo de esta manera nuestro marco de referencia del informe.

El capítulo 2 abarca el marco contextual que rodea al Proyecto, empezando con una reseña histórica del Mega Proyecto Camisea, sus antecedentes, descripción de yacimientos y sus módulos de contrato, los cuales son: explotación, transporte y distribución. Asimismo se dan los alcances y datos

generales del Proyecto de Distribución de Gas Natural en términos como: plazos de ejecución y montos de Obra.

El capítulo 3 describe el sistema de distribución de gas natural diseñado para su construcción y posterior operación. Como punto de inicio, tenemos el City Gate, denominado como la puerta de entrada del gas proveniente de Camisea a Lima, es una estación que prepara el gas natural a los parámetros deseados para su comercialización, estos procesos se explican detalladamente en este capítulo. Por otra parte se muestran las especificaciones técnicas de la tubería empleada y una rápida referencia de las válvulas de corte de 20 "Ø. El propósito de este capítulo es que el lector se familiarice con la ingeniería básica del sistema.

El capítulo 4 representa la parte sustancial del informe, en este se expone las fases de planificación, ejecución y control de la Obra, con mayor incidencia en la descripción del proceso constructivo y el tren de actividades. Se complementa además con dos tópicos inherentes en todo proyecto de construcción que han cobrado mayor valor en los últimos tiempos, esto son el Plan de gestión de Calidad y el Plan de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente.

Como último capítulo se incluye el tema de costos, dividido en dos partes, en la primera se dan los conceptos y definiciones básicas de elementos que estructuran el costo unitario de las actividades del Proyecto, y en la segunda

se muestra los cálculos correspondientes mostrados en una serie de tablas. El propósito es llegar al costo unitario de un metro lineal de tubería instalada.

El informe es complementado con las conclusiones alcanzadas, producto de la elaboración de este documento, también se adjunta material de referencia como bibliografía, apéndice y planos.

## **CAPITULO 1 INTRODUCCION**

### **1.1 Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivos Generales**

El presente informe tiene como objetivo general:

- Detallar y presentar el proceso constructivo aplicado durante el proyecto de construcción del gasoducto de distribución de gas natural en Lima y Callao, enfocando la gestión de Proyecto como marco general, y principalmente la fase de ejecución, de manera que sirva como una fuente referencial para futuras aplicaciones ya sea en el entorno universitario o en las industrias correspondientes.

#### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Presentar la ingeniería básica y especificaciones técnicas del gasoducto.
- Describir el proceso constructivo del gasoducto definiendo la secuencia de actividades a ejecutar.

- **Mostrar herramientas de control de Obra aplicativas a Proyectos de Construcción.**

## **1.2 Alcances**

El informe abarca los aspectos relacionados al marco general de la gestión de un proyecto que lo conforman procesos como planificación, ejecución y control de obra. Esto se complementa con la gestión de calidad, prevención de riesgos y medio ambiente que serán descritos para enmarcar el proyecto y ofrecer una visión general del manejo aplicado a la obra de construcción. El proceso constructivo será el tema central, porque en base a planificar, organizar y controlar la secuencia de actividades que lo conforman se alcanzarán los objetivos con una adecuada asignación de recursos como mano de obra, equipos y materiales. Previamente se ofrecerá, una descripción general del sistema de distribución de gas que lo conforman las estaciones de salida y llegada de gas, así como el gasoducto.

## **1.3 Limitaciones**

Si bien el proyecto se dividió en tres etapas y subsistemas los cuales son: construcción del city gate (estación de entrega de gas) y Terminal Station (estación de recepción del gas) y el montaje de 61 km de gasoducto. Este

informe se limitará y enfocará sólo la fase de construcción del gasoducto, partiendo desde la planificación, ejecución y control de Obra. Tanto la procura, como la concepción de la ingeniería también serán obviadas puesto que fueron responsabilidad de otra empresa perteneciente al consorcio. Respecto al capítulo de costos, sólo se mostrará una introducción para llevar a cabo cálculos de costos unitarios de cada actividad que interviene para completar el montaje del gasoducto, dejando el análisis, que por lo habitual se refleja en una "Hoja de costos" fuera del alcance de este informe.

## **CAPITULO 2 GENERALIDADES**

### **2.1 Mega Proyecto Camisea**

#### **2.1.1 Descripción**

El Mega Proyecto Camisea contempló la perforación de 4 pozos productores de Gas Húmedo y 2 pozos inyectores de Gas Seco, que tienen como objetivo captar y conducir el Gas Natural proveniente de los yacimientos San Martín y Cashiriari hacia una Planta de Separación de Líquidos ubicada en Malvinas. En esta planta se separan el agua y los hidrocarburos líquidos contenidos en el Gas Natural y se acondiciona este último para que pueda ser transportado por un Gasoducto hasta los mercados en la costa, mientras que el gas excedente se reinyecta a los reservorios productivos.

Los Líquidos del Gas obtenidos en la Planta de Separación separados son conducidos hasta la costa mediante un Ducto de Líquidos y recibidos en una planta ubicada en Pisco, donde se fraccionan en productos de calidad comercial (GLP, Gasolina y Condensados) y luego se despachan al mercado a través de buques y/o camiones cisterna.

El gas natural es transportado a Lima, el principal centro de consumo, donde actualmente es utilizado para fines residenciales e industriales, así como para generar electricidad, la misma que luego será distribuida a nivel nacional a través de la infraestructura de transmisión existente en el Perú.

### **2.1.2 Antecedentes**

Los antecedentes se presentan a continuación mediante la siguiente cronología:

- Julio 1981: Se suscribió Contrato de Operaciones Petrolíferas por los Lotes 38 y 42 con la Compañía SHELL.
- 1983 – 1987: Como resultado de la perforación de 5 pozos exploratorios, la Compañía SHELL descubre los Yacimientos de Gas de Camisea.
- Marzo 1988: Se firma Acuerdo de Bases para la explotación de Camisea entre SHELL y PETROPERU.
- Agosto 1988: Se da por concluida la negociación de un Contrato con la Compañía SHELL, sin llegarse a un acuerdo.
- Marzo 1994: Se firma Convenio para Evaluación y Desarrollo de los Yacimientos de Camisea entre SHELL y PERUPETRO.
- Mayo 1995: La Compañía SHELL entrega Estudio de Factibilidad y solicita a PERUPETRO el inicio de la negociación de un Contrato de Explotación de los Yacimientos de Camisea.

- Mayo 1996: Se completó negociación y se suscribió el Contrato de Explotación de los Yacimientos de Camisea entre el consorcio SHELL/MOBIL y PERUPETRO.
- Julio 1998: El consorcio Shell/Mobil comunica su decisión de no continuar con el Segundo Periodo del Contrato, por consiguiente el Contrato queda resuelto.
- Mayo 1999: La Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI) acuerda llevar adelante un proceso de promoción para desarrollar el Proyecto Camisea mediante un esquema segmentado, que comprende módulos independientes de negocios.
- Mayo 1999: El 31 de mayo de 1999, el Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM) convocó a Concurso Público Internacional para otorgar el Contrato de Licencia para la Explotación de Camisea, y las Concesiones de Transporte de Líquidos y de Gas desde Camisea hasta la costa y de Distribución de Gas en Lima y Callao.
- Febrero 2000: Mediante una licitación pública internacional, el Gobierno peruano adjudicó la licencia para la explotación de los hidrocarburos de Camisea al consorcio liderado por Pluspetrol Perú Corporation S.A., con la participación de Hunt Oil Company of Peru L.L.C., SK Corporation y Tecpetrol del Perú S.A.C. (100% propiedad del Grupo Techint). La licencia fue adjudicada basándose en la oferta más alta de regalías presentada por los postores. El Proyecto de explotación consiste en una licencia por 40 años para la extracción de gas natural e hidrocarburos líquidos.

- Octubre 2000: Se adjudicaron las concesiones para el transporte de líquidos y gas natural a la costa y la distribución de gas natural en Lima y Callao al consorcio liderado por Tecgas N.V. (100% propiedad del Grupo Techint), con la participación de Pluspetrol Resources Corporation, Hunt Oil Company, SK Corporation, Sonatrach Petroleum Corporation B.V.I y Graña y Montero S.A.
- Diciembre 2000: El 9 de diciembre se suscribieron los Contratos de Licencia para el desarrollo del Proyecto Camisea con los consorcios adjudicatarios de los Concursos llevados a cabo por el CECAM.
- Mayo 2002 : Transportadora de Gas del Perú S.A. (TGP) es la compañía formada por el consorcio específicamente creado para el transporte y distribución de gas natural seleccionó a Tractebel como operador de la Compañía Gas Natural de Lima y Callao (GNLC) propiedad de Tractebel, creada para desarrollar el servicio de distribución de gas natural en Lima y Callao.

### **2.1.3 Yacimientos**

Los yacimientos de Gas de Camisea están conformados por dos campos, San Martín y Cashiriari conocidos conjuntamente como Bloque 88. Estos campos están ubicados aproximadamente a 500 kilómetros al este de la ciudad de Lima, en la selva amazónica.

El campo San Martín fue descubierto en 1984 con la perforación del pozo San Martín 1. El pozo Cashiriari 1 descubrió el campo Cashiriari en el año 1986.

Los reservorios del área de Camisea son del tipo de Gas-Condensado Retrógrado, soportados por impulsión de agua de cuyo acuífero no se conoce la extensión. Adicionalmente los reservorios presentan comportamiento de doble porosidad y permeabilidad debido a la presencia de fracturas naturales.

Durante la explotación de los campos fue conveniente mantener la presión del reservorio a través de operaciones de reciclaje de gas seco para minimizar la condensación retrógrada de los líquidos dentro del reservorio y así maximizar la recuperación final de los líquidos del gas.

Las reservas probadas de hidrocarburos en los campos de Camisea, expresadas en Tcf (Trillones de pies cúbicos) para el Gas Natural y en MMBls (Millones de Barriles) para los Líquidos del Gas son las siguientes:

RESERVAS PROBADAS - YACIMIENTOS DE CAMISEA		
Lote 88		
Yacimiento	Gas Natural (Trillones Pies cúbicos)	LGN (Millón de barriles)
San Martín	2,86	247,34
Cashiriari	5,26	269,58
Total	8,12	516,92

Tabla N° 1: Reservas de Yacimientos de Camisea

#### **2.1.4 Principales Contratos**

Desde el descubrimiento de los yacimientos de gas natural de Camisea en los años ochenta, se han venido estudiando diferentes opciones para su desarrollo verificándose finalmente la viabilidad técnico/económica de un proyecto inicial de explotación de Gas Natural considerando el transporte del gas seco y de los líquidos del Gas Natural a la Costa Central del Perú para suministro de combustibles al mercado interno.

La exportación del Gas Natural de Camisea apareció también como una de las opciones factible de llevarse a cabo pero que requeriría de mayores estudios y del tiempo necesario para su maduración.

Teniendo en cuenta que la ejecución del mencionado proyecto para suministro de combustibles al mercado interno requeriría de la construcción de una amplia infraestructura productiva y de comercialización, durante Mayo 1999 – Diciembre 2000 la Comisión de Promoción de la Inversión Privada (COPRI), a través del Comité Especial del Proyecto Camisea (CECAM), llevó a cabo el diseño, convocatoria y ejecución de dos Concursos Públicos Internacionales para el desarrollo del Proyecto Camisea.

El esquema diseñado para el desarrollo del proyecto comprendió dos módulos que fueron ofrecidos en la modalidad de proyectos integrales, lo cual significa que se fijaron los parámetros objetivo a cumplir y se dejó en manos de los inversionistas la decisión y flexibilidad para elegir los detalles técnicos de diseño, construcción y operación, dentro del cumplimiento de las normas vigentes en el país. Así el primer módulo del proyecto es el de Explotación de los yacimientos de gas de Camisea y el segundo el de Transporte del gas y de los líquidos del gas desde Camisea hasta la costa y la Distribución del gas en Lima y Callao.

El módulo de Explotación de Hidrocarburos en el Lote 88 – Yacimientos de Gas de Camisea fue adjudicado al Consorcio formado por las empresas:

- Pluspetrol (Argentina)
- Hunt Oil Corporation (USA)
- SK Corp. (Corea) e
- Hidrocarburos Andinos (Argentina)

El correspondiente Contrato de Licencia fue firmado el 9 de Diciembre del 2000.

El módulo de Transporte del gas y de los líquidos del gas desde Camisea hasta la costa y la Distribución del gas en Lima y Callao fue adjudicado al Consorcio formado por las empresas:

- Techint (Argentina)
- Pluspetrol (Argentina)
- Hunt Oil Corporation (USA)
- SK Corp. (Corea)
- Sonatrach (Argelia) y
- Graña y Montero (Perú)

Los correspondientes Contratos de Concesión fueron firmados el 9 de Diciembre del 2000.

## **2.1.5 Módulos del Proyecto Camisea**

### **2.1.5.1 Explotación de Hidrocarburos en el Lote 88 – Yacimientos de Gas de Camisea**

Los trabajos iniciales establecidos en el contrato de licencia incluyeron:

- La perforación de 4 pozos.

- La construcción de una planta de procesamiento de gas (separación de líquidos), y
- El inicio del suministro de gas al sistema de transporte.

La explotación comprende la producción de gas natural de los yacimientos San Martín y Cashiriari y su conducción hacia la planta de procesamiento situada en Las Malvinas. En dicha planta los líquidos del gas natural se separan del gas mientras que éste se acondiciona para ser transportado a través del gasoducto.

Desde el punto de vista funcional, el trabajo en el campo puede dividirse en 4 sub - proyectos:

1. Actividades sísmicas (765 km<sup>2</sup>),
2. Construcción de líneas de conducción,
3. Perforación de pozos
4. Construcción de una planta de procesamiento de gas (Las Malvinas).

El consorcio a cargo de la explotación del campo Camisea construyó en Pisco, una planta para el fraccionamiento de los líquidos de gas natural que son separados en el procesamiento de gas en Las Malvinas. Los líquidos de gas natural son transportados desde el campo Camisea hasta la costa peruana a través del ducto de líquidos de propiedad de TGP. Una vez en la costa, los líquidos de gas natural ingresan a la planta de propiedad del

consorcio a cargo de la explotación, para su fraccionamiento y posterior venta.

#### **2.1.5.2 Transporte de gas y de los líquidos de gas desde Camisea hasta la Costa y Distribución de gas en Lima y Callao**

El Proyecto incluyó la construcción y operación de dos gasoductos, uno para gas natural de 714 km de largo y otro para líquidos de gas natural de 540 km de largo. Los dos gasoductos corren en paralelo desde los campos de Camisea, ubicados 431 km al este de Lima, hasta la costa peruana, 200 km al sur de Lima, donde el gasoducto de NG termina en una planta de fraccionamiento. Desde el área de la Planta de Fraccionamiento, el gasoducto de gas natural girará hacia el norte y se dirigirá, paralelo a la costa, hasta la City Gate en Lima. El gasoducto de gas natural tiene un diámetro de 32", 24" y 18" y fue diseñado para el transporte inicial de 285 millones de pies cúbicos por día mientras que el ducto de NGL tiene un diámetro de 14" y 10" y fue diseñado para el transporte inicial de 50,000 barriles por día. El costo total del proyecto se estimó en US \$ 820 millones, que comprende costos de financiamiento y el financiamiento de cuentas de reserva. La operación comercial empezó en agosto del 2004 de acuerdo con los contratos de concesión.

La ruta del gasoducto seleccionada por TGP empieza en Camisea en el departamento de Cusco y cruza los Departamentos de Ayacucho,

Huancavelica, Ica y Lima. El perfil de elevación para los gasoductos llega a su punto más alto a los 4,800 metros sobre el nivel del mar en la Cordillera de los Andes.

El diseño y la construcción del sistema de transporte de NGL y gas fueron realizados por Techint, de acuerdo a un Contrato EPC Llave en Mano. Se programó la construcción del gasoducto entre abril del 2002 y mayo del 2004 y se dividió en tres segmentos: selva, sierra y costa. Las obras de construcción fueron programadas de acuerdo a la accesibilidad de las zonas de construcción y la entrega de materiales para lo cual se instalaron varios campamentos temporales a lo largo de la ruta del gasoducto para el personal y el mantenimiento de equipos.

## **2.2 Marco General del Proyecto de Distribución de Gas**

### **2.2.1 Alcance del Proyecto**

Correspondiente al segundo módulo del Megaproyecto Camisea, este fue adjudicado al consorcio liderado por TGP del Perú, que a su vez mediante un Convenio de cesión firmado el 2 de mayo del 2002 (con autorización del Estado conforme a lo establecido inicialmente a su contrato de concesión) entrega a la empresa Gas Natural de Lima y Callao S.R.L. (GNLC) la concesión de la distribución de Gas Natural.

El proyecto de construcción consistió en la instalación de 61 Km de gasoducto troncal que empieza del City Gate y llega a una estación llamada “Terminal Station” en Ventanilla. Incluyó también la construcción de estas dos estaciones de gas y ramales de derivación primarios hasta la llegada en las instalaciones de los primeros y principales clientes de gas natural, los cuales fueron:

- Cerámica Lima
- Alicorp
- Corporación Cerámica
- Etevensa
- Cerámica San Lorenzo
- Sudamericana de Fibras
- Edegel
- Vidrios Industriales

### **2.2.2 Contrato y Contratistas**

GNLC debió cumplir una serie de requisitos técnicos exigidos por el Estado, quedando expedita para la ejecución de la obra. Posteriormente se firmó un contrato con modalidad “Llave en Mano” por las empresas Techint Compañía Técnica Internacional, Techint International Construction Corporation y Graña y Montero, para dar inicio a la construcción del primer

sistema de distribución de Gas Natural en Lima y Callao, encargando a éstas empresas el diseño, suministro y construcción respectivamente de la red principal.

Las dos empresas de Techint mencionadas se encargaron del diseño del sistema, ingeniería de detalle y la procura de todos los materiales principales. Mientras que Graña y Montero fue la empresa responsable de la construcción del sistema de distribución de gas.

### **2.2.3 Plazo de Ejecución**

Contractualmente el plazo de ejecución fue de dos años. El periodo comprendido entre el 09 de mayo del 2002 hasta el 09 de mayo del 2004. Se tuvo una ampliación de nueve días por diversos motivos.

### **2.2.4 Monto de Obra**

El monto original ascendió a US \$ 29 100 000, sin incluir IGV. Sin embargo con trabajos adicionales el monto total llegó a US \$ 30 940 000, sin incluir IGV.

## **CAPITULO 3**

### **DESCRIPCION DEL GASODUCTO**

El sistema distribución tiene el objetivo de alimentar gas natural a las zonas industriales y domiciliarias en Lima y Callao. Para esto el sistema esta constituido por una estación de regulación y medición denominada City Gate, la cual recibe el gas natural en alta presión proveniente de Camisea, procesa el gas hasta obtener los parámetros adecuados de servicio. Posteriormente mediante un gasoducto principal de 20"Ø y de 61 Km el gas es conducido hasta el Terminal Station y a los ramales secundarios que alimentan actualmente a los primeros clientes de la primera etapa del Proyecto.

#### **3.1 City Gate**

El City Gate está ubicado en un terreno de 11 hectáreas en Lurín. A este punto llega el ducto que transporta el gas desde Camisea y de allí se inicia su distribución en Lima y Callao. El City Gate es la "puerta de entrada" del gas natural a la ciudad.

En estas instalaciones se procede a la medición del volumen del gas recibido para poder atender la demanda, al filtrado para eliminar cualquier impureza producto del largo recorrido desde la selva, a la reducción de la presión para entrar a la ciudad y a la odorización del GN para su rápido y fácil reconocimiento, ya que el GN no tiene olor propio.

El procesamiento del GN en el City Gate es una actividad silenciosa, inodora y perfectamente automatizada, que se realiza en total armonía con el medio ambiente y que se guía desde instalaciones computarizadas que siguen permanentemente todo el sistema de distribución.

Los procesos son los siguientes:

### **3.1.1 Filtrado**

En esta etapa, se realiza la separación de líquidos, polvos y elementos extraños que el gas puede adquirir a lo largo del transporte desde Camisea. Para esto se utilizan separadores de varios tipos que pueden ser verticales u horizontales.

### 3.1.1.1 Primera Etapa.- Filtro Separador Ciclónico

El principio de operación esta basado en la acción centrífuga impartida al flujo continuo de gas. El gas entrando en el separador ciclónico, esparce las partículas contra sus paredes conduciendo las partículas sólidas y líquidas al perímetro externo del tubo y después los drena a la cámara colectora ubicada en la parte inferior del recipiente, mientras que, el gas limpio permanece en la zona superior del filtro para pasar a la segunda etapa del filtro que viene a ser un cartucho seco que separa las finas partículas sólidas.

El filtro separador ciclónico puede ser diseñado con un simple ciclón o con la acción de múltiples ciclones de acuerdo a la eficiencia del proceso que se especifique.

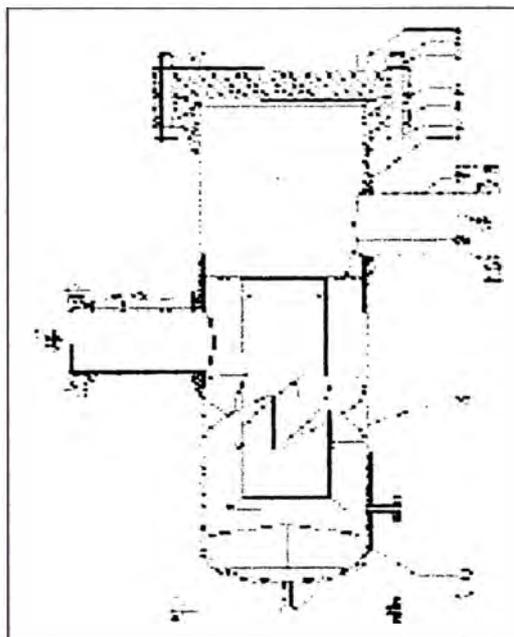


Figura N° 1: Esquema de un separador ciclónico

### **3.1.1.2 Segunda Etapa.- Filtro Separador Absoluto**

Es un separador multi - etapa usada en una variedad de aplicaciones en la industria de gas natural removiendo líquidos de hidrocarburos, agua, arena, etc.

El filtro separador absoluto es diseñado para ser instalado en una vertical u horizontal configuración. El gas entra al recipiente y encuentra un laberinto de tubos. Estos obstáculos imparten un movimiento centrífugo a partículas de hasta 10 micrones de arriba hacia abajo del filtro. Estas partículas que llevan un movimiento browniano colisionan unas contra otras. Colisiones inelásticas de sólidos producen agregados los cuales secuencialmente son removidos por el líquido condensado en el recipiente. Las partículas que permanecen suspendidas encuentran los elementos coalescentes del filtro y después colisionan adhiriéndose a las fibras.

El líquido aglomerado es forzado a pasar a la segunda etapa de separación; esta sección es llamada "Vane Mist Separator", es donde cambia la dirección del vapor y genera un incremento aparente de la densidad de la fase líquida y atrapa los líquidos en el tanque de almacenamiento de condensados.

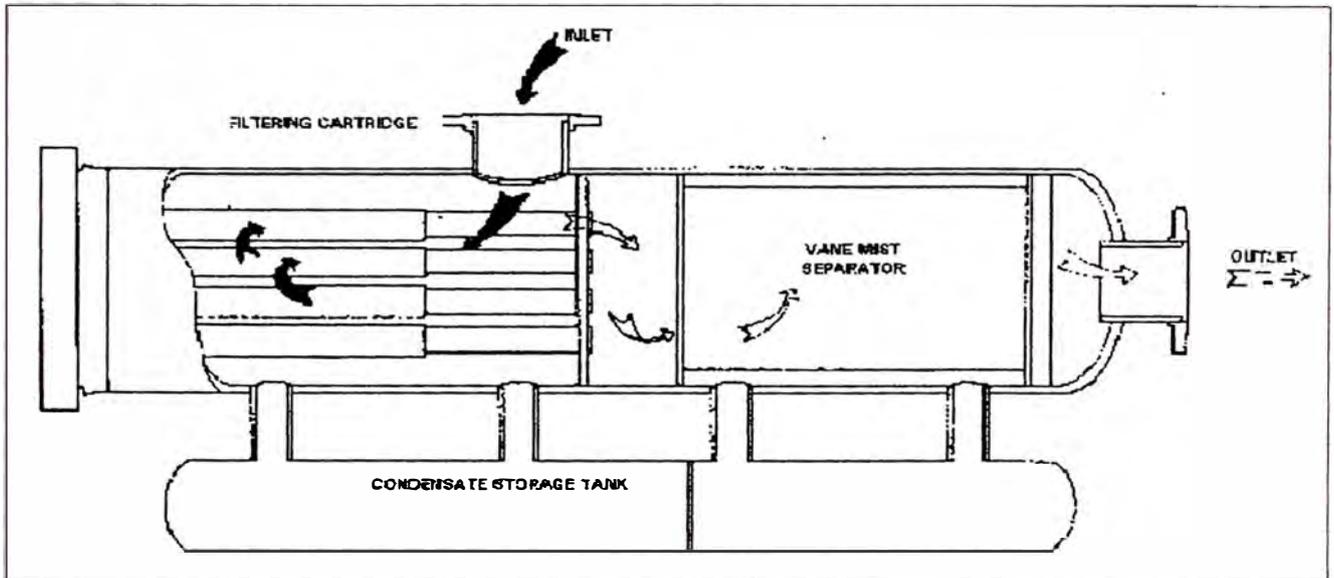


Figura N° 2: Esquema de un Separador Horizontal

### 3.1.2 Calentamiento

En esta etapa se elimina la posibilidad de la formación de sólidos por congelamiento (hidratos). Esto se produce cuando en la regulación existe un gran salto de presión, ya que esto deriva en una reducción drástica de la temperatura. Los calentadores de gas indirectos se utilizan para este propósito. Este equipo tiene los siguientes componentes:

1. Tubo de flama interno (firetube): Es una cámara de combustión alimentada por gas natural.
2. Fluido entorno al tubo de flama
3. El fluido utilizado es agua.
4. Serpentin de transmisión de calor: Este contiene el gas natural a ser calentado y esta inmerso en el fluido que rodea el tubo de flama. El

agua alrededor del tubo de flama es calentada directamente por contacto con este, mientras que, el gas natural contenido en el serpentín inmerso en el agua también es calentado, de esta manera se transmite el calor desde el tubo de flama hasta el gas natural.

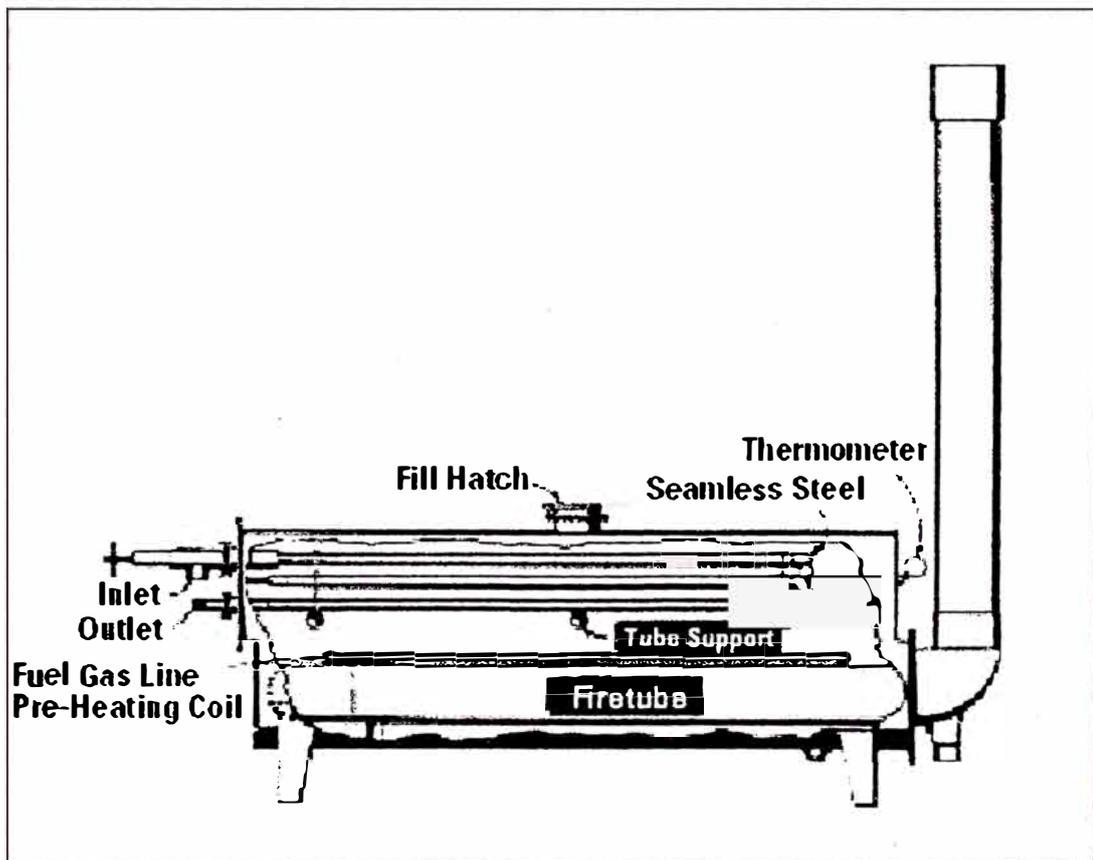


Figura N° 3: Esquema de un Calentador

### **3.1.3 Regulación de Presión**

En esta etapa se produce la regulación de la presión de salida, al valor deseado por medio de válvulas reguladoras. El skid completo esta formado por dos ramales cada uno tiene su respectiva válvula reguladora, provista de un actuador neumático. Su funcionamiento es el siguiente: una presión de salida excesiva forzará el diafragma de bloqueo. Esto libera el vástago permitiendo al obturador de bloqueo efectuar el corte. Esta condición se mantiene hasta que se resetee el sistema.

### **3.1.4 Medición**

La medición del gas se realiza en diversos lugares. Cuando esta información es utilizada para facturar se transforma en una variable crítica. Existe una variada gama de medidores. Su utilización depende básicamente de los caudales y las presiones puestas en juego y el error aceptado en la medición. El medidor de flujo utilizado es de tipo ultrasónico y es controlado por señales de pulso y alimentada por 24 Voltios de tensión continua.

### **3.1.5 Odorización**

El gas odorizado debe ser perceptible cuando el mismo se encuentra presente en el aire con una concentración del 0,2%. Los tipos más comunes de odorizadores son:

- Sistema por inyección directa con bombas dosificadoras
- Sistema por arrastre.

### **3.1.6 Lanzadores y Recibidores de Scrapers**

Los lanzadores y receptores de scraper son equipos de despacho y recepción Pig de limpieza, calibración o mantenimiento. Todos los lanzadores y recibidores son provistos con tapas de cierre rápido, que aseguran un muy breve tiempo de operación de apertura o cierre, aun en grandes diámetros pudiéndose operar por una sola persona sin utilización de herramientas especiales.

## **3.2 Tubería**

El gasoducto lo conforman tubos de 20"Ø y 12 metros lineales de longitud con las siguientes especificaciones técnicas:

### **3.2.1 Especificaciones Técnicas**

- Tubería de Acero al carbono con costura longitudinal ERW
- Norma de Fabricación: API 5L
- Grado: X56 PSL2
- Extremos: Biselados a 30° API 5L
- Peso Nominal: 136.38 kg/m
- Superficie Externa: Polietileno Tricapa

### **3.2.2 Control de Calidad de Fabricación**

- Control visual y dimensional 100%
- Prueba Hidráulica a 160 Bar
- Inspección ultrasónica de Soldadura
- Temperatura mínima de Tratamiento Térmico 871 °C
- Ultrasonido de Biseles 10% de Tubos

### **3.2.3 Ensayos Destructivos**

- Ensayo de Tracción Soldadura:  
Límite de Rotura: 615 MPa (promedio)

- Ensayo de Tracción del Cuerpo:  
Límite de Rotura: 606 MPa (promedio)  
Límite de Fluencia: 500 MPa (promedio)

El tramo total de construcción fue de 61 Km.

### **3.3 Válvula de Corte (SHUT OFF)**

A lo largo de los 61 Km. de gasoducto se instalaron 12 válvulas de bloqueo aproximadamente en un intervalo de 5 Km. Este dispositivo juega un rol importante en la red de distribución, puesto que restringe el paso de flujo de gas ante cualquier eventualidad que pueden ser diversas, entre las cuales destacan causas de seguridad y mantenimiento.

De acuerdo al diseño de ingeniería para el tramo principal se determinó la instalación de 12 válvulas tipo bola de 20"Ø.

#### **3.3.1 Especificaciones Técnicas**

Diseñado de acuerdo a las normas API 6D y ANSI B 16.34, cuerpo de carcasa de acero de clase 300. Manufacturado por la fábrica Tormene Americana, con sede en Argentina.

- Peso: 480 kg
- Diámetro de Vástago: 3.6 “
- Máxima presión de trabajo: 951 PSI
- Máxima presión de prueba: 1427 PSI
- Trabaja con un actuador neumático marca BETIS

Se muestra el Diagrama General del Sistema de Distribución de Gas Natural, en el Plano N° 1.

## **CAPITULO 4 DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **4.1 Plan de Gestión de Planificación**

El proyecto por ser de características lineales implica que sus actividades sean optimizadas de manera de seguir un tren de trabajos correlacionados. Este concepto es el punto de partida para programar actividades diarias de construcción. Se diferencian tres actividades importantes y relevantes que se evaluarán durante la fase de planificación, como son actividades preliminares, definición del organigrama de obra y el cronograma de ejecución.

#### **4.1.1 Actividades Preliminares**

En esta primera fase del proyecto de construcción las actividades son básicamente de gabinete, prevalece el estudio topográfico. Su descripción se presenta a continuación.

#### **4.1.1.1 Levantamiento Topográfico**

En esta etapa se levanta una serie de puntos topográficos a lo largo del primer trazo tentativo por donde se instalará el gasoducto.

El objetivo es comparar desniveles de terreno y cambio de direcciones pronunciados.

#### **4.1.1.2 Recopilación de datos de interferencias**

En esta etapa se solicitará a las empresas de servicio público de electricidad, telefónica y agua, planos conforme a obra de las construcciones subterráneas que hayan ejecutado hasta la fecha, estas muestran el recorrido de sus ductos utilizados para sus operaciones, el objetivo es determinar la cantidad de interferencias que cruzarán el trazo, esta fase es determinante porque en lo posible se optará por la ruta que tenga la menor cantidad de interferencias.

#### **4.1.1.3 Determinación del Trazo Definitivo**

La definición del trazo está influenciado por los resultados obtenidos de los procesos anteriormente descritos. El trazo definitivo será aquel que reúna los mejores requisitos, como menor cantidad de interferencias subterráneas

existentes, cruces especiales como ríos, avenidas principales con alto tráfico (vía de evitamiento, vías expresas, etc.), también se considera aquella ruta céntrica, que a futuro, pueda atender con más disponibilidad y menor costo de inversión a las principales zonas industriales.

En este proyecto el tramo comprendido entre el City Gate (PK 0+000) hasta el Terminal Station (PK 61+000), fue dividido inicialmente en tres frentes de trabajo, el motivo fue que el trazo de estas se estudiaron de forma independiente es decir, de tal manera que el tercer y último tramo estuvo en estudio y definición (a pesar que preliminarmente ya estaba determinado), mientras que la construcción de los dos primeros ya había empezado. Fue así que durante la ejecución, hubo un significativo cambio de trazó a partir del PK: 36 + 000.

Inicialmente el trazo considerado fue el siguiente:

City Gate – Lurín – Av. Los Héroe – Panamericana Sur – Trébol  
Evitamiento – Panamericana Norte – Naranjal – Fuccett – Gambeta  
Terminal Station.

El trazo finalmente quedó de la siguiente manera:

City Gate – Lurín – Av. Los Héroe – Panamericana Sur – Trébol –  
Evitamiento – Línea Ferroviaria – Gambeta – Terminal Station.

#### **4.1.1.4 Trabajos de desarrollo de Ingeniería**

El desarrollo de la Ingeniería de detalle empieza a partir del trazo definitivo. Se preparan los planos de línea de cada progresiva indicando como principales datos y detalles las interferencias, niveles de terreno, cruces principales, tapadas finales, tipo de suelo. También se definen las tuberías curvadas a utilizar y cajas de paso que se instalarán para la conexión de los triductos. Además como punto concluyente se menciona el tipo de reposición de terreno impactado que pueden ser: reposición natural, reposición de pavimentos flexibles o rígidos.

#### **4.1.1.5 Permisos municipales**

Como última fase previa al inicio de la ejecución en obra se gestionará los permisos de construcción a las entidades correspondientes como las municipalidades distritales y provinciales, al ministerio de energía y minas, Emape, Osinerg; presentando toda la documentación necesaria, como los planos de construcción, memoria descriptiva, estudios de impacto ambiental, análisis de desviación de tráfico si se requiere ejecutar cruces especiales. Esta última fase previa al inicio de los trabajos de ejecución en Obra es un hito importante para el cumplimiento de plazos, prevalece el manejo para obtener los permisos a tiempo para continuar con el tren de actividades.

Cabe recalcar que las actividades preliminares conforman un proceso continuo que se lleva a cabo durante el proceso de construcción, puesto que el replanteo de trazo puede variar conforme se detecte durante las calicatas y excavación interferencias no encontradas en los planos. Así los permisos de construcción se gestionan conforme los trabajos lleguen a límites distritales o avenidas importantes también se renuevan, ya que nos dan un plazo de ejecución que varía según criterios de cada distrito y/o entidad involucrada.

#### **4.1.2 Organigrama del Proyecto**

Producto del tipo y ámbito del proyecto de construcción, la organización quedó determinada de la siguiente manera:



Organigrama de Obra

### **4.1.3 Cronograma del Proyecto**

El cronograma del Proyecto se elaboró tomando en cuenta la secuencia del tren de actividades diarias y estableciendo el avance en metros lineales conveniente para cumplir el plazo de ejecución del Proyecto. Se estipuló un avance de 100 metros lineales diarios mínimos por frente de trabajo. El cronograma se muestra en el Anexo A.

## **4.2 Plan de Ejecución**

El Plan de Ejecución del Proyecto esta basado en el denominado “Proceso Constructivo” o “tren de actividades”, el cual es una secuencia de actividades de ámbito civil y mecánico que se desarrollan sucesivamente con el objetivo de conseguir un metro lineal de gasoducto construido; analizando estas se podrá planificar la duración de las tareas y asignar los recursos de mano de obra y equipos necesarios para la ejecución del gasoducto. El cronograma de Proyecto utiliza este concepto para su elaboración.

El proceso construido esta conformado por las siguientes actividades:

#### **4.2.1 Trazo y Replanteo**

El eje de la tubería es trazado antes que se ocupe efectivamente el lugar de construcción, también al mismo tiempo los límites del área de trabajo. Consiste en una secuencia regular de estacas de madera. Las dimensiones de estas estacas, son de 500 x 40 x 40 mm. Estacas blancas son colocadas en el terreno en línea recta en los lugares escogidos juiciosamente. Cada cambio de dirección en el plano horizontal es indicado por una estaca amarilla, colocada en el terreno en la intersección de las extensiones teóricas de las partes rectas. A ambos lados del camino o sobre superficies endurecidas, las estacas son reemplazadas por marcas pintadas de amarillo para cambios de dirección y marcas pintadas de blanco para alineación recta y puntos intermedios. Seguidamente se identifican y marcan las zonas puntuales donde existan interferencias (agua, luz, etc.) en las que se realizan calicatas.

#### **4.2.2 Detección de Interferencias**

Esta actividad es previa a la excavación, se desarrolla marcando primeramente los puntos y zonas de referencias donde se ubican las instalaciones subterráneas según la información proporcionada por las empresas prestadoras de servicios. La ejecución empieza con las denominadas “calicatas”, consiste en excavar manualmente las

proximidades hasta detectar o no una interferencia, de manera siguiente se procede a señalar la zona. En caso de existir alguna interferencia, la decisión sobre si la línea pasa por arriba o por debajo de la interferencia, es tomada en obra, según las circunstancias específicas de la línea que causa la interferencia. Cabe la posibilidad de requerir una tubería curvada. Toda interferencia nueva se registrará en los Planos para su actualización, ya que pueden causar modificaciones en el trazo de la línea. Los trabajos generalmente son de excavación manual salvo excepciones se recurre a equipos mecánicos.

#### **4.2.3            Excavación**

Esta actividad de movimiento de tierras viene precedida del corte y remoción de pavimentos. Las excavaciones fueron hechas sobre la base del perfil longitudinal y la tapada fue como mínimo 1.20 m. medidos hasta la parte superior de la tubería enterrada. La base de la zanja tuvo un ancho mínimo igual al diámetro exterior del tubo más un ancho adicional de 20 cm. a cada lado de la tubería. La maquinaria utilizada fueron retroexcavadoras mecánicas. La calidad de excavación debía ser tal que las paredes de la zanja quedaban despejadas de zonas sobresalientes que podrían ocasionar daños al revestimiento del tubo. En los puntos donde se ejecutaron soldaduras en zanja para la unión de varillones se realizaron fosas de trabajo, es decir una sobre excavación adecuadas de forma tal que permita

la comodidad del personal durante la actividad de soldadura. A estos empalmes se les denominó “TIE – IN”. Estas fosas fueron apuntaladas por medida de seguridad. En el caso que se encontraron condiciones poco favorables para ejecutar una condición normal, por ejemplo presencia de napa freática, durante la actividad se utilizaron bombas de agua para eliminar el agua subterránea. Finalmente todo el material proveniente de la excavación fue llevado a botaderos autorizados por la Municipalidad del Distrito.



Figura N° 4: Trabajos de Excavación



Figura N° 5: Zanja perfilada y preparada para la bajada de tubería

#### 4.2.4 Desfile de Tuberías

Esta actividad esta conformada por el manipuleo, transporte y desfile de la tubería desde el lugar de almacenamiento hasta la zona de trabajo. El transporte de estos se realizaron mediante camiones trailers que tenían la capacidad de albergar 10 tubos. Se tomaron medidas respectivas para evitar dañar el revestimiento y dependiendo de la distancia a transportar la carga era tensada cada 100 Km para evitar el deslizamiento de las tuberías. Durante la manipulación de carga y descarga se utilizaron camiones grúa conocidos como "HIAB". Además se utilizaron mordazas con agarraderas y

sogas de viento a los extremos de los tubos conjuntamente con eslingas y fajas de nylon manteniendo en todo momento el tubo en posición horizontal.

El desfile es la acción de colocar los tubos preferentemente a un costado del eje trazado dejando un espacio para facilitar las actividades posteriores a realizarse. Para evitar dañar el revestimiento del tubo este se colocaba sobre sacos de arena en dos o tres puntos de apoyo. Acabado el desfile se verifica lo siguiente:

- Que la indicación de la costura longitudinal del tubo este en la zona superior y tanto el código y longitud del tubo aparezca escrito en el revestimiento.
- Las curvas deben estar en su posición correcta.

En zonas urbanas donde la actividad fue tal que el desfile continuo de las tuberías pudo impactar negativamente para la actividad comercial, el desfile se realizó en zonas o áreas próximas que facilitaron la elaboración del varillón (conjunto de tuberías soldadas que se preparan fuera de zanja) durante el proceso de soldadura, para luego proceder a desfilas el varillón hasta su zona de aplicación. Para el traslado de los varillones se usó rodillos suficientemente protegidos con la finalidad de evitar cualquier tipo de daño al revestimiento del tubo. Esta opción constructiva es particularmente útil cuando existen sectores de intensa actividad comercial los cuales se verían seriamente comprometidos con un desfile e instalación convencional. De esta manera la elaboración del tramo se realiza básicamente en otro sector y

luego con los mecanismos expuestos se traslada hasta su posicionamiento final minimizando así el impacto en las actividades de rutina del área de ubicación final del varillón.



Figura N° 6: Desfile de Tubería en Vía de Evitamiento

#### **4.2.5 Soldadura de Tuberías**

Este proceso es considerado fundamental para el desarrollo del proyecto, a través de la calidad y producción de juntas soldadas diariamente quedará garantizado el cumplimiento de las metas propuestas en lo referente a los plazos de ejecución. Previo al inicio de los trabajos de soldadura en campo, el área de Aseguramiento y Control de Calidad tienen la responsabilidad de realizar la calificación de soldadores y de elaborar y calificar la Especificación de Procedimiento de Soldadura (EPS), que regirán durante

todo el proyecto; todo esto bajo la Norma API 1104-99. El proceso de soldadura aplicado fue de tipo SMAW, el cual se detalla en el Anexo B.

#### **4.2.5.1 Especificación de Procedimiento de Soldadura**

Para la soldadura de la tubería de 20"Ø, se aplicó la siguiente "EPS". Toda Especificación de Procedimiento de Soldadura se aplica para un rango de variables que están definidas en los cuadros siguientes:

ESPECIFICACION DE LAS VARIABLES (API 1104) – EPS 01	
VARIABLES	DESCRIPCION
Proceso + PQR	SMAW – Arco Manual con Electrodo Revestidos
Material (Tuberías y accesorios)	API 5L gr.X56
Diámetro	20" (Rango calificado : TODOS)
Espesor de pared	11,13 mm (Rango calificado: 4,76 – 19,1mm)
Diseño de la junta	Ver Figura N° 4
Metal de aporte	Grupo 1 – AWS A5.1 & A5.5
Numero de cordones	Multipasadas
Características eléctricas	Ver cuadro de variables operativas en Tabla N° 3
Posición de la junta	6G (45°)
Dirección de soldadura	Descendente
Numero de soldadores	Dos por junta
Tiempo entre pasadas	Máximo 5 min. Entre 1 <sup>ra</sup> (raíz) y 2 <sup>da</sup> pasada, restantes en el día
Tipo de presentador	Externo mecánico
Retiro de presentador	Después de soldada la pasada de raíz el 50% del perímetro de la junta
Limpieza y/o amolado	Ver puntos 2 en Anexo C
Pre calentamiento	100°C (Ver punto 3 y 5 Anexo C)
Gas protector	No aplicable
Caudal	No aplicable
Fúndente protector	No aplicable
Velocidad de soldadura	Ver cuadro de variables operativas en Tabla N° 3
Post calentamiento	No aplicable

Tabla N° 2: Especificaciones de Variables de Soldadura

## DISEÑO DE LA JUNTA

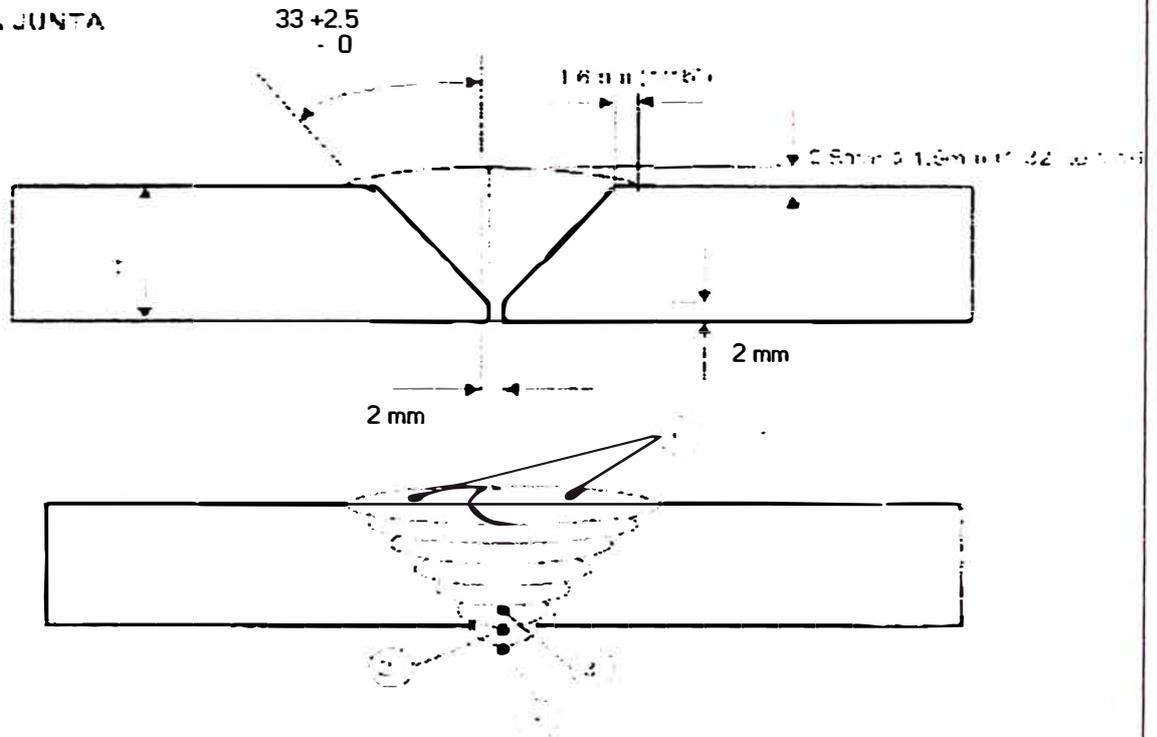


Tabla N° 3: Variables Operativas de Soldadura

11,13 mm	1	2	3 a n	C
PASADA	RAIZ	CALIENTE	RELLENO	COBERTURA
Proceso	SMAW	SMAW	SMAW	SMAW
AWS (Calificación)	E6010	E8010-G	E8010-G	E8010-G
Diámetro (mm)	4	4	5	5
Amperaje	110 – 160	115 – 170	110 – 190	110 – 160
Voltaje	25 – 33	27 – 34	30 – 35	26 – 30
Velocidad (cm/min)	32 – 38	40 – 50	27 – 38	17 – 22
Polaridad DC(+/-)	DC(-)	DC(+)	DC(+)	DC(+)
Dirección A↑ D↓	D↓	D↓	D↓	D↓
Marca comercial (LINCOLN)	FLEETWELD 5P+	SHIELD-ARC 70+		

#### **4.2.5.2 Ejecución de los Trabajos de Soldadura en Campo**

Previo a la ejecución efectiva de los trabajos de soldadura, se efectuaron preliminares de preparación de biseles y alineamiento de tuberías.

##### **4.2.5.2.1 Alineamiento y Biselado de tuberías**

El alineamiento y Biselado de tuberías es una de las actividades previas de la soldadura que requiere de una precisión tal que garantice una preparación de junta y bisel adecuadas, de manera que el soldador encuentre las condiciones óptimas para elaborar una costura que reúna los requisitos de calidad. Se utilizaron grapas externas fabricadas especialmente para la tubería de 20"Ø. Se adaptaron camiones grúa (HIAB) de manera que lleven consigo todos los equipos de soldadura, como moto-soldadoras, grupos electrógenos, carpas de protección, materiales e insumos, a su vez estos camiones se utilizarán para maniobrar las tuberías durante el alineamiento y trabajos de soldadura.

Cuando fue necesario realizar un giro a la tubería para el alineamiento de la costura longitudinal de la misma, la maniobra se realizó con la faja de "ahorque" que consiste en posicionar el ojo de la faja para obtener la rotación adecuada del tubo a instalar. Durante el alineamiento de las tuberías lineales se tuvo en cuenta la ubicación de la costura longitudinal de

los tubos, verificándose que estén alternados entre el 1ro y 4to cuadrante, separados 10 pulgadas conforme la figura adjunta.

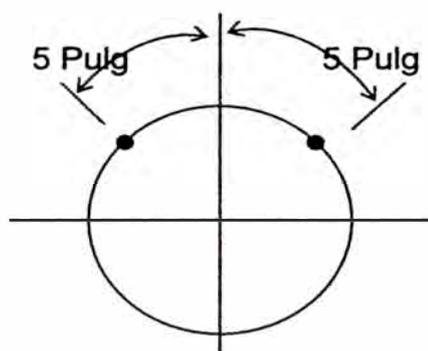


Figura N° 7: Vista de cuadrante y ubicación de costura longitudinal de los tubos

Cuando la soldadura fue entre una tubería recta y una curvada se tomo la previsión que la ubicación de la costura longitudinal del tubo recto siempre coincida con el lomo de la tubería y la ubicación de la costura longitudinal siempre estará de acuerdo al tipo de curva.

#### **4.2.5.2.2 Inspección de Soldadura**

Las inspecciones fueron realizadas por un personal de campo denominado QC (Quality Control) con experiencia en supervisión de soldaduras. Se establecieron inspecciones en tres etapas se este proceso, antes, durante y después del trabajo de soldadura. Antes de la Soldadura se verificaba la

preparación de la junta y el ángulo de biselado, la zona de soldadura debería estar libre de suciedad como polvo, grasa, óxidos y/u otras impurezas que puedan contaminar la soldadura. Se verificaba que la carpa de protección de viento y lluvia esté colocada de manera correcta. Sobre este punto se debe recalcar que cuando los trabajos se realizaban en zonas urbanas las carpas eran utilizadas como medida preventiva de seguridad a las personas ajenas al Proyecto.

Durante la soldadura el QC verificaba que se realice la limpieza mecánica a cada pase de soldadura, que la temperatura de precalentamiento sea mayor o igual a 100° C en el pase de raíz y pase en caliente, que las grapas de alineamiento se remuevan cuando se complete el 50% del pase raíz de la junta. Y para terminar el QC debía tomar y registrar los parámetros eléctricos de soldadura, por lo menos de una junta diaria. Posteriormente al finalizar el trabajo de soldadura, el QC verificaba visualmente el acabado y las dimensiones del cordón de soldadura. Los criterios de aceptación que aplican a la inspección visual y las pruebas de ensayo no destructivo (END) de soldadura rigen de acuerdo a la Norma API 1104 - 99. Para complementar todas las juntas soldadas fueron evaluadas con un ensayo no destructivo de Ultrasonido.

Las pruebas ultrasónicas se llevaron a cabo de acuerdo con el ASME V - Art. 5 y API 1104. Debido a condiciones contractuales del Proyecto, el Propietario, la empresa GNLC, encargó las pruebas a una empresa

Holandesa, la cual aplicó técnicas modernas para la ejecución de estos ensayos.



Figura N° 8: Análisis de junta de soldadura por ultrasonido



Figura N° 9: Trabajos de Soldadura en zanja. Ejecución de un TIE IN

#### **4.2.5 Revestimiento de Juntas**

Esta actividad consiste en el revestimiento de juntas de soldadura mediante “mantas termocontraibles”, el objetivo es recubrir y proteger el acero expuesto de la corrosión. Estas mantas termocontraibles son también conocidas como mangas reductoras de calor. Se aplicaron a las juntas de soldadura aprobadas por la prueba END de ultrasonido. Para el Proyecto se utilizó el producto HTLP 60 de la marca “Raychem”. La hoja técnica se observa en el Anexo D. Este proceso se lleva a cabo de acuerdo a las siguientes actividades:

##### **4.2.6.1 Preparación Superficial**

Previamente al granallado se efectúa la limpieza y retiro de grasas y contaminantes del área de metal expuesto y zona adyacente del revestimiento que irá cubierta con manta termocontraible. Se verifica el biselado del revestimiento del tubo en los extremos de línea adyacente a la junta, en caso de no estar biselado, se debe biselar el mismo con un ángulo preferentemente de 15°, o con un máximo 30°, respecto de la horizontal.

Para el granallado se empleó escoria de cobre y la preparación superficial del metal de acero se realiza hasta alcanzar el grado SSPC-SP 10 (metal casi blanco). Se debe preparar ligeramente el revestimiento adyacente a la junta

soldada, por lo menos 100 mm por lado, quitándole el brillo para obtener una rugosidad que mejore la adherencia. La rugosidad de la superficie metálica tendrá como mínimo 40 micrones. Se controló la rugosidad mediante medidores y comparadores visuales de rugosidades que se detallan en el cuadro siguiente:

TIPO DE INSPECCIÓN	EQUIPO	ENSAYOS A REALIZAR
Insp Instrumental (1)	Surface Profile Comparator Keane - Tator	Según requerimiento
Insp Instrumental (2)	Reloj comparador de rugosidad Cinta Testigo Press – O Film	Una junta por día,

Tabla N° 4: Tipos de Comparadores de Rugosidad

#### 4.2.6.2 Preparación de Primer Epoxy

El “Primer Epoxy” utilizado es de Raychem S1239. Se tomaron las siguientes consideraciones: el mezclado se realizaba aproximadamente 1 minuto hasta obtener una mezcla homogénea, esta debe usarse mientras se encuentre en estado líquido tanto así que su duración máxima es de 30 minutos a una temperatura de 23 °C y la dosificación de los componentes en volumen están dado por la siguiente relación:

Componente A = 2

Componente B = 1

#### 4.2.6.3 Instalación de la Manta Termocontraible

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Se precalentará la superficie expuesta del metal a una temperatura mínima de 70 °C.
- Verificada una adecuada temperatura de precalentamiento con un termómetro digital, se procederá a la aplicación de la mezcla de Primer Epoxy sobre el metal desnudo y el revestimiento adyacente teniendo en cuenta que tiene que sobrepasar el ancho de la manta termocontraible de aproximadamente 20 mm por lado.

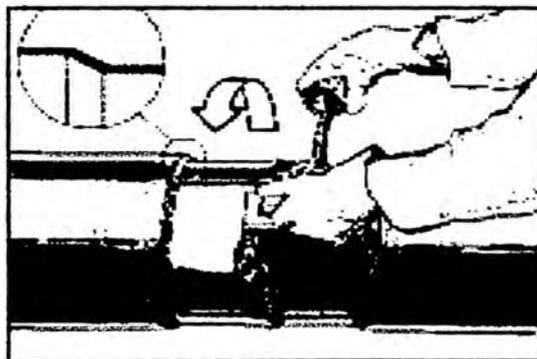


Figura N° 10: Aplicación del "Primer Epoxy"

- Una vez que la mezcla este esparcida homogéneamente se coloca la manta termocontraible centrada sobre la unión soldada, dejando un espacio entre esta y el tubo aproximadamente de 01 pulgada. El

borde con los ángulos recortados se ubicarán traslapados cerca al lomo de la tubería.

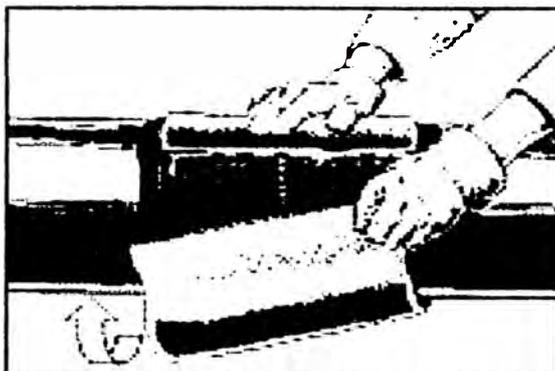


Figura N° 11: Aplicación de la Manta Termocontraible

- Después se coloca el parche de cierre sobre el traslape, calentándolo en la parte del adhesivo por tres a cinco segundos con fuego directo y presionando con un rodillo de silicona para evitar atrapar burbujas de aire.

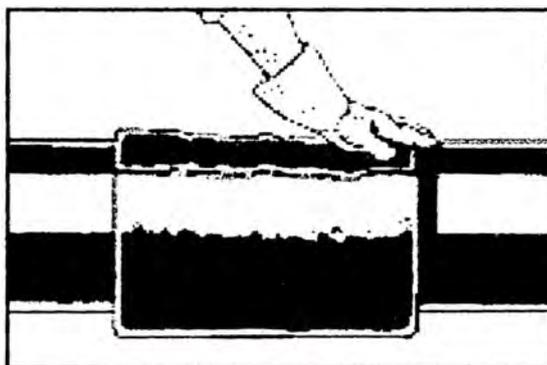


Figura N° 12: Aplicación del Parche de Cierre

- Posteriormente a través de una flama suave de fuego la manta debe ser calentada a partir del centro hacia sus extremos en forma

circunferencial con sumo cuidado evitando quemaduras en la manta. Es primordial que la llama no llegue de forma perpendicular a esta. Continuar con el proceso hasta notar que la manta este uniformemente calentada y contraída firmemente alrededor de la tubería. Para terminar se utiliza un rodillo para expulsar burbujas de aire atrapados entre la manta y la superficie del tubo.

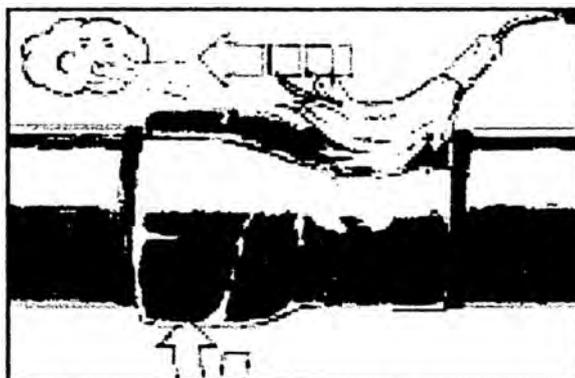


Figura N° 13: Aplicación de flama de fuego a la manta termocontraíble

#### **4.2.6.4 Inspección y Pruebas de Instalación**

La instalación de la manta termocontraíble será verificada e inspeccionada de dos formas, en primer lugar visualmente y mediante una “prueba de adherencia”.

#### **4.2.6.4.1     Inspección Visual**

- Se debe esperar que la manta termocontraible baje a una temperatura de 23°C para iniciar la inspección visual.
- Se tiene que verificar que el perfil del cordón de soldadura debe ser identificable, que los extremos de la manta estén firmemente adheridos al revestimiento del tubo, no deben existir extremos levantados, se debe observar que el adhesivo termoplástico haya fluido por los extremos de la manta, su aspecto debe ser uniforme, sin huecos, quemaduras, cortes, burbujas de aire ni elementos extraños atrapados en el adhesivo debajo de la manta termocontraible.

#### **4.2.6.4.2     Prueba de Adherencia**

Este ensayo se realizó diariamente a una de las mantas instaladas de la producción del día anterior. El tiempo mínimo recomendado posterior a la instalación para realizar la prueba es de 15 horas. Se utilizó un dinamómetro con una escala entre 0 a 10 Kg. este dispositivo viene acompañado de una grapa, en conjunto se utilizan de la siguiente manera. Se cortan 2 tiras de 25x120 mm, perpendicularmente al eje de la tubería con una navaja, una en el área que se encuentra entre la soldadura circunferencial y la manta termocontraible (acero – manta), y otra sobre el revestimiento del tubo (revestimiento – manta); se remueven los primeros 30 – 40 mm del borde de

la tira utilizando de preferencia un destornillador, en esta parte desprendida se colocará la grapa. Se ajusta el dinamómetro al borde de la tira de prueba con la grapa, se aplica una fuerza de 3 Kg. perpendicular a la circunferencia de la tubería manteniendo la carga por 60 segundos. Si la longitud de desprendimiento no supera los 10 cm la prueba será positiva. De lo contrario se procederá a cambiar la manta termocontraible y ejecutar el ensayo de adherencia a otra manta.

Para complementar la información, la instalación de mantas termocontraibles es ejecutada por dos operarios debidamente calificados, ellos fueron capacitados por personal de "Raychem" venidos de Argentina sólo para este propósito y después pasaron por una serie de pruebas de calificación antes de iniciar los trabajos en Obra.



Figura N° 14: Ensayo de Adherencia

#### **4.2.7 Bajada y Montaje de Tubería**

Este proceso de construcción es conocido como bajada de “varillones”. Se define “varillón” al conjunto de tuberías soldadas como mínimo 02 que se preparan antes de ser montados en zanja, dependiendo la zona si es urbana o rural y también del número de interferencias subterráneas se pueden soldar varillones de hasta más de 10 tubos. Se puede proceder a la bajada y montaje de los varillones si las condiciones previas están ejecutadas, estas son las siguientes:

- Instalación de mantas termocontraíbles completas y aprobadas.
- Inspección visual y de ser necesario reparación del revestimiento de los tubos de acuerdo a los criterios siguientes: Para deterioros pequeños que no llegan a la superficie de acero desnudo, se usó el Raychem PERP MELT STICK. Para deterioros prolongando al metal desnudo y no excediendo 12” (300mm.) de ancho, se usó el SISTEMA Raychem PERP de Reparación y mastic S 1137. Para deterioros mayores a 12” (300 mm), se usó una Manta termocontraíble Raychem. En el Anexo E se presenta la hoja técnica correspondiente.
- El revestimiento externo haya sido chequeado para ver si esta en buena condición con un detector de superficies pasadas por alto inmediatamente antes del tendido. Este trabajo se realizó mediante un equipo llamado “Holiday Detector” cuyo voltaje de detección máximo

recomendado es de 5 Kv por cada mm de espesor de revestimiento más 5 Kv. Este aparato nos permitió verificar el revestimiento antes del bajado de los varillones y previo al relleno con arena. Se adjunta información técnica al respecto en el Anexo F.

Durante la bajada, el tubo no debió estar sujeto a esfuerzos inadmisibles. También se preparó la zanja, limpiando esta y colocando sacos de arena como apoyo de los varillones. Se utilizaron camiones HIAB y grúas debidamente implementadas y elegidas para soportar las cargas según cálculos elaborados previamente.

Después de la bajada, se preveía que la tubería este completamente libre de cualquier esfuerzo en la zanja, uniendo las diferentes secciones para que no cause esfuerzos inadmisibles en el gasoducto. Las uniones de empalme fueron solamente ejecutadas en secciones consecutivas a su nivel definitivo.

En lugares donde el tipo de terreno fue tal que el tubo pudo ser levantado como resultado de una presión hidrostática, como por ejemplo zonas con napa freática o cruce de ríos se colocaron un lastre sobre la tubería. El lastre consiste en bloques de concreto reforzado prefabricado, sobre la sección más importante. El refuerzo del concreto no debe estar en contacto con el tubo. El concreto en contacto con el tubo revestido debe ser lo suficientemente suave.



Figura N° 15: Bajada de Varillones

#### 4.2.8 Relleno y Compactación

Previamente a esta actividad se debe verificar lo siguiente:

- Centrado de la tubería en zanja.
- Limpieza de zanja; se debe eliminar todo elemento extraño como piedras, restos orgánicos e inorgánicos que por diferentes motivos llegaron al lugar.
- Toma de puntos topográficos de cada junta de soldadura, esta información es necesaria para emitir los planos conforme a obra “As Built” y el replanteo de línea.

- El estado del revestimiento de la tubería y de las mantas termocontraíbles, es necesario la inspección con holiday detector nuevamente antes de aplicar la primera capa de arena.

#### **4.2.8.1 Primera Capa de relleno con Arena Fina**

La arena fina viene a ser utilizada tanto cama de arena, como primera capa de protección que cubrirá los alrededores del tubo, brinda soporte en forma uniforme al área sobre la que descansan los varillones. La arena utilizada fue de un espesor mínimo de 0.15m, su compactación se realizó con su humedad óptima, utilizando equipo mecánico adecuado, su densidad no debe ser menor de 80%. Instalada la tubería, se rellena hasta unos 0.45m por encima del tubo. El material de relleno es colocado en capas no mayores de 0.30m de espesor y humedecidos uniformemente, para luego ser compactados mediante equipo mecánico o manualmente con pisón hasta alcanzar una densidad no menor al 95% de la determinada por el método proctor. Si la arena tiene menos de 0.5% de limo pasado por el tamiz #200 su compactación se realiza hidráulicamente, por inyección de agua hasta un espesor de 0.40m.

#### **4.2.8.2 Capas de Relleno**

El material de relleno fue colocado en capas sucesivas de 30cm, siendo humedecidos respectivamente, posteriormente se compactaban mediante rodillos compactadores y vibropisonadores hasta alcanzar una densidad no menor al 95% de la determinada por el método proctor modificado en zonas de tránsito pesado y del estándar en zonas de tránsito liviano. Para el caso de pistas y vías de acceso, en la parte superior del relleno se colocará una capa de afirmado granular de 0.20 a 0.30m de espesor compactada al 100% del proctor modificado. Entre capas de este relleno se colocó una cinta de señalización y advertencia a lo largo del trazo indicando la presencia del gasoducto.

#### **4.2.8.3 Reposición Final**

Esta etapa viene a ser la última del tren de actividades, es la finalización de los trabajos que se iniciaron con el trazo y replanteo del eje. Mediante este trabajo se dará la conformidad final de los entes correspondientes, ya sea al cliente distribuidor de gas natural y los Municipios que verificarán y compararán el estado actual e inicial de los pavimentos.

El propósito es minimizar el impacto ambiental que ocurrió durante la construcción es un aspecto fundamental de la Prevención de Riesgos y

Gestión Ambiental del Proyecto, es vital reponer tal cual se encontró inicialmente la zona de trabajo, pueden ser jardines, pavimentos flexibles (asfalto) y pavimentos rígidos (concreto) o simplemente terreno natural. Para ambos tipos de pavimentos los trabajos son inspeccionados mediante un “listado de chequeo de actividades”.

Como actividades intermedias durante el proceso de relleno y compactación de zanja se ejecutaron la instalación de triducto para comunicaciones y una prueba de control de calidad conocida como “Pearson Test”



Figura N° 16: Relleno de Zanja



Figura N° 17: Compactación de últimas capas de tapado



Figura N° 18: Reposición Final de terreno

#### **4.2.8.4 Instalación de Triducto**

El Triducto es el conducto por donde se instalará la fibra óptica de tele transmisión. El Triducto es almacenado en rollos cada uno tendrá una longitud de 500 ml. Una vez alcanzado la capa necesaria especificada en los planos de construcción, empezará la instalación de los triductos. El tendido fue realizado tomando las precauciones necesarias para evitar daños al Triducto. Mediante un carrete deslizante el Triducto era tendido. Posteriormente se continuaba con las consecutivas capas de relleno. Los empalmes de Triducto se realizaron con un manguito tipo roscado HDPE 34/40 mm. También se instalaron cajas de paso y derivación que complementan esta actividad. Finalizado los trabajos se ejecutarán dos pruebas las cuales son: prueba de libre paso y prueba de hermeticidad.

##### **4.2.8.4.1 Prueba de libre paso**

Esta prueba nos permitió verificar que a lo largo del Triducto la existencia o no de elementos extraños que obstruyan el libre paso de la fibra óptica. La prueba se realiza entre dos cajas de paso y consiste en lo siguiente:

- Un elemento denominado “mandril” es desplazado por el Triducto mediante inyección de aire a presión. Se dará la conformidad si el

mandril logra salir sin problema alguno hasta el otro extremo del Triducto.

- En caso contrario el mandril quedará atrapado en algún punto del tramo evidenciando un obstáculo en el triducto, entonces se debe proceder a ingresar otro mandril con una guía que ubicará la progresiva de la interferencia. Logrado esto mediante una calicata se llega al punto para eliminar el objeto extraño o la causa que puede ser aplastamiento total en esa zona del triducto. Se hacen los empalmes necesarios y para finalizar se debe ejecutar una nueva prueba de libre paso.

#### **4.2.8.4.2 Prueba de hermeticidad**

Esta prueba puede ser iniciada luego que la prueba de libre paso ha sido positiva. Esta prueba consiste en inyectar aire a una presión de 6 bar por media hora. La prueba será satisfactoria si la presión no decae, caso contrario se procederá a detectar la zona de fuga y reparar la zona afectada, extrayendo la porción de triducto dañado y reemplazándolo por uno en buen estado.

#### 4.2.8.5 Prueba de Pearson Test

Existen diversas técnicas que permiten evaluar la efectividad de los sistemas de protección catódica e identificar zonas dañadas de los revestimientos de tuberías enterradas. Con la información detallada y correctamente interpretada, resultante de la aplicación de tales técnicas, se pueden diseñar acciones correctivas a fin de mantener la integridad de las estructuras enterradas y extender su vida útil. Los métodos disponibles en la actualidad son los siguientes:

- Método Pearson
- Métodos electromagnéticos de atenuación
- Mediciones de Potencial “Paso a Paso” (Close Interval Potencial Survey)
- Método DCVG (Direct Current Gradient Voltaje)

Todos estos métodos, con sus respectivas ventajas y desventajas, se emplean para detectar fallas del revestimiento de tuberías. En el proyecto se empleo el método Pearson, de acuerdo a las especificaciones técnicas.

El método Pearson es una técnica de relevamiento sobre terreno utilizada para detectar fallas en el revestimiento de tuberías enterradas, denominada de esa manera en honor a su creador J. M. Pearson. Mediante este método se compara los gradientes de potencial medidos a lo largo de la tubería entre dos contactos eléctricos a tierra. Se inyecta a la estructura una señal de corriente alterna (AC). Los gradientes de potencial resultan de la fuga a tierra

de dicha corriente en las fallas de revestimiento o en los contactos con otros objetos metálicos dentro de la zanja en donde subyace la tubería

El equipo necesario para el método Pearson es el siguiente:

- Transmisor: para proveer la señal alterna de aproximadamente 750Hz. El transmisor es energizado por una batería externa de alta capacidad.
- Receptor: es portátil operado a baterías internas con un dispositivo de control de sensibilidad, alarma sonora, salida de auriculares. El receptor se sintoniza a la frecuencia del transmisor.
- Contactos a tierra: es un conjunto de plataforma de clavos o tapones metálicos de aluminio.
- Conexiones: arnés con cable entre los contactos a tierra y el receptor.
- Estaca a tierra y cables de conexión del transmisor.

El procedimiento se describe de la siguiente manera:

- El transmisor se conecta eléctricamente con un cable a la tubería. Por lo general se utiliza un extremo de la tubería o un cable de medición de potencial ya soldado. El otro cable se conecta a una buena puesta a tierra remota y luego se energiza.
- Luego de instalado el transmisor, por medio de arnés se conecta el receptor a los contactos portados por los operadores, de tal manera, que en todo momento, existe una conexión franca a tierra. Los cables

de conexión permiten una separación entre los operadores de 6 a 8 m.

- La prueba debe comenzar a una distancia suficiente del transmisor y la estaca a tierra para minimizar los efectos de interferencia provocados por el mismo transmisor y el flujo de corriente de retorno del terreno.
- Los dos operadores recorren la traza de la tubería sobre la vertical de la misma, para localizar las fallas del revestimiento; cuando el contacto delantero se aproxima a un defecto de revestimiento, se produce un marcado aumento en el nivel de la señal que se evidencia por un aumento en el volumen del sonido en los auriculares o bien por un valor mayor en la lectura del medidor de nivel de señal. A medida que el contacto delantero va pasando por la zona del defecto, la señal se va atenuando y vuelve a notarse el pico cuando se aproxima el contacto trasero. Cuando la señal no es fácilmente interpretada o donde pudiera haber más de una falla dentro del segmento abracado por los operadores, se puede clasificar el estudio por medio de mediciones en dirección perpendicular a la tubería, es decir, un operador camina sobre la misma y el otro en dirección paralela, apartado del primero unos 6 – 8 m. De esta manera cada defecto individual es indicado cuando el operador que camina sobre la tubería pasa sobre él.

Respecto a los criterios e interpretación, no hay un conjunto definido para determinar las fallas de revestimiento por el método Pearson. El método es utilizado para la ubicación de probables defectos pero la interpretación de los resultados depende fuertemente de la habilidad y experiencias de los operadores. Se adjunta mayor información en Anexo G.

#### **4.2.9 Prueba Hidráulica de Resistencia y Hermeticidad**

Finalizado la construcción de todo gasoducto se procederá a efectuar la prueba final de control de calidad que verificará y garantizará que el sistema queda listo y disponible para trabajar a la presión de operación establecida. Producto de compatibilizar las “Especificaciones Técnicas Generales” y la norma ASME B31.8 (numeral 841.3), se estableció la prueba del tipo Hidráulica de Resistencia y Hermeticidad. Se ejecutaron pruebas hidráulicas en cuatro tramos. La longitud máxima posible de prueba era de 30 Km.

- Tramo I      PK : 00 + 000      al      10 + 468.28
- Tramo II     PK : 10 + 468.28    al      34 + 294.26
- Tramo III    PK : 34 + 294.26    al      45 + 837.55
- Tramo IV    PK : 45 + 837.55    al      61 + 224.86

#### **4.2.9.1 Prueba de Resistencia**

La prueba de resistencia se realiza con la finalidad de asegurar que la tubería sea lo suficientemente resistente para funcionar bajo las condiciones normales de operación. Se estipuló que la prueba de resistencia se realizaría una presión 50% mayor a la presión de diseño de la tubería a probar. La prueba de resistencia tiene una duración de 8 horas como mínimo. Es una prueba que se realiza con la finalidad de comprobar el comportamiento mecánico del tramo liberado.

#### **4.2.9.2 Prueba de Hermeticidad**

La prueba de hermeticidad se realiza al finalizar la prueba de resistencia, se reduce la presión hasta el 90% del valor de la presión de prueba de resistencia. Esta prueba se realiza con la finalidad de comprobar la hermeticidad del tramo liberado ya sometido a la prueba de resistencia, y demostrar la inexistencia de fugas en la tubería. La presión de prueba se mantiene durante veinticuatro horas.

#### **4.2.9.1 Equipos y accesorios de Prueba**

Los accesorios básicos en una prueba hidráulica se denominan “Cabezales para Prueba” estos elementos diseñados permiten la limpieza, calibración, llenado y la descarga de agua del tramo de tubería a probar, se diferencian entre cabezales de limpieza y calibración y cabezales de prueba. Estos se prueban hidrostáticamente previamente, a una presión de 1.25 veces la presión estipulada de prueba de la tubería por una hora. También tenemos los instrumentos de control, con los cuales se verifican los parámetros durante la prueba, tales como los manómetros de presión, termocuplas, sensores y un registrador digital de señales. Por último, como elementos primordiales se emplearon los conocidos “pigs” de limpieza y llenado. Se adjuntan esquemas de cabezales de prueba y de limpieza como Anexos H.

#### **4.2.9.2 Actividades Preliminares**

Se tomaron consideraciones previas a la ejecución de los Trabajos de Prueba Hidráulica como determinar las presiones máximas y mínimas de la tubería según su progresiva de ubicación, puntos de carga y descarga del agua empleada. Los parámetros aceptados del agua a utilizar se muestran:

- PH [ 6 – 8 ]
- Cloruros máximos 200 p.p.m.

- Sulfatos máximos 250 p.p.m.
- Sólidos en suspensión máximos 50 p.p.m.

La limpieza previa, es de carácter preliminar, la finalidad es expulsar de la tubería, cualquier material extraño que haya quedado dentro de la línea, durante la etapa de construcción. Se montan los cabezales de limpieza y calibración de de lanzamiento y recepción, posteriormente se inyecta aire mediante un compresor de manera de impulsar y desplazar los pigs correspondientes, los cuales son de dos tipos: “pig de copas” (brushing pigs”) y “pig de espumas” (foam pig). El paso de estos pigs será tantas veces el Cliente las considere necesario. Culminado el proceso de desmontan los cabezales de limpieza.

#### **4.2.9.3 Actividades de Prueba**

En este proceso se completa el llenado de la tubería y se da inicio al levantamiento de presiones hasta estabilizarlas y dar inicio a la prueba de Resistencia. La secuencia es la siguiente:

- Montaje y soldadura de los cabezales de prueba tanto de lanzamiento como de recepción.
- Instalación de instrumentos y válvulas en los cabezales.
- El primer volumen de agua será necesario para empujar el “pig de dos copas” de llenado preliminar, posterior a este, por la válvula

correspondiente se impulsará el segundo “pig de cuatro copas”. Durante este proceso se debe manipular debidamente las válvulas en el cabezal receptor para crear una contrapresión y asegurar que el llenado sea a presión y caudal constante y evitar la formación de bolsones de aire y que el pig no se separe de la columna de agua en las depresiones del tramo.

- Finalizado el llenado se debe esperar por un período de estabilización térmica entre el agua y el suelo circundante.
- Mediante una bomba de alta presión se procede a elevar la presión hasta alcanzar el 80% de la presión de prueba de resistencia, con este valor se debe esperar un tiempo de estabilización, necesario para evaluar alguna posible fuga y adaptar la tubería a las nuevas presiones que será sometido.
- Luego del tiempo esperado para la estabilización se procede a elevar la presión hasta el valor máximo de prueba, se interrumpe el bombeo y se mantendrá y verificará la presión durante 8 horas continuas.
- Culminada la prueba de resistencia se procede a reducir la presión hasta 90 % de la presión de prueba de resistencia. Este valor se mantendrá y verificará por 24 horas continuas.



Figura N° 19: Instalación de Brushing Pig para prelimpieza de tubería



Figura N° 20: Compresor utilizado para impulsar pig de limpieza

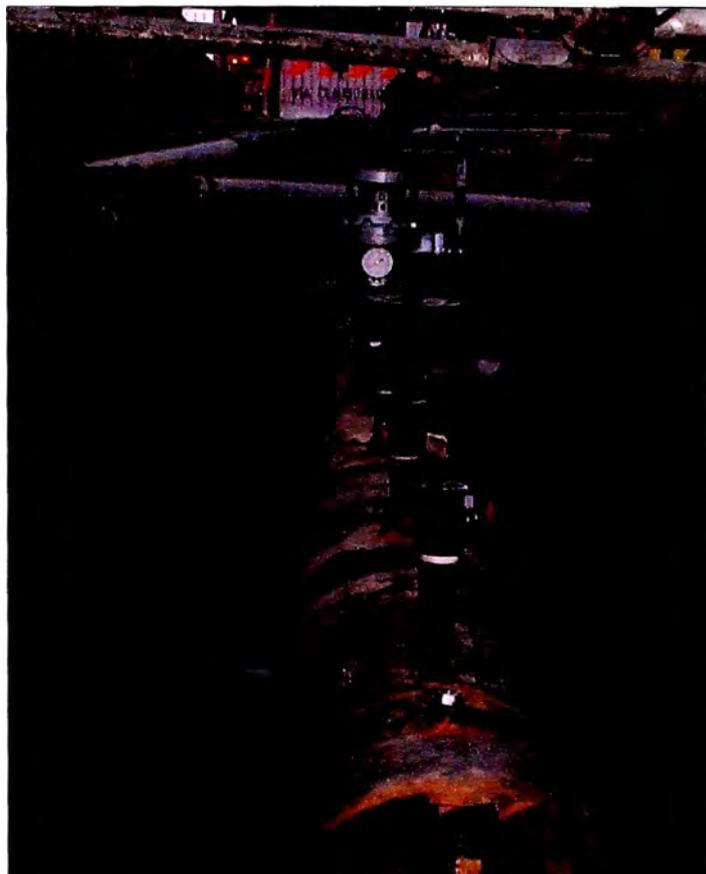


Figura N° 21: Cabezal de Lanzamiento de Prueba

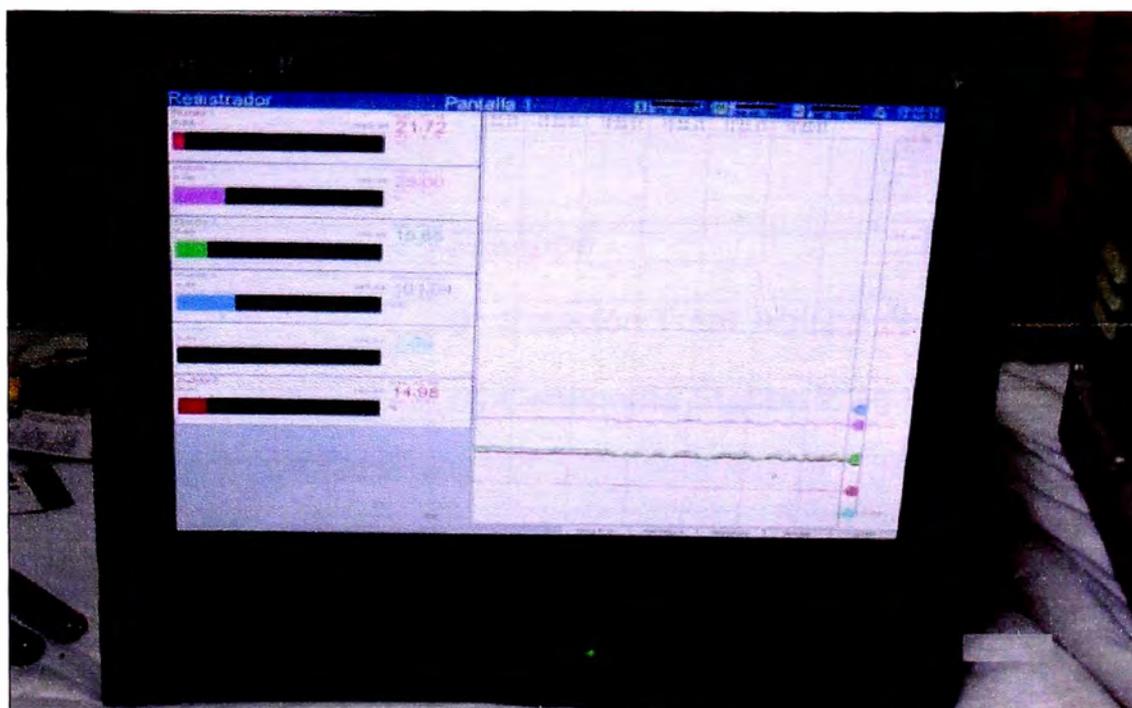


Figura N° 22: Registrador Digital de Presiones y Temperaturas

#### 4.2.10 Mano de Obra y Equipos

Definido las actividades que conforman el tren de actividades es necesario asignar recursos de mano de obra y equipos. Las categorías de mano de Obra empleadas son las siguientes:

- Supervisor Mecánico y/o Civil
- Soldador
- Capataz
- Operario
- Oficial
- Ayudante

##### 4.2.10.1 Trazo y replanteo topográfico

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Topógrafo	01 Estación Total: equipo de topografía
01 Operario	01 Camioneta Station Wagon
01 Oficial	
01 Ayudante	

Tabla N° 5

#### 4.2.10.2 Señalización

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Oficial	01 Camión Baranda
01 Operador	
03 Ayudantes	

Tabla N° 6

#### 4.2.10.3 Detección de Interferencias

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Capataz	01 Camión Baranda
01 Operador	01 Equipo de Corte
01 Oficial	
04 Ayudantes	

Tabla N° 7

#### 4.2.10.4 Excavación

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Capataz	02 Retroexcavadoras
02 Operadores	01 Cortadora de Pavimento
02 Oficiales	01 Martillo Hidráulico
08 Ayudantes	02 Volquetes
	01 Camión Baranda

Tabla N° 8

#### 4.2.10.5 Desfile y Bajada de Tuberías

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Capataz	02 Camión Grúa HIAB
03 Operadores	01 Grúa
02 Operador (doblador de tubos)	01 Dobladora de Tubos
01 Oficial	02 Volquetes
03 Ayudantes	

Tabla N° 9

#### 4.2.10.6 Soldadura de Tuberías

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Supervisor de Soldadura	02 Camión Grúa HIAB
06 Soldadores	06 Motosoldadoras
02 Operarios - Electricistas	01 Camión Baranda
03 Operadores	
02 Operario - Alineador	
02 Operario – Trazador	
04 Oficial – Esmerilador	
06 Ayudantes	

Tabla N° 10

#### 4.2.10.7 Arenado y Revestimiento de Juntas

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
02 Operarios – Revestidores	01 Compresora de 250 cfm
02 Operarios – Arenadores	01 Camión Baranda
02 Operarios – Reparadores	01 Holiday Detector
01 Operador	
02 Ayudantes	

Tabla N° 11

#### 4.2.10.8 Relleno, Reposición e Instalación de Triducto

<b>Mano de Obra</b>	<b>Equipos</b>
01 Capataz	03 Minicargadores
03 Operadores - Minicargador	03 Rodillos Hidráulicos
03 Operadores – Rodillo Hidráulico	01 Vibropisonador
03 Oficiales	01 Camión Baranda
10 Ayudantes	

Tabla N° 12

#### 4.3 Plan de Control de Obra

Por la envergadura del Proyecto de Construcción fue necesario implementar un sistema de control que nos permita evaluar y controlar 03 aspectos fundamentales como:

- El avance diario en metros lineales de gasoducto.
- El cumplimiento semanal de las actividades programadas a ejecutar durante eso 7 días.
- La productividad semanal de la mano de obra empleada.

Partiendo de estas premisas que nos interesa conocer para tomar decisiones que lleven a manejar el Proyecto como estaba planificado, se

elaboraron los siguientes cuadros de control. Estas herramientas son indicadores de gestión expresadas cuantitativamente y nos permiten analizar cuan bien se está administrando los procesos constructivos del Proyecto.

#### **4.3.1 Control de Avance Diario**

Es un indicador de eficacia porque mide si el proceso cumple con las expectativas establecidas, comparando la magnitud de este con un valor estándar definido. Esta basado en el concepto de “metros equivalentes”, se trata de cuantificar y concatenar en función de porcentajes cada actividad que conforma el denominado “tren de actividades”.

En base al costo unitario las actividades principales que se aplican consecutivamente para la instalación de un metro lineal de gasoducto tendrán un peso porcentual de incidencia y estas cuando son reunidas en un cuadro, en base al avance diario en metros lineales y su porcentaje sumarán un metrado lineal equivalente diario.

El valor de comparación viene a ser el metrado equivalente diario de avance que se ha programado, es la expectativa que se espera realicen los recursos humanos y equipos asignados. El metrado equivalente nos permitió valorizar un cierto metrado aún si sólo se hubiera ejecutado una sola actividad como

la excavación, es decir, nos pagarían metros lineales de tuberías que aún no eran ni siquiera desfiladas en campo.

Para la elaboración de este cuadro se decidió tomar en cuenta las siguientes actividades:

- Excavación
- Desfile de Tuberías
- Soldadura
- Arenado y Revestimiento de Juntas
- Bajada y Montaje de Tuberías
- Rellenos:
  - Relleno Fase 1 – Arena Fina
  - Tendido de Triducto
  - Relleno Fase 2 – Material Reciclado
  - Relleno Fase 3 – Ultima Capa Reciclado y/o Afirmado
- Reposición – Terreno Natural/Jardines/Pavimentos

También un factor importante considerado es el denominado “factor de equivalencia”, de manera de uniformizar los metros de avance en cada actividad. Se aplicó en el caso de juntas soldadas y revestidas puesto que actividades como excavación y rellenos se reportan como metros lineales ejecutados, las juntas de soldadura se reportan como un número entonces considerando que las tuberías tienen en promedio 12.00 metros de longitud,

este el factor de equivalencia que corresponde colocar en el cuadro. El cuadro tiene la siguiente configuración.

Item	Descripción	Incidencia	Valor Actual Registrado (ml)	Factor de Equivalencia	Und.	Valor Actual Equivalente (ml)	Saldo Equivalente (ml)
01	Excavación	23.7%		1.00	ml		
02	Desfile	6.0%		1.00	ml		
03	Soldadura	16.7%		12.00	Junta		
04	Revestimiento de Juntas	3.7%		12.00	Junta		
05	Bajada de Tubería	10.6%		1.00	ml		
06	Relleno Fase 1	7.4%		1.00	ml		
07	Tendido de Triducto	3.7%		1.00	ml		
08	Relleno Fase 2	5.7%		1.00	ml		
09	Relleno Fase 3	7.3%		1.00	ml		
10	Reposición	15.4%		1.00	ml		
	Longitud Equivalente Ejecutada (ml)						

Tabla N° 13: Cuadro de Avances Diarios

El valor Actual Registrado es el valor acumulado de los metros lineales y juntas soldadas y revestidas hasta el momento, mientras que el valor actual equivalente es el valor actual registrado multiplicado por el factor de equivalencia. Nos referimos en este sentido a cada actividad en forma independiente. Para determinar la Longitud Equivalente Ejecutada se debe operar la suma producto de los valores actuales equivalente y los factores de incidencia por cada actividad. Como ejemplo, un cuadro completo se adjunta como Anexo I.

### **4.3.2 Plan de Porcentaje Completado (PPC)**

Es un indicador de eficacia, también conocido como “Índice de Confiabilidad”, mediante este controlamos el cumplimiento de las actividades programadas por los Ingenieros de Campo, el resultado será un porcentaje que representa el plan ejecutado y completado en la semana. Es una manera de medir el rendimiento de las cuadrillas de trabajo y la capacidad de gestión de los Ingenieros Responsables del Frente de Obra.

El análisis parte de la programación semanal que entregan los Ingenieros en reunión de obra, este cronograma se denomina “Look Ahead”, que representa un plan de ejecución de actividades en las tres semanas siguientes. Este “Look Ahead” es modificado y actualizado semanalmente de acuerdo a los objetivos alcanzados. La configuración del “Look Ahead” se muestra a continuación.

Item	Actividad	Lun.	Mar.	Miér	Juev	Vier	Sáb.
01	Recorrido Informativo	Calle A 0+000 0+200					
02	Trazo y Replanteo						
03	Detección de Interferencias						
04	Señalización						
05	Desfile						
06	Soldadura						
07	Inspección de Juntas UT						
08	Arenado y Revestimiento de Juntas						
09	Excavación						
10	Bajada y Montaje de Tubería						
11	Relleno Arena Fina						
12	Tendido de Triducto						
13	Relleno Material Reciclado						
14	Relleno Última Capa - Reciclado / Afirmado						
15	Reposición y Limpieza Final						

Tabla N° 14: Cuadro de Look Ahead Semanal

En cada casilla por lo general se colocan las progresivas de inicio y final que se esperan ejecutar diariamente por la actividad respectiva.

Para continuar la elaboración del PPC es necesario definir las “causas de incumplimiento”. Se definieron las siguientes:

- Causas de Equipos: debido a equipos que presentan fallas durante la ejecución del trabajo, operadores indispuestos, indisponibilidad de equipos para reemplazar, etc.
- Causas Externas: debido a paralizaciones, desacuerdos con el sindicato o población de la zona, etc.

- Causas del Cliente: debido a indefiniciones en los tramos, cambio de planes, etc.
- Causas Logística: llegada tardía de materiales e incumplimiento de proveedores, etc.
- Causas de Calidad: por lo general por no confirmadas reportadas, etc.
- Causa de Permiso Municipal: Faltas de permiso municipal, desacuerdos con alcaldías.
- Causas de Ingeniería: debido a cambios de ingeniería en campo.
- Error de Programación.
- Falta de coordinación interna entre las diferentes áreas de gestión y soporte.
- Causas de Campo: debido a bajo rendimiento del personal, dificultades encontradas en campo, etc.

Finalmente el resultado que obtenemos responde a dos preguntas:

- ¿Qué porcentaje de las actividades programadas se ejecutaron?
- ¿Por qué no se completó el trabajo programado?

Algunos cuadros se muestran en el Anexo J

### 4.3.3 Indice de Productividad (IP)

Este es un indicador de eficiencia que mide el consumo de recursos durante el proceso constructivo. Para este Proyecto se cálculo y analizó el índice de Productividad de Mano de Obra. Consiste en medir y evaluar la eficiencia de las horas hombre empleadas para producir un avance en metros lineales o por unidad dependiendo de cada actividad de trabajo. Este se realiza semanalmente. Las unidades de este índice pueden ser:

- Horas – Hombre x metro lineal
- Horas – Hombre x unidad

El IP consta de tres partes:

La primera hoja es el resumen del avance acumulado del Proyecto por actividad. Se incluye un gráfico comparativo entre el avance real y avance esperado. Es un complemento al indicador de avance diario. Sin embargo se consideraron todas las actividades de trabajo que están relacionadas a una partida que fue asignada según el presupuesto de mano de obra.

En la segunda hoja se calcula el índice de productividad semanal por cada actividad, se determinan a su vez las horas hombre ganadas o pérdidas, esto se obtiene restando el resultado con el ratio previsto. La configuración es la siguiente:

Item	Descripción	IP Previsto	IP Real	Semana 1
1	<u>Excavación</u>	----	—	
1.1	HH – Semanal	—	—	
1.2	HH – Acumulado	138 000		
1.3	Metrado – Avance Semanal	—	—	
1.4	Metrado – Avance Acumulado (ml)	60 000		
1.5	Indice Semanal	—	—	
1.6	Indice Acumulado	2.3		
1.7	Indice Previsto	---	—	
1.8	HH – Perdidas o Ganadas	—	—	
1.9	HH – Perdidas o Ganadas Previsto	—	---	

Tabla N° 15: Cuadro Resumen del Indice de Productividad

Finalmente en la hoja resumen se apreciara los avances acumulados, las horas hombre acumuladas y el resultado de dividir estas que viene a ser el “índice de productividad acumulado”. Algunos cuadros se muestran en el Anexo K.

Los resultados son evidentes y puntuales mediante este indicador se podrá determinar si el proyecto está ganado o perdiendo horas hombre de producción. Para complementar la información, los ratios de rendimiento previstos o índices de productividad proyectados, por lo general se obtienen de datos históricos de proyectos similares. En el caso presente se compararon con ratios de proyectos desarrollados en otros países, ayuda que fue proporcionada por los especialistas contratados para la construcción del gasoducto.

#### 4.4 Plan de Gestión de Calidad

##### 4.4.1 Generalidades

El Plan de Gestión de Calidad (PGC) se sustentó en la Norma ISO 9001:2000, teniendo como características la mejora continua y su base conceptual es el círculo de Deming. El modelo conceptual es el siguiente:



Figura N° 23



Figura N° 24

Planificar los objetivos de mejora para el proceso y la manera en que se van a alcanzar.

- Hacer, ejecutando las actividades planificadas para la mejora.
- Verificar la efectividad de las actividades de mejora.
- Actuar, actualizando la nueva forma de hacer ocurrir el proceso con las mejoras que hayan demostrado efectividad.

El alcance del PGC fue aplicable a todas las actividades de trabajo y se estructuró en 4 etapas:

- Parte 1: Gestión de Calidad
- Parte 2: Obras Mecánicas
- Parte 3: Obras Civiles
- Parte 4: Obras eléctricas y otras afines

El PGC contiene los procedimientos e instrucciones técnicas complementarias requeridas para la ejecución de la Obra. Estos procedimientos de trabajo fueron totalmente cumplidos en la ejecución de cada actividad del proceso constructivo, originando registros de calidad que aseguraban la calidad del producto resultante de cada proceso.

#### **4.4.2        Conceptos**

##### **4.4.2.1      Control de Calidad**

Es el conjunto de técnicas y actividades operativas utilizadas para cumplir con los requisitos relativos a la calidad. Cuando se hace referencia a un concepto más restringido del control de calidad se suele emplear “Control de Calidad de Fabricación”; pero si el alcance es a nivel de toda la organización empresarial se le asigna como “control de calidad”.

El control de calidad implica la aplicación de técnicas operativas y actividades, dirigidas a controlar un proceso y eliminar las causas de un rendimiento no satisfactorio de las diferentes fases del ciclo de la calidad a fin de lograr los mejores resultados económicos.

#### **4.4.2.2 Aseguramiento de Calidad**

El aseguramiento de Calidad se ha definido como el conjunto de acciones planificadas y sistemáticas necesarias para proporcionar confianza que un producto (sea un bien o un servicio) satisfará los requerimientos relativos a la calidad. Con acciones planificadas y sistemáticas se quiere relevar que estas son debidamente previstas y responden a una frecuencia programada, ordenada, documentada, organizada y controlada en la perspectiva de asegurar que los productos alcanzarán la calidad esperada por el cliente y se cubrirá sus expectativas al momento de compararlos. Dentro de una empresa, el aseguramiento de la calidad se utiliza como una herramienta de gestión.

En situaciones contractuales (cliente – proveedor), el aseguramiento de la calidad también sirve para proporcionar confianza en el proveedor. El aseguramiento de la calidad se centra en un enfoque sistémico para desarrollar un conjunto de tareas que involucran a toda la empresa con miras a un desarrollo permanente de calidad.

El aseguramiento de la calidad consiste en tener y seguir un conjunto de acciones planificadas y sistemáticas, implantadas dentro del Sistema de Calidad. Estas acciones deben ser demostrables para proporcionar la confianza adecuada, tanto a la propia empresa como a los clientes que se cumplen los requisitos del Sistema de Calidad.

#### **4.4.2.3 Calidad Total**

La constante evolución de las necesidades y expectativas de los clientes, junto con la evolución de la tecnología ha conducido tanto a quienes se desenvuelven en el mundo académico como a los hombres de empresa a pensar en un concepto de calidad orientado hacia la Satisfacción plena del cliente y a cubrir las aspiraciones de la propia empresa y de sus integrantes.

En base a esta premisa se desarrolla el enfoque de calidad total, cuya definición sería el siguiente: “la calidad total es la adaptación permanente de los productos a las necesidades explícitas o implícitas de los clientes externos e internos mediante el control de todas las actividades de la empresa”

#### **4.4.2.4 Mejora Continua**

El objetivo de la mejora continua del sistema de gestión de la calidad es incrementar la probabilidad de aumentar la satisfacción de los clientes y de otras partes interesadas. Las siguientes acciones son destinadas a la mejora:

- Analizar y evaluar de la situación existente para identificar áreas para la mejora.

- Establecer objetivos para la mejora.
- Busca de posibles soluciones para lograr los objetivos.
- Evaluar y seleccionar dichas soluciones
- Implementar la solución seleccionada.
- Medir, verificar, analizar y evaluar los resultados de la implementación para determinar que se han alcanzado los objetivos.
- Formalizar los cambios.

Los resultados se revisan, cuando es necesario, para determinar oportunidades adicionales de mejora. De esta manera, la mejora es una actividad continua. La información proveniente de los clientes y otras partes interesadas, las auditorias y la revisión del sistema de gestión de calidad pueden, asimismo, utilizarse para identificar oportunidades para la mejora.

#### **4.4.3 Identificación de Procesos**

El modelo de gestión fue basado en procesos. Se define proceso a cualquier secuencia repetitiva de actividades que una o varias personas desarrollan para hacer llegar una salida a un destinatario a partir de unos recursos que se utilizan o bien se consumen. El modelo se muestra a continuación



Figura N° 25

#### 4.4.4 Estructura de la Documentación

Los documentos que formaron parte del PGC son los siguientes y están organizados de acuerdo a los siguientes niveles:

- NIVEL I      Manual de Calidad
- NIVEL II     Procedimientos Operativos de Calidad
- NIVEL III    Instrucciones técnicas complementarias
- NIVEL IV    Registros de Calidad

#### **4.4.4.1 Manual de Calidad**

El manual de Calidad define el alcance del Plan de Gestión de Calidad, a su vez, define los procedimientos y demás documentos mediante los cuales se desarrollo el Proyecto bajo principios de gestión de calidad. Los aspectos más importantes que menciona son los siguientes:

- Requisitos Generales y de documentación del Plan de Gestión de Calidad. Estipula acciones a desarrollar como identificar procedimientos para el PGC, determinar la secuencia e interacción de los procesos identificados, controlar documentos y registros, etc.
- Responsabilidad de la Dirección que involucran compromiso de la dirección, enfoque al cliente y política de calidad, planificación, etc.
- Gestión de los recursos que involucra calificación de los recursos humanos que trabajarán en procesos que afecten la calidad del producto.
- Proceso de compras, información de compras y verificación de los productos comprados.
- Medición, análisis y mejoras mediante seguimiento y medición de procesos y obra, auditorias internas, control de producto no conforme, procedimientos de mejora continua y acciones correctivas.

El manual de Calidad define los Procedimientos Operativos de Calidad, los cuales aplican de manera general a toda la ejecución del Proyecto, se enumeran a continuación:

1. Control de Documentos (POC – 01)
2. Control de Registros (POC – 02)
3. Coordinaciones del Proyecto (POC – 03)
4. Gestión de Recursos Humanos (POC – 04)
5. Consultas y Cambios de Ingeniería (POC – 05)
6. Control de Equipos y Medición (POC – 06)
7. Tratamiento de No Conformidades (POC – 07)
8. Inspección y Ensayos (POC – 08)
9. Gestión de Mejora Continua (POC – 09)
10. Recepción de Materiales (POC – 10)
11. Uso y Distribución de Planos (POC – 11)
12. Auditorías Internas de Calidad (POC – 12)
13. Compras (POC – 13)
14. Acciones Correctivas (POC – 14)

#### **4.4.4.2 Procedimientos de Ejecución de Actividades**

Denominados también como “Instrucciones Técnicas Complementarias” (ITC), son procedimientos de ejecución de actividades del proceso

constructivo, y de control de calidad. Estos describen los pasos de construcción a seguir para llevar a cabo un trabajo que cumpla los requisitos de calidad; anexan además registros de los controles de calidad que se aplican posteriormente a una actividad. Son documentos específicos trascendentes para que el tren de actividades diarios sea ejecutado con calidad y seguridad. Las ITC se dividen en tres grupos:

Los ITC Civiles aplicados fueron los siguientes:

1. Trazo y Replanteo (ITC – C01)
2. Procesamiento de Pavimento Rígido (ITC – C02)
3. Procesamiento de Pavimento Flexible (ITC – C03)
4. Movimiento de Tierra (ITC – C04)
5. Relleno y Compactación (ITC – C05)
6. Concreto Premezclado (ITC – C06)
7. Asfalto (ITC – C07)
8. Triducto (ITC – C08)
9. Cajas de Paso e Inspección (ITC – C09)

Los ITC Mecánicos aplicados fueron:

1. Calificación de Procedimiento de Soldadura (ITC – M01)
2. Calificación de Soldadores (ITC – M02)
3. Mantas Termocontraíbles (ITC – M03)
4. Análisis de END (ITC – M04)
5. Trabajos de Soldadura en Campo (ITC – M05)

6. Recepción de Tubos y Materiales (ITC – M06)
7. Planificación de las Obras Mecánicas (ITC – M07)
8. Manipuleo, Transporte de Materiales y Desfile de Tubos (ITC – M08)
9. Trazabilidad (ITC – M09)
10. Reparación de Soldadura (ITC – M10)
11. Corte y Biselado de Tubería (ITC – M11)
12. Curvado de Tubería en Frío (ITC – M12)
13. Sistema de Codificación de Juntas de Soldadura (ITC – M13)
14. Recubrimiento con epóxico líquido R – 100 (ITC – M14)
15. Pearson Test (ITC – M15)
16. Procedimiento para la prueba de Resistencia y Hermeticidad (ITC– M16)
17. Preparación Superficial y Pintado (ITC – M17)
18. Limpieza de Tuberías (ITC – M18)
19. Limpieza de Línea con Brushing Pig y Espuma (ITC – M19)
20. Inertización (ITC – M20)
21. Procedimiento para Empalmes a Tope sin Gas en Extremos de Tuberías (ITC – M22)
22. Protección Catódica (ITC – E01)

#### **4.4.4.3 Dossier de Calidad**

Es un documento en el cual están recopilada información como procedimientos y registros de calidad de los diferentes procesos constructivos. El objetivo es sustentar al Cliente y entes supervisores que los trabajos se realizaron estrictamente respetando las “Instrucciones Técnicas Complementarias” y los registros de calidad que son las pruebas que reconocen que los requisitos de calidad fueron alcanzados. Se organizaron en dos tipos:

##### **4.4.4.3.1 Dossier de Calidad Mecánico**

Este Dossier muestra la trazabilidad del gasoducto, que significa conocer toda la historia de las juntas de soldadura, es decir, el orden de estas, fechas de ejecución, soldadores que participaron, etc. A partir de estas consideraciones se elabora un libro de soldadura conocido como: “Welding Book”, el cual es un formato que reúne datos relevantes de cada junta soldada que conforman el gasoducto. Este Welding Book presenta la siguiente información:

- Código de Junta Soldada
- Código de Tubería
- Colada de Tubería
- Longitud Nominal de Tubería

- Longitud Final de Tubería
- Diámetro de Tubería
- Espesor de Tubería
- Especificación de Procedimiento de Soldadura (EPS)
- Estampa de soldador por cada pase de soldadura
- Fecha de Soldadura (fecha de Inspección visual)
- Tipo de Ensayo no Destructivo (END)
- Número de Reporte de END
- Fecha de Reporte de END

Este Welding Book esta respaldado por registros de calidad y reportes de END que se adjuntan en el Dossier Mecánico de Calidad. Se muestra un Welding Book en el Anexo L. La conformación total de este Dossier es la siguiente:

- Registros de Liberación
- Acta de Aceptación Formal
- Leyenda Aclaratoria
- Welding Book
- Certificados de Calidad de Tuberías y accesorios
- Curvado de Tuberías
- Solicitud de Curvado
- Registro de Curvado
- Corte y Biselado de Tuberías
- Inspección Visual de Soldadura

- Toma de Control de Soldadura
- Reparación de Soldadura
- Ensayo No Destructivo (END)
- Instalación de Mantas Termocontraibles
- Ensayo de Adherencia
- Prueba de Holiday Detector
- Registros de No Confirmad (RNC)

#### **4.4.4.3.2 Dossier de Calidad Civil**

Este Dossier esta conformado por registros de calidad que respaldan trabajos civiles a lo largo del gasoducto. Estos son:

- Registros de Liberación
- Acta de Aceptación Formal
- Leyenda Aclaratoria
- Interferencia Subterránea
- Trazo y Replanteo del Terreno
- Replanteo de la línea de la Tubería
- Pearson Test
- Registros de No Conformidad (RNC)

#### **4.4.4.3.3 Revisión y Liberación de Dossier de Calidad**

Una vez finalizado la elaboración de Dossier de Calidad se procede a su revisión respectiva. El objetivo es contrastar los datos de todos los registros de calidad y determinar si estos son correctos y cumplen con la trazabilidad del gasoducto construido. Las consideraciones más resaltantes al respecto son las siguientes:

- El Welding Book es revisado y comparado con el Plano “Conforme a Obra” (As Built) de Línea; ambos son emitidos por cada kilómetro de gasoducto construido. Se trata de verificar que los datos de códigos de juntas, tubos y progresivas coincidan.
- Registros de Corte son comparados con los de Inspección Visual de Soldadura (IVS) para verificar que la fechas de corte y códigos de tubos cortados coincidan en ambos documentos. Similar operación se realiza con registros que contengan datos de juntas y tubos como lo son “Mantas Termocontraibles”, “Ensayo de Adherencia” y “Holiday Detector”. Cabe aclarar que el Welding Book previamente constatado es el documento de referencia para todas las revisiones.
- Se debe verificar que se cumpla el ensayo de adherencia a una manta por día de producción.
- Se debe verificar que todos los tubos tengan prueba de holiday detector.

- Se debe verificar que se cumpla la toma de control de datos de soldadura de una junta por día de producción.
- Las estampas de los soldadores debe coincidir tanto en el "Welding Book" como en los IVS y reportes END.

#### **4.4.5 Recursos Humanos**

El área de Calidad está conformado por el siguiente personal:

- Jefe de Calidad
- Supervisor de Control de Calidad (QC); en campo trabajaron tres ingenieros encargados del control de calidad. El primero se encargó de inspeccionar los trabajos de soldadura, desde al alineamiento de los tubos, el corte y biselado y codificación de las juntas soldadas, así como, programar las pruebas de END y coordinar las reparaciones de haberlas.

El segundo se encargó de los trabajos de inspección y protección del revestimiento de la tubería, como instalación de mantas termocontraíbles, ensayos de adherencia, prueba de holiday detector, instalación de cable para medición de potenciales.

En resumen fue responsable de inspeccionar y garantizar que el revestimiento tenga el mejor estado posible antes del tapado de la tubería previniendo de esta manera una futura corrosión.

El tercero se encargó del control de calidad de trabajos civiles como relleno y compactación de zanja y reposición de pavimentos flexibles o rígidos, pruebas de triductos, etc.

▪ Personal de Aseguramiento de Calidad (QA/QC); encargados de trabajos de gabinete, entre sus funciones realizadas tenemos:

- Elaboración del Plan de Gestión de Calidad
- Elaboración de Manual de Calidad
- Elaboración de los Procedimientos Operativos de Calidad
- Elaboración de las Instrucciones Técnicas Complementarias
- Elaboración de Registros de Calidad
- Recopilación y organización de los registros de Calidad en su Dossier correspondiente.
- Elaboración de Welding Book
- Revisión de los Dossier de Calidad
- Apoyo al personal de campo (QC)
- Levantamiento de No Confirmadas de Obra.

En conjunto se logró cumplir con lo estipulado que fue asegurar y controlar la calidad del proceso constructivo del gasoducto, finalizando con la entrega de todos los Dossier de Obra al Cliente.

## **4.5 Plan de Prevención de Riesgos y Medio Ambiente**

El plan de Prevención de Riesgos y Plan Ambiental están basados fundamentalmente en la Política propia de cada empresa, en el caso del Proyecto se aplicaron principios de la empresa contratista encargada de la construcción del gasoducto.

### **4.5.1 Política de Prevención de Riesgos**

De acuerdo a esta Política se tienen los siguientes alcances:

- El Gerente del Proyecto fue el responsable de implementar el Programa de Prevención de Riesgos, también de apoyar y establecer mecanismos de supervisión y control para garantizar que el programa sea cumplido en su totalidad en todas las etapas del proyecto.
- Se aseguró que el personal a todo nivel (incluyendo subcontractistas) conozca los estándares, normas, procedimientos de prevención de riesgos incluidos en el programa.
- La prevención de accidentes no solamente involucra la seguridad personal, sino muchos otros factores que afectan el progreso y la eficiencia del trabajo, tales como la condición mecánica de los equipos, el almacenamiento de materiales, la higiene ocupacional y la prevención de incendios.

- El lugar de trabajo debe ser seguro y saludable como condición laboral básica y es responsabilidad de cada uno de los trabajadores el lograrlo acatando las disposiciones contenidas en el Programa de Prevención de Riesgos.

En base a estas premisas en el Proyecto se estableció lo siguiente:

#### **4.5.1.1 Charlas de Seguridad**

Son charlas diarias de 5 minutos referidas a temas seguridad, ambiental o se salud e higiene ocupacional se realizan minutos previos al inicio de los trabajos diarios. En algunos casos se retroalimenta comentando observaciones e incidentes ocurridos durante la Obra.

#### **4.5.1.2 Elaboración de ATS (Análisis de Trabajo Seguro)**

Es un formato que se elabora por cuadrilla de trabajo y consiste en identificar condiciones y actos inseguros que se pueden presentar en un tipo de actividad (sea desfile, excavación, soldadura, etc.), se realiza un listado de peligros y posteriormente se identifican sus medidas preventivas a tomar en cuenta. Este se realiza diariamente minutos previos al inicio de las labores, cada personal involucrado en la actividad deberá firmar este documento.

#### **4.5.1.3 Charlas de Inducción del Personal**

Es una charla de inducción dictada a cada nuevo personal que se integraba a la Obra, en esta se dan las pautas de la Política de Calidad, del programa implementado, normas y obligaciones de seguridad a cumplir durante la ejecución de los trabajos y las generalidades del Proyecto.

#### **4.5.2 Personal de Prevención de Riesgos**

Denominado “Prevencionista de Obra” es la persona encargada de supervisar y conducir las labores de seguridad que se implementaron según lo que estipula el Programa. Entre sus actividades a realizar tenemos:

- Programar las charlas diarias de seguridad
- Dictar la charla de inducción
- Revisar los ATS
- Supervisar el cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente en las actividades diarias de trabajo.
- Programar inspecciones de seguridad que realizaran mensualmente los ingenieros de campo.

#### **4.5.3 Comité de Prevención de Obra**

Este comité conformado por prevencionistas de Obra, ingenieros de campo, supervisores mecánicos y civiles e ingeniero residente de obra tenían el objetivo de analizar, comunicar y resolver problemas presentados en campo durante la ejecución de cualquier actividad del proceso constructivo como pueden ser accidentes y/o incidentes. La frecuencia de reuniones es de quince días. La reunión es dirigida por el Prevencionista de Obra.

#### **4.5.4 Política Ambiental y Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**

El respeto por el medio ambiente y su conservación, así como el cumplimiento de las normas ambientales, fueron compromisos fundamentales durante el desarrollo de todas las actividades del proceso constructivo, a través de una gestión ambiental compatibles con los principios de Desarrollo Sostenible. De acuerdo a esta Política se tienen los siguientes alcances:

- Realizar un esfuerzo continuado en identificar, prevenir y minimizar impactos ambientales negativos. Procurar una utilización eficiente de los recursos energéticos y de las materias primas.

- Utilizar criterios razonables para la evaluación y selección de los subcontratistas y proveedores, exigiéndoles un desempeño ambiental acorde con es establecido internamente.
- Reducir residuos, emisiones y vertimientos y controlar los factores generadores de impactos.

#### **4.5.4.1 Estudio de Impacto Ambiental**

##### **4.5.4.1.1 Generalidades**

Pacific S.A. elaboró el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) de la distribución de Gas Natural (GN) por red de ductos en Lima y Callao, el cual fue aprobado por R.D. N° 190-2002-EM/DGAA el 2 de julio de 2002 por la Dirección General de Asuntos Ambientales (DGAA) del Ministerio de Energía y Minas (MEM). Este EIA aprobado se llamará en adelante “EIA base”.

Durante la fase de la elaboración de la ingeniería de detalle se propuso la modificación en cinco tramos del trazo original aprobado, con la finalidad de disminuir los impactos ambientales, sociales y culturales. La modificación del EIA base para las 5 variantes (Pachacamac, Av. Pachacútec, Av. Panamericana Sur – Hipódromo, Av. Evitamiento – Rímac y Av. Naranjal) fue elaborada por Pacific S.A. en agosto del 2002 y aprobada por R.D. N° 360-2002-EM/DGAA el 27 de noviembre del 2002 por la DGAA, en adelante

“1° Modificación”. Asimismo, se tuvo que cambiar la ubicación del City Gate originalmente propuesto.

Mientras se avanzaban las tareas de planificación de la construcción en el trazo aprobado por la Resolución Directoral No. 190-2002-EM/DGAA, en la zona norte (principalmente Av. Panamericana Norte y Av. Evitamiento), no se encontraron posibles soluciones satisfactorias a las dificultades que presentan los futuros proyectos de Intercambios Viales previstos en estas avenidas dado que las diversas instituciones planificadoras no contaban en varios casos con el nivel de detalle de ingeniería suficiente para poder integrar directamente el gasoducto de una manera armoniosa.

En este sentido, GNLC requirió realizar el necesario Estudio de Impacto Ambiental para la traza alternativa que diseñó, de tal manera de disponer, de los elementos necesarios para tomar la decisión la más adecuada posible para el proyecto. El principal cambio previsto fue a partir del Pte. El Agustino considerando el ducto principal paralelo a la línea férrea hasta el cruce con la Av. Néstor Gambeta, siguiendo en dirección norte por esta avenida hasta llegar al Terminal Station.

#### **4.5.4.1.2 Objetivo**

El objetivo del EIA fue identificar y evaluar los impactos generados por actividades del Proyecto, además dar cumplimiento a la Ley Orgánica de Hidrocarburos N° 26221 y al D.S. N° 042-99-EM (Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos) y adecuar el Plan de Manejo Ambiental para prever y mitigar los potenciales impactos negativos que pudieran presentarse en las modificaciones de la zona norte, el cual permitirá la ejecución del proyecto dentro de un marco de desarrollo sustentable. El EIA cubre los siguientes aspectos:

- Descripción del Ambiente o Línea Base, evaluando el clima, calidad del aire, niveles de presión sonora, geología, calidad del agua, ambiente biológico.
- Línea de Base Socio – Económica
- Aspecto Patrimonial Cultural
- Identificación y Evaluación de los Impactos Ambientales y Sociales
- Plan de Manejo Ambiental
- Plan de Monitoreo Ambiental
- Plan de Contingencias
- Plan de Abandono

## **CAPITULO 5**

### **ESTRUCTURA DE COSTOS**

#### **5.1 Conceptos**

Para dar una introducción general al tema de costos, se explicarán algunos conceptos básicos que se aplican para el cálculo de costos unitarios y control de costos de los procesos constructivos.

##### **5.1.1 Materiales**

- **Materiales Directos;** son bienes e insumos que quedarán incorporados como parte del Proyecto contratado. El valor de estos se especifican en las órdenes de compra, rendición de gastos, etc.
- **Materiales Indirectos;** son bienes e insumos correspondientes a procesos de dirección, administrativos, campamentos, etc. El valor de estos se especifican en las órdenes de compra, rendición de gastos, etc.

### **5.1.2 Mano de Obra**

- **Mano de Obra Directa;** corresponde al costo de Horas – Hombre (H-H), empleadas para ejecutar el proceso constructivo, se trata de recursos humanos empleados en los actividades de construcción en campo. Estas H-H están relacionadas directamente con la producción y los rendimientos establecidos. Para completar este costo se debe incluir además de los jornales, también los beneficios sociales como la prestación de salud, impuestos, seguros de riesgo y vida, indemnizaciones, movilidad, vacaciones, gratificaciones, bonificaciones por especialización, etc.
- **Mano de Obra Indirecta;** corresponde al costo de H-H, que participan en los procesos de respaldo, como dirección del proyecto, administración y logística, mantenimiento de equipos y campamentos, etc.

### **5.1.3 Supervisión**

Esta fase corresponde al costo de los empleados del Proyecto como el Ingeniero Residente, Administrador, Ingenieros de Campo, Supervisores, Jefes de Campo, Asistentes, etc. Supervisarán y gestionarán el desarrollo de la Obra. Se considera los sueldos, beneficios sociales, porcentaje de participación, viáticos, alojamiento y pasajes dependiendo las características del Proyecto.

#### **5.1.4 Equipos**

Corresponde al costo de equipos como, maquinaria pesada de construcción, equipos mecánicos, eléctricos, camionetas, etc. Estos pueden ser propiedad de la empresa constructora o de terceros. Se incluye la depreciación, gastos de mantenimiento, seguros, inflación e intereses de capital.

#### **5.1.5 Sub Contratos**

Es la contratación de una empresa legalmente constituida para ejecutar parte de la Obra.

#### **5.1.6 Gastos Generales**

Lo componen aquellos costos incurridos necesariamente para llevar a cabo la dirección y administración de la Obra. Estos pueden ser: seguros, cartas de fianza, útiles de oficina, comunicaciones, movilidad, servicios de agua, electricidad, teléfono, gastos de representación, gastos financieros, entre otros.

## **5.2 Cálculo de Costos Unitarios**

La determinación del costo unitario por la fabricación, montaje y tapado en zanja de un metro lineal de tubería de acero al carbono de 20"Ø, se calculan sumando los costos unitarios de cada una de las actividades en forma independiente que intervienen en el tren de trabajo diario y las Pruebas de Control de Calidad. Previo a cálculo se debe definir el rendimiento diario ideal que se espera tener.

- Rendimiento diario de Mano de Obra y Equipos (ml/día) = 120 ml/día

Cada cálculo por actividad se dividió en:

- Costo Unitario de Materiales
- Costo Unitario de Mano de Obra
- Costo Unitario de Equipos y Herramientas

Para iniciar debemos presentar la Tabla de Salarios.

**Tabla de remuneraciones del personal Obrero a aplicadas en la Obra**

CONCEPTOS	Mes	CAPATAZ	SOLDADOR	OPERARIO	OFICIAL	AYUDANTE
		1,496.84	2,954.40	1,485.12	1,306.63	1,184.57
	Dia	33.20	32.09	32.09	28.76	25.63
Basico - Horas Normales	6	199.20	192.54	192.54	172.56	153.78
Dominical	1	33.20	32.09	32.09	28.76	25.63
	0					
Horas Extras 60%	1.5	9.96		9.63	8.63	7.69
Horas Extras 100%	0	-		-	-	-
BUC	6	63.74	61.61	61.61	51.77	46.13
Movilidad	6	43.20	43.20	43.20	43.20	43.20
Bonf. Especializacion	6		360.00	7.50	-	-
		-		-	-	-
<b>TOTAL BRUTO</b>	<b>Semana</b>	<b>349.30</b>	<b>689.44</b>	<b>346.57</b>	<b>304.92</b>	<b>276.43</b>
<b>TOTAL NETO RECIBIDO</b>	<b>Semana</b>	<b>303.89</b>	<b>599.82</b>	<b>301.52</b>	<b>265.28</b>	<b>240.50</b>
<b>TOTAL NETO RECIBIDO</b>	<b>Mes</b>	<b>1,302.25</b>	<b>2,570.33</b>	<b>1,292.06</b>	<b>1,136.76</b>	<b>1,030.58</b>
<b>APORTES EMPLEADOR</b>						
Prestacion de Salud	9%	27.55	58.16	27.30	23.55	20.99
Imp. Ext. Solidaridad	2%	6.12	12.92	6.07	5.23	4.66
SCTR Pensiones	0.95%	2.91	6.14	2.88	2.49	2.22
SCTR Pensiones	3%	9.18	19.39	9.10	7.85	7.00
SCTR Salud	0.78%	2.39	5.04	2.37	2.04	1.82
SEG. Vida Ley	0.40%	1.22	2.58	1.21	1.05	0.93
	16%					
<b>TOTAL APORTES</b>	<b>Semana</b>	<b>49.37</b>	<b>104.24</b>	<b>48.93</b>	<b>42.21</b>	<b>37.62</b>
<b>PROVISION BENEFICIOS</b>						
Indemnizacion	21.25%	42.34	40.92	40.92	36.68	32.68
Vacaciones	10.00%	19.92	19.25	19.25	17.26	15.38
Gratificaciones	22.22%	44.26	42.78	42.78	38.34	34.17
	53.47%					
<b>TOTAL BENEFICIOS</b>	<b>Semana</b>	<b>106.52</b>	<b>102.96</b>	<b>102.96</b>	<b>92.27</b>	<b>82.23</b>
<b>TOTAL COSTO SEMANAL</b>	<b>48</b>	<b>505.20</b>	<b>896.64</b>	<b>498.46</b>	<b>439.41</b>	<b>396.29</b>
<b>COSTO POR HORA S/.</b>	<b>Hora</b>	<b>10.52</b>	<b>18.68</b>	<b>10.38</b>	<b>9.15</b>	<b>8.26</b>
<b>COSTO POR HORA U.S. \$</b>	<b>Hora</b>	<b>3.19</b>	<b>5.66</b>	<b>3.15</b>	<b>2.77</b>	<b>2.50</b>

Tabla N° 16

### 5.2.1 Costo Unitario por Señalización

UNIDAD : **mL**  
 TIPO DE CAMBIO : **3.25**  
 RENDIMIENTO DIARIO  
 MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
 EQUIPO : 120.00 mL / Día

<b>COSTO UNITARIO - MATERIALES</b>						
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$		
			UND. / mL	Unitario	Parcial	
1	Consumibles Varios 10% MO	Glb	1.000	0.116	0.12	
2	Combustible D2	Gln	0.025	2.327	0.06	
3	Materiales de EPC y Desvíos	Glb	1.000	2.899	2.90	
<b>TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES</b>				US\$	3.07	
				S/.	9.99	
<b>COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA</b>						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1			10.0	-		-
2	Capataz		10.0	-	3.274	-
3	Operador		10.0	-	3.279	-
4	Operario	1.0	10.0	0.083	3.279	0.27
5	Oficial	1.0	10.0	0.083	2.859	0.24
6	Ayudante	3.0	10.0	0.250	2.586	0.65
<b>TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA</b>					US\$	1.16
					S/.	3.76
<b>COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Camión Grúa	1.0	10.0	0.083	5.769	0.48
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				0.06
<b>TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>					US\$	0.54
					S/.	1.75
<b>COSTO DIRECTO</b>					S/.	15.50
					US\$	4.77
<b>GASTOS GENERALES</b>				0.00%	US\$	-
<b>UTILIDAD</b>				0.00%	US\$	-
<b>Total</b>					US\$	4.77

Tabla N° 17

## 5.2.2 Costo Unitario por Detección de Interferencias

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

COSTO UNITARIO - MATERIALES					
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$	
			UND. / mL	Unitario	Parcial
1	Consumibles Varios 10% MO	Glb	1.000	0.165	0.16
2	Combustible D2	Gln	0.050	2.327	0.12
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	0.28
				S/.	0.91

COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Capataz	1.0	10.0	0.083	3.274	0.27
3	Operador		10.0	-	3.279	-
4	Operario	1.0	10.0	0.083	3.279	0.27
5	Oficial	1.0	10.0	0.083	2.859	0.24
6	Ayudante	4.0	10.0	0.333	2.586	0.86
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA					US\$	1.65
					S/.	5.35

COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Camión Baranda	1.0	10.0	0.083	5.385	0.45
2	Equipo de Corte	1.0	10.0	0.083	1.125	0.09
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				0.08
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					US\$	0.62
					S/.	2.03

<b>COSTO DIRECTO</b>				S/.	8.29
				US\$	2.55

GASTOS GENERALES			0.00%	US\$	-
UTILIDAD			0.00%	US\$	-
<b>Total</b>				US\$	2.55

Tabla N° 18

### 5.2.3 Costo Unitario por Excavación

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

#### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

COSTO UNITARIO - MATERIALES					
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$	
			UND. / mL	Unitario	Parcial
1	Material Eliminado SC	m3	2.431	3.027	7.36
2	Eliminación de Residuos Asfálticos	Ton	0.155	6.000	0.93
3	Combustible D2	Gln	0.850	2.327	1.98
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	10.26
				S/.	33.36

COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Jefe de Grupo	1.0	10.0	0.083	3.274	0.27
3	Operador	0.5	10.0	0.042	3.279	0.14
4	Operario	2.0	10.0	0.167	3.279	0.55
5	Oficial	2.0	10.0	0.167	2.859	0.48
6	Ayudante	8.0	10.0	0.667	2.586	1.72
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA					US\$	3.16
					S/.	10.26

COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Excavadora	2.0	10.0	0.167	34.200	5.70
2	Entibados	60.0	10.0	5.000	0.100	0.50
3	Puntal	60.0	10.0	5.000	0.063	0.31
4	Camión Baranda	1.0	10.0	0.083	5.385	0.45
5	Camioneta	-	10.0	-	4.423	-
6	Cortadora de Asfalto/Concreto	1.0	10.0	0.083	1.125	0.09
7	Martillo Hidráulico	1.0	10.0	0.083	9.300	0.78
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				0.16
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					US\$	7.99
					S/.	25.96

<b>COSTO DIRECTO</b>				S/.	69.58
				US\$	21.41

GASTOS GENERALES			0.00%	US\$	-
UTILIDAD			0.00%	US\$	-
<b>Total</b>				<b>US\$</b>	<b>21.41</b>

Tabla N° 19

## 5.2.4 Costo Unitario por Desfile y Bajada de Tuberías

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

COSTO UNITARIO - MATERIALES					
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$	
			UND. / mL	Unitario	Parcial
1	Tacos de Madera	Und	0.036	3.077	0.11
2	Arena para apoyos	m3	0.014	5.431	0.08
3	Sacos para arena de apoyo	Und	0.510	0.154	0.08
4	Fajas	Und	0.001	63.500	0.05
5	Grilletes	Und	0.001	59.500	0.03
6	Combustible D2	Gin	2.700	2.327	6.28
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	6.63
				S/.	21.56

COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Capataz	1.0	10.0	0.083	3.274	0.27
3	Operador	5.0	10.0	0.417	3.279	1.37
4	Operario		10.0	-	3.279	-
5	Oficial	1.0	10.0	0.083	2.859	0.24
6	Ayudante	3.0	10.0	0.250	2.586	0.65
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA					US\$	2.52
					S/.	8.20

COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Grua hiab	3.0	10.0	0.250	12.000	3.00
2	Dobladora de tubos	1.0	10.0	0.083	100.000	8.33
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				0.13
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					US\$	11.46
					S/.	37.24

<b>COSTO DIRECTO</b>				S/.	67.01
				US\$	20.62

GASTOS GENERALES		0.00%	US\$	-
UTILIDAD		0.00%	US\$	-
<b>Total</b>			<b>US\$</b>	<b>20.62</b>

Tabla N°20

## 5.2.5 Costo Unitario por Soldadura

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

COSTO UNITARIO - MATERIALES						
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$		
			UND. / mL	Unitario	Parcial	
1	Soldadura 3/16 8010	Kg	0.167	6.230	1.04	
2	Soldadura 5/32 6010	Kg	0.021	5.800	0.12	
3	Disco de Corte 1/8"	Und	0.083	1.090	0.09	
4	Disco de Desbaste 4 1/8"	Und	0.167	2.470	0.41	
5	Oxigeno	m3	0.050	0.769	0.04	
6	Acetileno	Kg	0.050	3.940	0.20	
7	Combustible D2	Gln	0.313	2.327	0.73	
8	Gas 84	Gln	0.025	2.586	0.06	
9	Consumibles varios	Glb	0.083	7.080	0.59	
10	Escobilla de acero circular	Und	0.042	10.000	0.42	
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	3.70	
				S/.	12.01	

COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Jefe de Grupo	1.0	10.0	0.083	3.274	0.27
3	Operador	3.0	10.0	0.250	3.279	0.82
4	Soldadores	6.0	10.0	0.500	5.844	2.92
5	Operario	6.0	10.0	0.500	3.279	1.64
6	Oficial	4.0	10.0	0.333	2.859	0.95
7	Ayudante	10.0	10.0	0.833	2.586	2.16
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA				US\$	8.76	
				S/.	28.48	

COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Grúa hiab	2.0	10.0	0.167	12.000	2.00
2	Motosoldadora	6.0	10.0	0.500	17.000	8.50
3	Camión Baranda	1.0	10.0	0.083	5.385	0.45
A	Herramientas ( % de MO )	15.0%				1.31
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS				US\$	12.26	
				S/.	39.86	

<b>COSTO DIRECTO</b>				S/.	80.35
				US\$	24.72

GASTOS GENERALES		0.00%	US\$	-
UTILIDAD		0.00%	US\$	-
<b>Total</b>			US\$	24.72

Tabla N° 21

## 5.2.6 Costo Unitario por Ensayos No Destructivos

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

COSTO UNITARIO - MATERIALES					
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$	
			UND. / mL	Unitario	Parcial
1	Verificación y Calificación de Juntas soldadas	Junta	0.083	30.000	2.50
2					-
3					-
4					-
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	2.50
				S/.	8.13

COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Capataz		10.0	-	3.274	-
3	Operador		10.0	-	3.279	-
4	Operario		10.0	-	3.279	-
5	Oficial		10.0	-	2.859	-
6	Ayudante		10.0	-	2.586	-
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA					US\$	-
					S/.	-

COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1				-		-
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				-
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					US\$	-
					S/.	-

				COSTO DIRECTO	S/.	8.13
					US\$	2.50

				<b>Total</b>	<b>US\$</b>	<b>2.50</b>
--	--	--	--	--------------	-------------	-------------

Tabla N° 22

### 5.2.7 Costo Unitario por Arenado y Revestimiento de Juntas

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

**RENDIMIENTO DIARIO**

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

<b>COSTO UNITARIO - MATERIALES</b>					
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$	
			UND. / mL	Unitario	Parcial
1	Granalla	Bls	0.015	5.262	0.08
2	Pegamento Rolgon	Gln	0.000	300.000	0.06
3	Perp Melt Stick	Und	0.029	22.250	0.65
4	Combustible D2	Gln	0.208	2.327	0.48
5	Manta Termocontraible	Und	0.088	10.290	0.90
6	Carpa de Arenado	Und	0.000	180.000	0.08
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	2.25
				S/.	7.32

<b>COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA</b>						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Jefe de Grupo		10.0	-	3.274	-
3	Operador	1.0	10.0	0.083	3.279	0.27
4	Operario	6.0	10.0	0.500	3.279	1.64
5	Oficial		10.0	-	2.859	-
6	Ayudante	2.0	10.0	0.167	2.586	0.43
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA					US\$	2.34
					S/.	7.62

<b>COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Camión Baranda	1.0	10.0	0.083	5.385	0.45
2	Compresora	1.0	10.0	0.083	7.878	0.66
3	Holiday Detector	1.0	10.0	0.083	2.700	0.23
A	Herramientas ( % de MO )	10.0%				0.23
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					US\$	1.56
					S/.	5.09

<b>COSTO DIRECTO</b>					S/.	20.02
					US\$	6.16

GASTOS GENERALES				0.00%	US\$	-
UTILIDAD				0.00%	US\$	-
<b>Total</b>					<b>US\$</b>	<b>6.16</b>

Tabla N° 23

## 5.2.8 Costo Unitario por Rellenos, Instalación de Triducto y Reposición Total

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

COSTO UNITARIO - MATERIALES					
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$	
			UND. / mL	Unitario	Parcial
1	Arena	m3	1.287	5.354	6.89
2	Reciclado	m3	0.329	3.351	1.10
3	Afirmado	m3	0.132	5.292	0.70
4	Agua	m3	2.160	1.508	3.26
5	Asfalto	m2	0.837	10.581	8.86
6	Concreto SC	m3	0.129	86.538	11.14
7	Reposición de Sardineles	ml	1.000	4.232	4.23
8	Combustible D2	Gln	0.167	2.327	0.39
9	Gas 84	Gln	0.025	2.586	0.06
10	Triducto PVC	mL	1.050	2.000	2.10
11	Cinta Señalización	mL	1.050	0.060	0.06
12	Cajas de Pase de Triducto Colocado S/C	Und	0.003	209.880	0.52
13	Manguitos de Empalme	Und	0.012	15.000	0.18
14	Reposición de Jardines S/C	m2	0.055	5.000	0.28
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	39.77
				\$/.	129.25

COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Policia de Tránsito	3.0	10.0	0.250	4.615	1.15
2	Capataz	1.0	10.0	0.083	3.274	0.27
3	Operador	7.0	10.0	0.583	3.279	1.91
4	Operario		10.0	-	3.279	-
5	Oficial	3.0	10.0	0.250	2.859	0.71
6	Ayudante	10.0	10.0	0.833	2.586	2.16
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA					US\$	6.21
					\$/.	20.18

COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Minicargador	3.0	10.0	0.250	8.000	2.00
2	Martillo		10.0	-	8.500	-
3	Rodillo	3.0	10.0	0.250	8.500	2.13
4	Vibroapisonador tipo columna	1.0	10.0	0.083	1.000	0.08
5	Compresora		10.0	-	7.878	-
6	Camión Baranda	1.0	10.0	0.083	0.146	0.01
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				0.31
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS					US\$	4.53
					\$/.	14.73

<b>COSTO DIRECTO</b>		\$/.	16.416
		US\$	50.51

GASTOS GENERALES		0.00%	US\$	-
UTILIDAD		0.00%	US\$	-
<b>Total</b>			US\$	50.51

Tabla N° 24

### 5.2.9 Costo Unitario por Pruebas de Campo (Pearson Test, Triducto)

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

#### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 120.00 mL / Día  
EQUIPO : 120.00 mL / Día

<b>COSTO UNITARIO - MATERIALES</b>						
Item	Descripción	UND.	Aporte UND. / mL	Costo US\$		
				Unitario	Parcial	
1	Combustible D2	Gln	0.024	0.063	0.00	
TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES				US\$	0.00	
				S/.	0.00	
<b>COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA</b>						
Item	Descripción	Cadrilla	HH / Día	Aporte HH / mL	Costo US\$	
					Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-	-	
2	Jefe de Grupo	1.0	10.0	0.083	3.274	
3	Operador		10.0	-	3.279	
4	Operario	1.0	10.0	0.083	3.279	
5	Oficial		10.0	-	2.859	
6	Ayudante	1.0	10.0	0.083	2.586	
TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA				US\$	0.76	
				S/.	2.48	
<b>COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Item	Descripción	Cadrilla	HM / Día	Aporte HM / mL	Costo US\$	
					Unitario	Parcial
1	Compresora	1.0	10.0	0.083	7.878	
2	Laboratorio de suelos	1.0	10.0	0.083	1.733	
3	Equipo Pearson	1.0	10.0	0.083	0.891	
4	Camion Baranda	1.0	10.0	0.083	5.385	
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				
TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS				US\$	1.36	
				S/.	4.43	
<b>COSTO DIRECTO</b>				S/.	6.91	
				US\$	2.13	
GASTOS GENERALES				0.00%	US\$	
UTILIDAD				0.00%	US\$	
<b>Total</b>				<b>US\$</b>	<b>2.13</b>	

Tabla N° 25

## 5.2.10 Costo Unitario por Prueba Hidraulica

UNIDAD : mL  
TIPO DE CAMBIO : 3.25

### RENDIMIENTO DIARIO

MANO OBRA : 400.00 mL / Día  
EQUIPO : 400.00 mL / Día

<b>COSTO UNITARIO - MATERIALES</b>						
Item	Descripción	UND.	Aporte	Costo US\$		
			UND. / mL	Unitario	Parcial	
1	Agua	m3	1.229	1.846	2.27	
2	Pig de Limpieza	Und	0.001	300.000	0.26	
3	Pig de llenado	Und		250.000	-	
4	Espumas de secado	Und	0.005	0.980	0.00	
5		M3	1.229	0.928	1.14	
<b>TOTAL COSTO UNITARIO - MATERIALES</b>				US\$	3.68	
				S/.	11.94	
<b>COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA</b>						
Item	Descripción	Cuadrilla	HH / Día	Aporte	Costo US\$	
				HH / mL	Unitario	Parcial
1	Topógrafo		10.0	-		-
2	Jefe de Grupo	1.0	10.0	0.025	3.274	0.08
3	Operador	1.0	10.0	0.025	3.279	0.08
4	Operario	2.0	10.0	0.050	3.279	0.16
5	Oficial	2.0	10.0	0.050	2.859	0.14
6	Ayudante	4.0	10.0	0.100	2.586	0.26
<b>TOTAL COSTO UNITARIO - MANO DE OBRA</b>					US\$	0.73
					S/.	2.37
<b>COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>						
Item	Descripción	Cuadrilla	HM / Día	Aporte	Costo US\$	
				HM / mL	Unitario	Parcial
1	Compresor 750 PCM	1.0	10.0	0.025	13.033	0.33
2	Bomba de Presión 3000 Lb	1.0	10.0	0.025	2.500	0.06
3	Grupo Electrónico 50 KW	1.0	10.0	0.025	3.507	0.09
4	Camioneta	1.0	10.0	0.025	4.615	0.12
A	Herramientas ( % de MO )	5.0%				0.04
<b>TOTAL COSTO UNITARIO - EQUIPO Y HERRAMIENTAS</b>					US\$	0.63
					S/.	2.04
<b>COSTO DIRECTO</b>					S/.	16.36
					US\$	5.03
<b>GASTOS GENERALES</b>				0.00%	US\$	-
<b>UTILIDAD</b>				0.00%	US\$	-
<b>Total</b>					US\$	5.03

Tabla N° 26

## 5.2.11 Resumen de Costos

Item	Partida	Und	Costo Directo US\$
1	Señalización	mL	4.77
2	Detección de Interferencias	mL	2.55
3	Excavación	mL	21.41
4	Desfile y bajada de tubería	mL	20.62
5	Soldadura	mL	24.72
6	Ensayos No Destructivos	mL	2.50
7	Arenado y Revestimiento	mL	6.16
8	Rellenos, Triducto y Reposición	mL	50.51
9	Pruebas de Campo	mL	2.13
10	Prueba Hidráulica	mL	5.03
<b>Total Costo directo US\$</b>		<b>mL</b>	<b>140.40</b>
<b>Gastos Generales 18%</b>		<b>mL</b>	<b>25.27</b>

**165.67**

**Utilidad 15%**

**29.24**

**Costo Total US \$**

**194.91**

## CONCLUSIONES

1. Descritas las actividades de ejecución del gasoducto, y en base a la experiencia, podemos determinar dos trabajos críticos o que marcarán el avance del proceso constructivo. La primera es la excavación, su complejidad se sustenta en el impacto ocasionado ya sea por el corte de pavimentos, remoción de terrenos, desviación del tráfico, cierre de avenidas principales, afectaciones a la propiedad privada y a sus accesos. Por otra parte el proceso de soldadura es la principal actividad que conduce el ritmo de avance de la obra, el proceso es el más elaborado y el plan de calidad incidió en una supervisión minuciosa para garantizar que las condiciones operativas sean las propicias para garantizar juntas soldadas de calidad. Una reparación y posible corte posterior de alguna junta significaba retrasos de metros lineales montados en zanja.
2. Se ha tratado de compilar, una descripción de manera general del sistema de distribución de gas natural, podemos concluir la importancia del "city gate", como una estación que determina los parámetros de salida del gas natural para su utilización, una operación confiable dependerá de la precisión de los valores de

presión y temperatura reguladas. Desde el punto de vista económico la empresa concesionaria del transporte y distribución requiere de datos precisos de consumo para su facturación.

3. Comparando las herramientas de control de obra mencionadas en el informe, tenemos que el control de avance diario y el índice de confiabilidad son indicadores de eficacia, puesto que nos muestran resultados reflejados en números y porcentajes de avance, mientras que el índice de productividad es un indicador de eficiencia, nos proporciona la mano de obra empleada para la consecución de las metas establecidas. Estos indicadores de gestión evalúan las competencias de manejo de recursos del Ingeniero de Campo, de manera que es una herramienta de suma importancia y su implementación en estos tipos de proyectos es indispensable.
4. La distribución de gas natural a la capital del país, marca un inicio estratégico para elevar la cultura gasífera en nuestro país; en Lima y Callao se concentran el mayor porcentaje de industrias, parque automotor, así como viviendas. Es decisión del Estado promover el crecimiento de la infraestructura necesaria para que este recurso llegué a mayor escala y cada ciudadano sea beneficiado.
5. El proceso constructivo expuesto, es un resumen de las técnicas aplicadas para el ducto principal de distribución de 20" de diámetro,

sin embargo, la esencia y el concepto puede ser igualmente aplicado a tuberías de mayor o menor diámetro. Por ser este el primero de su tipo, quedará el “know how” traducido “saber como”, para los futuros trabajos que se desarrollarán por todo el país.

6. Las normas de construcción nos proporcionan posibilidad de variantes, como ejemplo, podemos mencionar que se pueden aplicar otros procesos de soldadura, o reemplazar mantas termocontraibles, por cintas polyken, etc. Su factibilidad serán cuidadosamente estudiados por los departamentos de oficina técnica e ingeniería.
7. Por tratarse de un Proyecto de características lineales, es fundamental trabajar e incidir en la optimización de cada una de las actividades que conforman el tren diario de trabajos.
8. Mantener la continuidad de la Obra, era la premisa del día a día, el principal obstáculo fue, la cancelación de permisos de construcción, para solucionar esto, se estableció el “comité de permisos”, involucrando al Cliente en esta gestión, la solución fue preparar los expedientes con la suficiente anticipación y presentarlas a las entidades responsables de expedirlas.

9. El papel del QC de campo es determinante para la trazabilidad del gasoducto y la elaboración del “Welding Book y dossier correspondiente que se entregaron al Cliente. Fue primordial la comunicación y coordinación con el personal de respaldo de oficina.
  
10. Los problemas sociales no dejaron de estar, conforme se llegaban a distritos con alto índice delincuencia y de bajos recursos económicos, se negociaron ingresos no considerados inicialmente de personal para poder continuar la construcción, no existió apoyo del Estado, a pesar de estos problemas se llegaron a acuerdos que permitieron culminar las actividades programadas. Se hizo común la contratación de los autodenominados “chalecos”, personal que brindaba seguridad, perteneciente a la zona de influencia.
  
11. Si bien el contrato fue a suma alzada, se incluyó en este informe, el cálculo de costos unitarios de manera didáctica, es una aplicación viable para presupuestar el costo del metro lineal de tubería instalada.

## BIBLIOGRAFIA

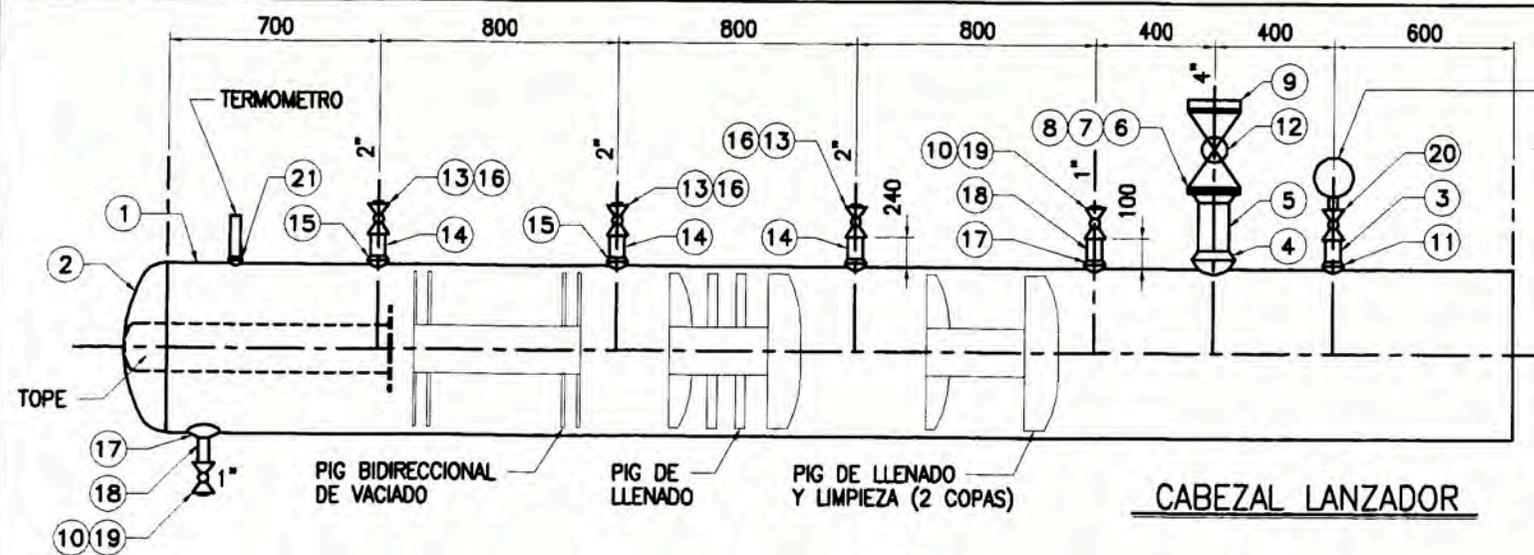
1. Gas Transmission and Distribution Piping Systems  
ASME B31.8 - 1999
2. Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos  
D.S. 042 – 99 – EM
3. Contrato Boot Concesión de la Distribución de Gas Natural por Red de Ductos en Lima y Callao.  
COPRI - 2000
4. Especificaciones Técnicas Generales del Proyecto (GTS)  
TRACTEBEL - 2002
5. Instrucciones Técnicas Complementarias del Proyecto (ITC)  
GyM S.A - 2002 - 2003
6. Contrato de Licencia para la explotación de Hidrocarburos en el Lote 88  
COPRI - 2000
7. Norma API 1104 – 99
8. Norma Internacional ISO 9001 - 2000  
Sistemas de gestión de calidad – requisitos
9. Páginas Web de Referencia:
  - Página web [www.camisea.com.pe](http://www.camisea.com.pe)
  - Página web [www.mem.gob.pe](http://www.mem.gob.pe)
  - Página web [www.calidda.com.pe](http://www.calidda.com.pe)
  - Página web [www.cte.org.pe](http://www.cte.org.pe)
  - Página web [www.tormene.it](http://www.tormene.it)

## **PLANOS**

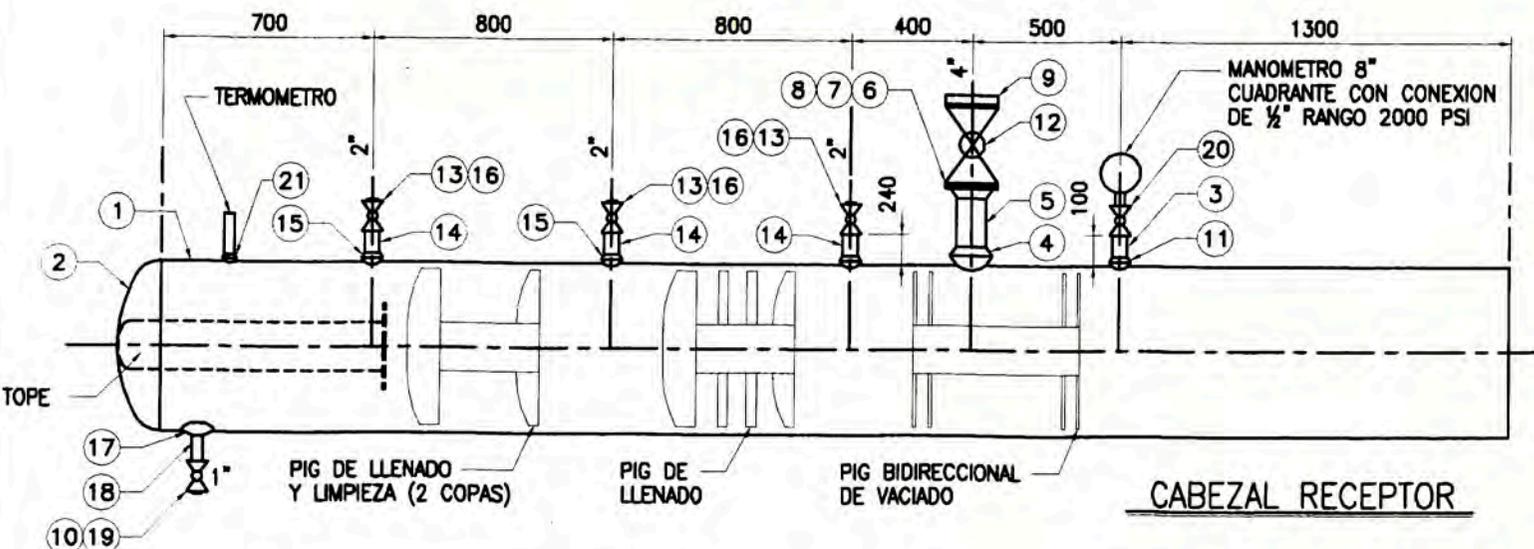
1. Plano N° 1:  
Diagrama General del Sistema de Distribución de Gas
2. Plano N° 2:  
Trazo y Ruta del gasoducto
3. Plano N° 3:  
Esquema de Cabezales de Prueba Hidráulica
4. Plano N° 4:  
Detalle Típico de Zanjas
5. Plano N° 5:  
Plano As Built de Obra







MANOMETRO 8" CUADRANTE CON CONEXION DE 1/2" RANGO 2000 PSI



**NOTAS:**

- 1.- ACOTACIONES EN MILIMETROS.
- 2.- LOS CORTES PARA CARGA Y DESCARGA DE SCRAPER SE REALIZARAN AL COMIENZO Y AL TERMINAR CADA PRUEBA DE SECCION.

PRESION DE PRUEBA HIDRAULICA: 90 kg/cm2  
DISEÑO: ANSI 31.8

**LISTA DE MATERIALES**

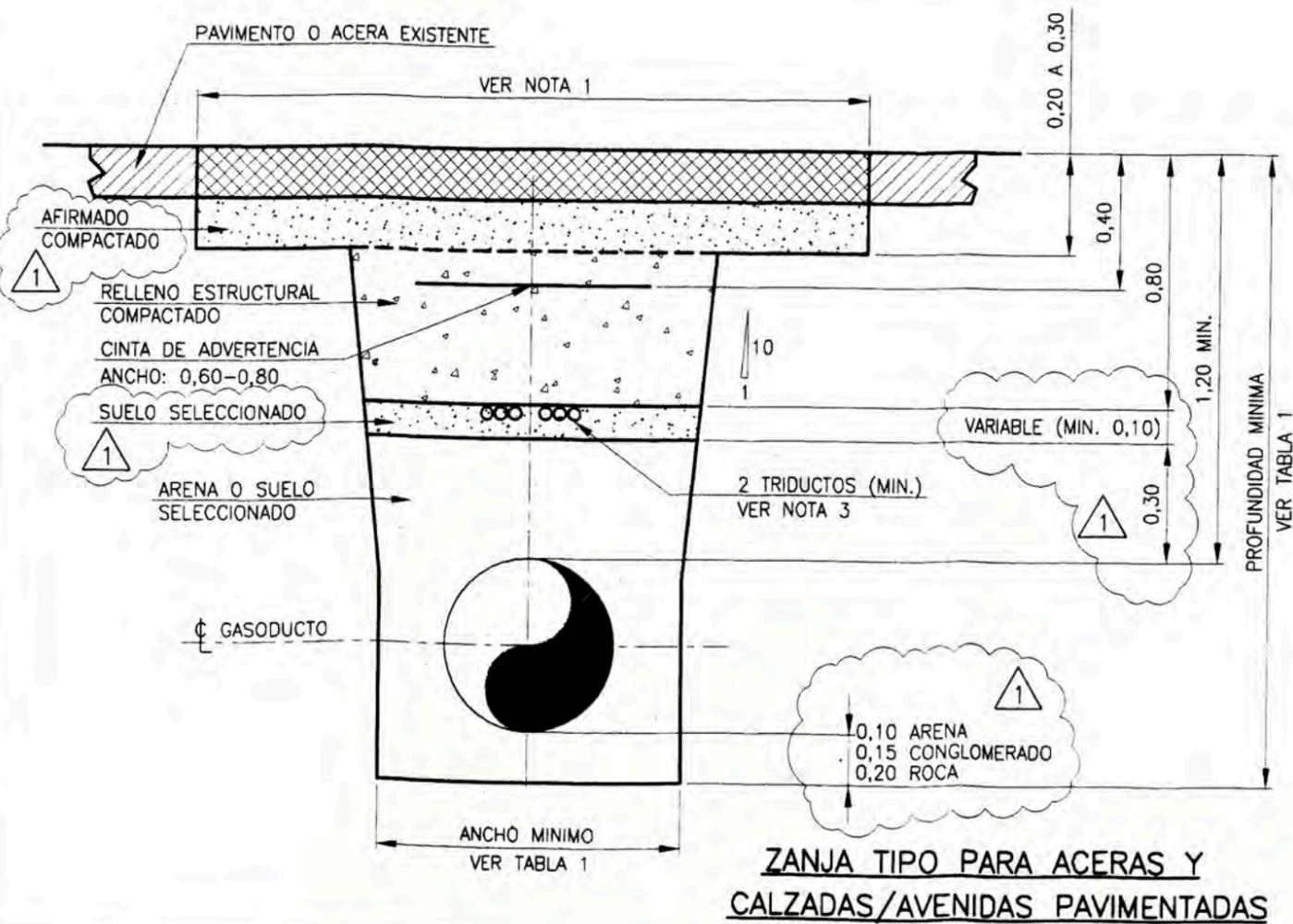
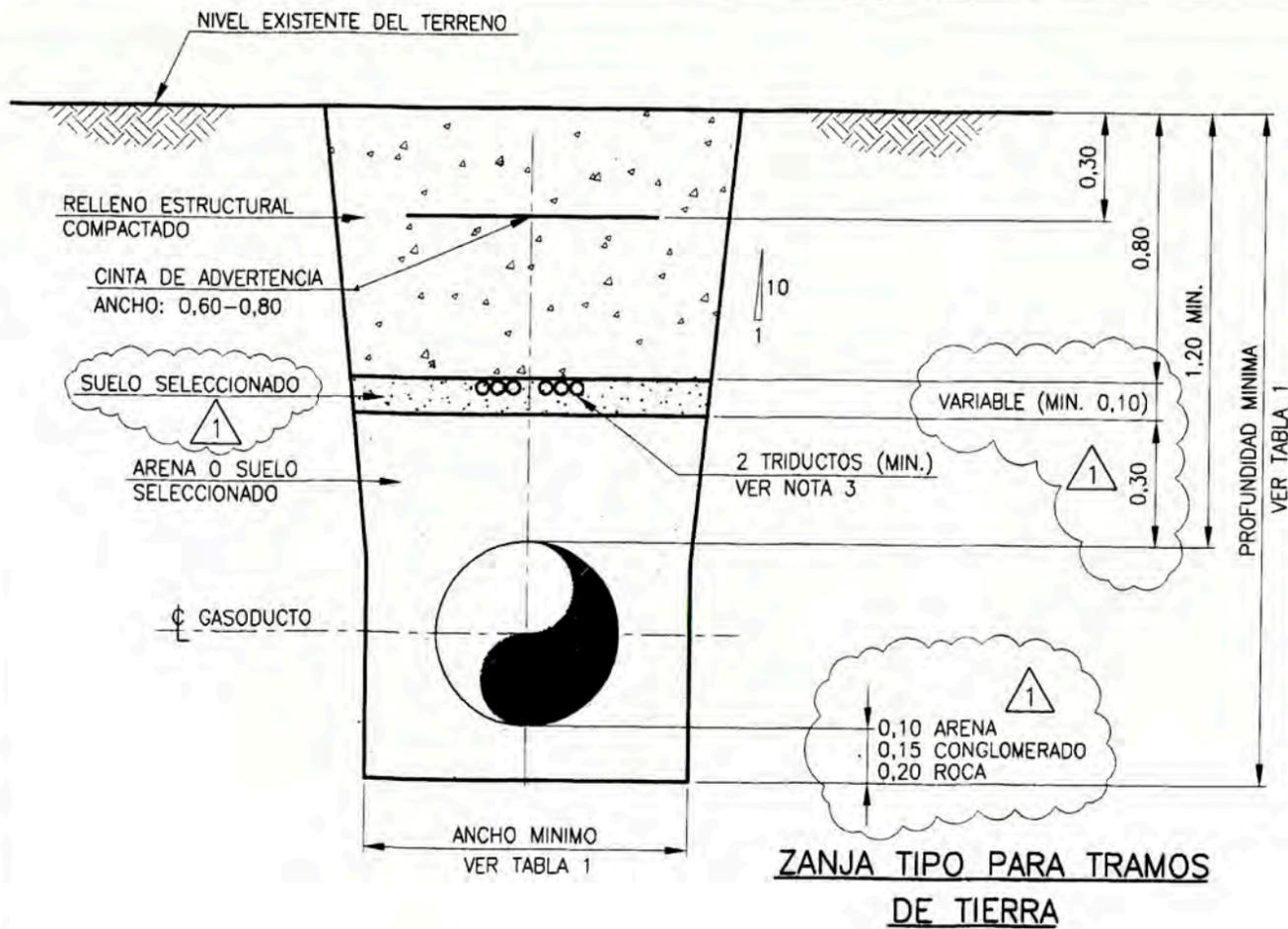
ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCION
01	m.	9	CAÑO #20" x 0.438" API 5L x 56
02	pza.	2	CASQUETE SEMIELIPTICO #20" 14.3 mm MSS-SP75 WPHY52/X56, ASME B16.9
03	pza.	2	NIPLE ROSCADO #3/4" x 100 mm, SCH 80 NPT, A-106 Gr. B
04	pza.	2	WELDOLET #20" SCH. 0.438" x 4" SCH. 40, ASTM A-105
05	m.	0.3	CAÑO #4" SCH. 40, ASTM A-106 Gr. B
06	pza.	2	BRIDA WELDING NECK #4" 600# RF, A-105
07	pza.	48	ESPARRAGOS ASTM A-193 B7 #7/8" x 146 mm, C/2 TUERCAS ASTM A194 2H
08	pza.	4	JUNTA ESPIRALADA #4" 600#, ESP=4.5 mm, MAT. SS
09	pza.	2	BRIDA CIEGA #4" 600# RF, A-105
10	pza.	3	TAPON MACHO #1" 6000# NPT, A-105
11	pza.	2	THREDOLET #20" SCH. 0.438" x 3/4" 6000#, A-105
12	pza.	2	VALVULA ESFERICA #4" 600# RF, A-216 Gr. WCB
13	pza.	6	VALVULA ESFERICA #2" 600# NPT, A-105
14	pza.	6	NIPLE #2" BW x ROS, SCH. 80 NPT, A-106 Gr. B
15	pza.	6	WELDOLET #20" SCH. 0.438" x 2" SCH. 80, A-105
16	pza.	6	TAPON MACHO #2" 6000# NPT, A-105
17	pza.	3	WELDOLET #20" SCH. 0.438" x 1" SCH. 80, 6000#, A-105
18	pza.	3	NIPLE #1" x 100 mm, BW x ROS, SCH. 80, A-106
19	pza.	3	VALVULA ESFERICA #1" ROS, 800#, A-105
20	pza.	2	VALVULA ESFERICA #3/4" ROS, 800#, A-105
21	pza.	2	THREDOLET #20" SCH. 0.438" x 1" 6000#, A-105

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL GASODUCTO  
DE DISTRIBUCION EN LIMA Y CALLAO**



PLANO:	<b>ESQUEMAS DE CABEZALES DE PRUEBA</b>	LAMINA:	PLANO N° 3
DIBUJO:	O.G.H.	HOJA:	1 de 1
FECHA:	Nov 2006	REVISION:	00



**TABLA 1**

Ø GASODUCTO	ESPESOR	ANCHO	PROFUNDIDAD
3"	11,13 mm	0,50	1,35 a 1,45
4"	11,13 mm	0,50	1,40 a 1,50
6"	11,13 mm	0,60	1,45 a 1,55
8"	11,13 mm	0,60	1,50 a 1,60
10"	11,13 mm	0,70	1,55 a 1,65
20"	11,13 mm	0,95	1,80 a 1,90

**NOTAS:**

- 1.\_ TANTO LA DIMENSION INDICADA COMO EL ESPESOR Y MATERIAL DE LA REPARACION SE DETERMINARON EN OBRA DE COMUN ACUERDO CON LA INSPECCION DE GAS NATURAL DE LIMA Y CALLAO.
- 2.\_ TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN METROS
- 4.\_ CUANDO SE ATRAVESARON ZONAS DONDE EXISTIAN PROYECTOS DE OBRAS QUE INVOLUCRAN MOVIMIENTO DE SUELO U OBRA DE PAVIMENTACION, SE ANALIZARON LAS CONDICIONES PARTICULARES DE CADA CASO PARA DETERMINAR LA TAPADA MINIMA DE ESA ZONA.
- 6.\_ PARA INFORMACION SOBRE MATERIALES DE RELLENO, GRADOS DE COMPACTACION, MOVIMIENTO DE SUELO, CONSTRUCCION DE LOSETAS, ETC., VER PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS DEL CONTRATISTA DE CONSTRUCCION.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL GASODUCTO  
DE DISTRIBUCION EN LIMA Y CALLAO**



PLANO:

**ZANJAS TIPO PARA TRAMOS DE  
TIERRA, ACERA Y CALZADAS**

LAMINA:  
PLANO N° 4

REVISION:  
00

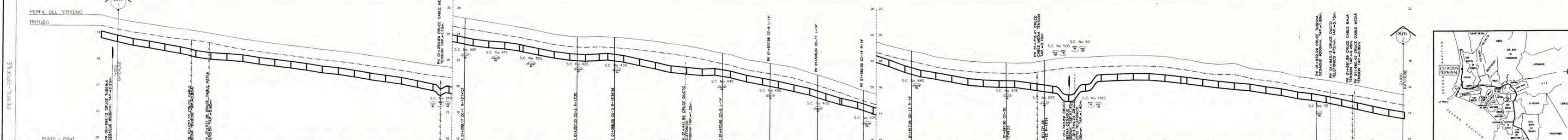
DIBUJO:

O.G.H.

HOJA:

1 de 1

FECHA:  
Nov 2006



PK	ELEVACION (m) - ELEVATION (m)	PROGRESIVA (m)	PROGRESIVA REAL (m)	CODIGO DE JUNTA	CODIGO DEL TUBO	ESPAZADO DE REFERENCIA	CLASE DE TRAZADO	DIAMETRO	TAPAJERA
000/070	28.02	0+000.00	0+000.00	03376	04376	1.23	1	0.376	1.23
000/071	28.84	0+010.00	0+010.00	03376	04376	1.30	1	0.376	1.30
000/072	28.86	0+020.00	0+020.00	03376	04376	1.30	1	0.376	1.30
000/073	28.48	0+030.00	0+030.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/074	28.32	0+040.00	0+040.00	03376	04376	1.38	1	0.376	1.38
000/075	28.19	0+050.00	0+050.00	03376	04376	1.49	1	0.376	1.49
000/076	27.99	0+060.00	0+060.00	03376	04376	1.49	1	0.376	1.49
000/077	27.57	0+070.00	0+070.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/078	27.19	0+080.00	0+080.00	03376	04376	1.23	1	0.376	1.23
000/079	27.24	0+090.00	0+090.00	03376	04376	1.24	1	0.376	1.24
000/080	27.10	0+100.00	0+100.00	03376	04376	1.25	1	0.376	1.25
000/081	26.95	0+110.00	0+110.00	03376	04376	1.22	1	0.376	1.22
000/082	26.89	0+120.00	0+120.00	03376	04376	1.28	1	0.376	1.28
000/083	26.80	0+130.00	0+130.00	03376	04376	1.28	1	0.376	1.28
000/084	26.68	0+140.00	0+140.00	03376	04376	1.43	1	0.376	1.43
000/085	26.54	0+150.00	0+150.00	03376	04376	1.48	1	0.376	1.48
000/086	26.36	0+160.00	0+160.00	03376	04376	1.52	1	0.376	1.52
000/087	26.19	0+170.00	0+170.00	03376	04376	1.48	1	0.376	1.48
000/088	25.97	0+180.00	0+180.00	03376	04376	1.35	1	0.376	1.35
000/089	25.78	0+190.00	0+190.00	03376	04376	1.32	1	0.376	1.32
000/090	25.58	0+200.00	0+200.00	03376	04376	1.33	1	0.376	1.33
000/091	25.48	0+210.00	0+210.00	03376	04376	1.33	1	0.376	1.33
000/092	25.30	0+220.00	0+220.00	03376	04376	1.32	1	0.376	1.32
000/093	25.11	0+230.00	0+230.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/094	24.96	0+240.00	0+240.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/095	24.86	0+250.00	0+250.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/096	24.63	0+260.00	0+260.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/097	24.72	0+270.00	0+270.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/098	24.53	0+280.00	0+280.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/099	24.26	0+290.00	0+290.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/100	24.01	0+300.00	0+300.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/101	23.86	0+310.00	0+310.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/102	23.69	0+320.00	0+320.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/103	23.50	0+330.00	0+330.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/104	23.30	0+340.00	0+340.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/105	23.13	0+350.00	0+350.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/106	22.90	0+360.00	0+360.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/107	22.67	0+370.00	0+370.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/108	22.46	0+380.00	0+380.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/109	22.28	0+390.00	0+390.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/110	22.08	0+400.00	0+400.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/111	21.89	0+410.00	0+410.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/112	21.71	0+420.00	0+420.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/113	21.54	0+430.00	0+430.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/114	21.38	0+440.00	0+440.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/115	21.23	0+450.00	0+450.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/116	21.08	0+460.00	0+460.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/117	20.94	0+470.00	0+470.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/118	20.80	0+480.00	0+480.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/119	20.66	0+490.00	0+490.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/120	20.53	0+500.00	0+500.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/121	20.40	0+510.00	0+510.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/122	20.28	0+520.00	0+520.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/123	20.16	0+530.00	0+530.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/124	20.04	0+540.00	0+540.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/125	19.92	0+550.00	0+550.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/126	19.80	0+560.00	0+560.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/127	19.68	0+570.00	0+570.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/128	19.56	0+580.00	0+580.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/129	19.44	0+590.00	0+590.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/130	19.32	0+600.00	0+600.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/131	19.20	0+610.00	0+610.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/132	19.08	0+620.00	0+620.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/133	18.96	0+630.00	0+630.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/134	18.84	0+640.00	0+640.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/135	18.72	0+650.00	0+650.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/136	18.60	0+660.00	0+660.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/137	18.48	0+670.00	0+670.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/138	18.36	0+680.00	0+680.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/139	18.24	0+690.00	0+690.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/140	18.12	0+700.00	0+700.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/141	18.00	0+710.00	0+710.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/142	17.88	0+720.00	0+720.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/143	17.76	0+730.00	0+730.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/144	17.64	0+740.00	0+740.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/145	17.52	0+750.00	0+750.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/146	17.40	0+760.00	0+760.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/147	17.28	0+770.00	0+770.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/148	17.16	0+780.00	0+780.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/149	17.04	0+790.00	0+790.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34
000/150	16.92	0+800.00	0+800.00	03376	04376	1.34	1	0.376	1.34



**PLANO DE REFERENCIA / REFERENCE DRAWINGS**

- 2852-L-TP-10306: Trazo Topo de Lurín, Censos de Riego y Riego Menores
- 2852-L-TP-10307: Zanja tipo para canales de tierra, riego y riego - Plano Típico
- 2852-L-TP-10308: Especificación de construcción para tubería 20"
- 2852-L-TP-10309: Cables indicadores Plano Típico
- 2852-L-TP-10310: Poste indicador con Estación de Mediciones de Potencial
- 2852-L-TP-10311: Losa de Protección Tendido Mínimo
- 2852-L-TP-10314: Contrapeso de Eje de cruce de Ríos y zonas que traspasan
- 2852-L-TP-10317: Mosaico Indicado Tramo Ferrocarril-Correo
- 2852-L-TP-10318: Poste de Mediciones de Potencial de Concreto

**NOTAS GENERALES / GENERAL NOTES**

- EL 0+000 Y LAS INDICACIONES DE PROGRESIVAS ESTAN BASADAS EN LAS COORDENADAS MOSTRADAS PARA EL PK 0+000 DEL PLANO
- S.C. - SOLICITUD DE CURVADO
- PARA DATOS DE UBICACION DE COORDENADAS, PROGRESIVAS Y PROTOCOLOS DE CAMARAS DE PASO (CP), CAMARAS DE EMPALME (CE), EMPALME DE TRITUBOS (ET), POSTES DE MEDICION DE POTENCIAL, CARTELES Y MUJONES INDICADORES, VER LISTADOS CORRESPONDIENTES.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PROYECTO DE CONSTRUCCION DEL GASODUCTO DE DISTRIBUCION EN LIMA Y CALLAO**

PLANO: **PLANO DE LINEA AS BUILT**

FECHA: **11 de Nov 2000**

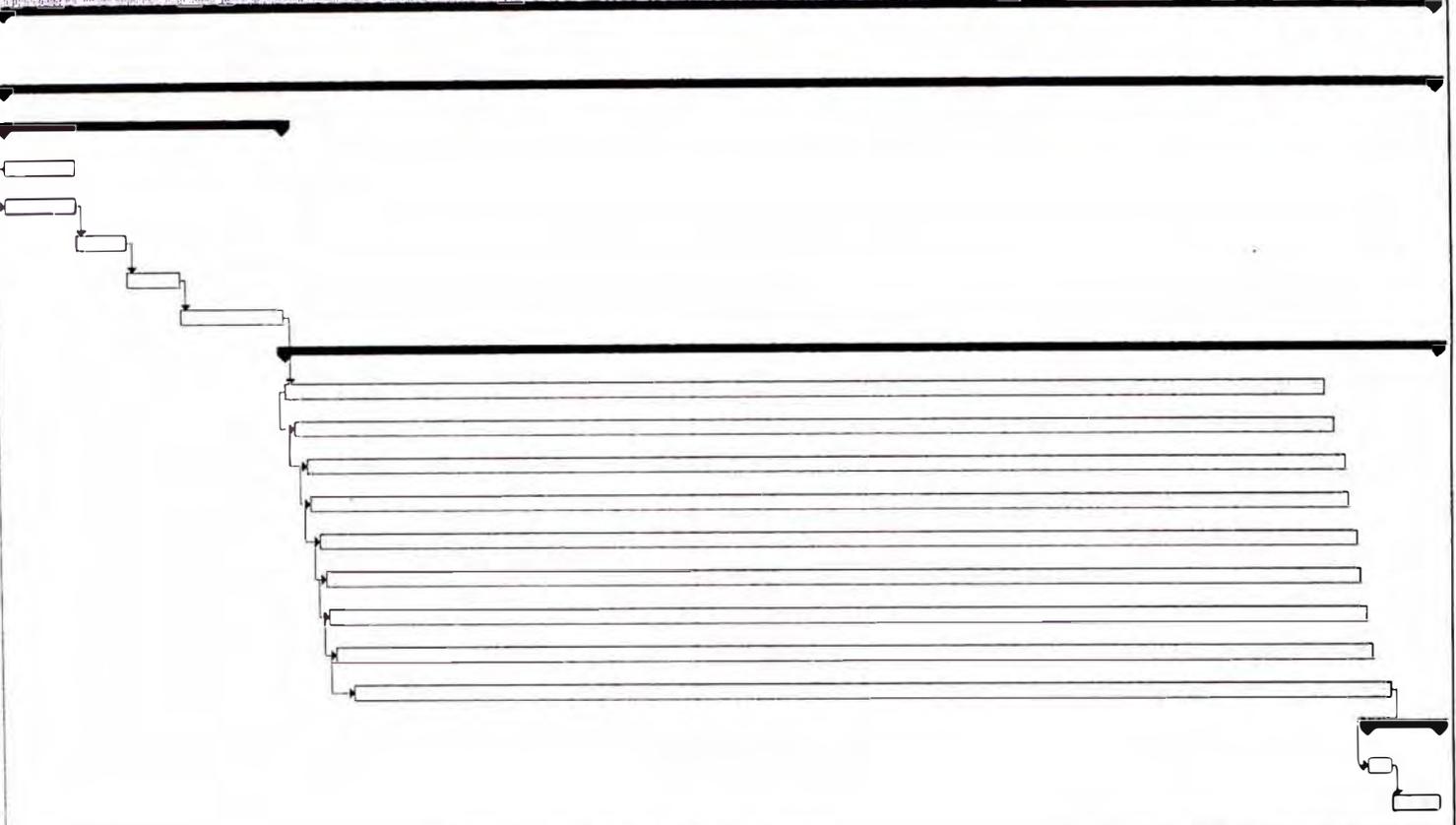
## **APENDICE**

- Apéndice A: Cronograma de Obra
- Apéndice B: Proceso SMAW
- Apéndice C: Anexo de EPS
- Apéndice D: Hoja Técnica de Manta Termocontraible HTLP 60
- Apéndice E: Hoja Técnica de Sistemas “Perp” de Reparación de Revestimiento
- Apéndice F: Equipo de Holiday Detector
- Apéndice G: Equipo Pearson Test
- Apéndice H: Diagramas de Cabezales de Limpieza y Prueba
- Apéndice I: Cuadro de Control de Avance Diario
- Apéndice J: Cuadros de Indices de Confiabilidad
- Apéndice K: Cuadros de Indices de Productividad
- Apéndice L: Welding Book

Apéndice A: **Cronograma de Obra**

**DISTRIBUCION DE GAS NATURAL EN LIMA Y CALLAO**

1		413 días	sáb 02/11/02	Jue 26/02/04
2	<b>FRENTE NORTE</b>	418 días	sáb 02/11/02	Jue 26/02/04
3	<b>Ingeniería y Permisos</b>	90 días	sáb 02/11/02	lun 03/02/03
4	Topografía Planimetría, Altimetría	20 días	sáb 02/11/02	lun 25/11/02
5	Recopilación de datos de Interferencias	20 días	sáb 02/11/02	lun 25/11/02 ACC
6	Definición de Trazo	16 días	mar 28/11/02	Jue 12/12/02 5
7	Trabajos de desarrollo de Ingeniería	16 días	vie 13/12/02	lun 30/12/02 6
8	Permiso municipal	30 días	mar 31/12/02	lun 03/02/03 7
9	<b>Ejecución del Ducto</b>	333 días	mar 04/02/03	Jue 26/02/04
10	Trazo, Replanteo y Señalización	300 días	mar 04/02/03	lun 16/01/04 8
11	Calificación de Interferencias	300 días	vie 07/02/03	Jue 22/01/04 10CC+3 días
12	Enterración	300 días	mar 11/02/03	lun 26/01/04 11CC+3 días
13	Desfile de Tubería	300 días	mié 12/02/03	mar 27/01/04 12CC+1 día
14	Soldaduras	300 días	sáb 16/02/03	vie 30/01/04 13CC+3 días
15	Ensayos No Destructivos	300 días	lun 17/02/03	sáb 31/01/04 14CC+1 día
16	Revestimiento de Junta	300 días	mar 18/02/03	lun 02/02/04 15CC+1 día
17	Montaje de Tubería en Zanja	300 días	Jue 20/02/03	mié 04/02/04 16CC+2 días
18	Refraso Compactado	300 días	mié 26/02/03	mar 10/02/04 17CC+5 días
19	Prueba Hidráulica	31 días	mar 03/02/04	Jue 26/02/04
20	Fin Limpieza	7 días	mar 02/02/04	mar 10/02/04 18FC-7 días
21	Prueba Hidráulica Limpieza y secado	14 días	mié 11/02/04	Jue 26/02/04 20



Apéndice B: **Proceso SMAW**

## PROCESO SMAW (STICK MANUAL ARC WELDING)

La Soldadura de Arco Manual es también conocida como Soldadura de Electrodo Cubierto, Soldadura de Varilla o Soldadura de Arco Eléctrico. Es la más antigua y mas versátil de todos los diferentes procesos de soldadura de arco.

Un Arco Eléctrico es mantenido entre la punta de un electrodo cubierto y la pieza a trabajar, en este caso el bisel de las tuberías alineadas. Las gotas de metal derretido son transferidas a través del arco y son convertidas en un cordón de soldadura, un escudo protector de gases es producido de la descomposición del material fundente que cubre el electrodo además, el fundente tan bien puede proveer algunos complementos a la aleación, la escoria derretida se escurre sobre el cordón de soldadura donde protege el metal soldado aislándolo de la atmósfera durante la solidificación, esta escoria también ayuda a darle forma al cordón de soldadura especialmente en soldadura vertical y sobre cabeza. La escoria debe ser removida después de cada procedimiento.

Las labores mas ligeras son efectuadas usando potencia AC por el bajo costo de los transformadores que la producen, el trabajo de alta producción industrial usualmente requiere de fuentes DC más poderosas y grandes rectificadores, para darle la polaridad exacta al proceso. El proceso es mayormente usado para soldar aleaciones ferríticas en trabajos metálicos estructurales, fabricación de barcos e industrias en general. A pesar de lo relativamente lento del proceso, por el recambio de electrodos y la remoción de la escoria, se mantiene como una de las técnicas más flexibles y sus ventajas en áreas de acceso restringido son notables.

La Sociedad Americana de Soldadura "AWS" ha establecido una serie de códigos de identificación y a su vez de clasificación para los diferentes productos que las grandes y medianas fabricas de electrodos producen para abastecer el mercado, estos códigos se han convertido en la referencia mas comúnmente usada en Latino - América por su fácil reconocimiento y manejo y aunque algunos fabricantes nombran sus productos con sus propios nombres comerciales, los usuarios en su mayoría prefieren llamarlos por su código de identificación de la AWS.

## Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.1

Electrodo cubierto de Acero "Dulce"

**E - X X X X**  
**(1) (2) (3) (4) (5)**

(1) Lo identifica como electrodo

(4) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo

(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.

(5) Indica la usabilidad del electrodo, Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativos

### Ejemplo: E-6010

E = Electrodo cubierto

60 = 60 X 1000 PSI = 60.000 PSI de fuerza tensil

1 = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza) \*\*

0 = DCEP (direct current electrode positivo) Corriente Directa "DC" electrodo

positivo "+" \*

\* Ver la tabla debajo para más detalles de los dos últimos dígitos

\*\* Ver tabla de posición de operación del electrodo

Clasf.	Corriente	Arco	Penetración	Fundente Y Escorea
EXX10	DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Sodio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX1	AC o DCEP	Penetrante	Profunda	Celuloso - Potasio (0 - 10% de polvo de Hierro)
EXXX2	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Titanio - Sodio (0 - 10 % de Polvo de Hierro)
EXXX3	AC o DCEP o DCEN	Suave		Titanio - Potasio (0 - 10% de Polvo de Hierro)
EXXX4	AC o DCEP o DCEN	Suave		Titanio - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXXX5	DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX6	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Potasio (0% de Polvo de Hierro)
EXXX8	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)
EXX20	AC o DCEN	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Povo de Hierro)
EXX22	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Sodio (0% de Polvo de Hierro)
EXX24	AC o DCEN o DCEP	Suave	Lijera	Titanio - Polvo de Hierro (50% de Polvo de Hierro)
EXX27	AC o DCEN o DCEP	Mediano	Mediana	Oxido de Hierro - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX28	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (50% de polvo de Hierro)
EXX48	AC o DCEP	Mediano	Mediana	Bajo Hidrogeno - Polvo de Hierro (25 - 40% de Polvo de Hierro)

DCEP - Corriente Directa Electrodo Positivo DCEN - Corriente Directa Electrodo Negativo

Nota: El porcentaje del polvo de Hierro esta calculado en base al peso del fundente

Clasf.	Posición
EXX1X	= Cualquier Posición (De piso, horizontal, sobre cabeza y vertical)
EXX2X	= Horizontal y de piso solamente
EXX3X	= De piso solamente
EXX4X	= De piso, sobre cabeza, horizontal y vertical hacia abajo

## Clasificación AWS para los metales de aporte de la especificación A5.5

Electrodo cubierto de baja aleación de acero

**E - X X X X - X X**

(1) (2) (3) (4) (5) (6)(7)

(1) Lo identifica como electrodo

(2) y (3) Dos primeros dígitos indican su fuerza tensil x 1000 PSI.

(4) Indica la usabilidad del electrodo, Ej: tipo de corriente y tipo de fundente, en algunos casos, tercer y cuarto dígito son muy significativo

(5) Indica la posición que se debe usar para optimizar la operación de este electrodo

(6) y (7) Composición química del material después de depositado

### Ejemplo: E-7018-Mo

E = Electrodo cubierto

70 = 70 X 1000 PSI = 70.000 PSI de fuerza tensil

1 = Cualquier posición, (de piso, horizontal, vertical y sobre cabeza) \*\*

8 = AC o DCEP Corriente Alterna o Directa con electrodo positivo "+" \*

Mo = Molibdeno en el material después de depositado

\* Ver la tabla arriba para más detalles de los dos últimos dígitos

\*\* Ver tabla de posición de operación del electrodo

Apéndice C: **Anexo de EPS**

## ANEXO DE EPS

### 1. GENERAL

El "anexo" tiene por finalidad servir de complemento al procedimiento de soldadura a los efectos de ampliar la información contenida en el mismo, haciendo extensivo a la soldadura de empalmes.

### 2. LIMPIEZA

- 2.1. La superficie a soldar deberá estar libre de óxidos, escamas, grasa, suciedad ó cualquier tipo de material extraño que pudiera afectar la calidad de metal depositado.
- 2.2. La limpieza de la 1<sup>ra</sup> pasada ó de raíz se efectuará con disco de piedra, las pasadas restantes se harán con cepillo circular de alta velocidad.

### 3. PRECALENTAMIENTO

- 3.1. La junta de la tubería se precalentará a una temperatura no menor de 100°C y a una distancia mínima de 70mm a cada lado de la misma.
- 3.2. Durante el proceso de soldadura, en ningún caso la temperatura de la junta, deberá estar por debajo de la temperatura mínima de precalentamiento especificada.
- 3.3. En caso de ser interrumpido el proceso de soldadura, se volverá a precalentar la junta a la temperatura indicada en la hoja 1/3 o en su defecto, la indicada en el punto (3.1), antes de continuar con la operación suspendida.
- 3.4. El precalentamiento se realizará con resistencia, inducción ó llama, asegurando que el mismo se distribuya de manera uniforme en todo el perímetro de la junta.
- 3.5. La temperatura será controlada por medio de lápices de temperatura ó pirómetros de contacto.

### 4. PROTECCION CONTRA CONDICIONES CLIMATICAS ADVERSAS

- 4.1. En caso de fuertes vientos, se dispondrá de carpas, lonas, o cualquier otro medio/elemento que sirva de efectiva protección de la junta, durante la soldadura.

4.2. Cuando se tiene temperaturas muy bajas, después de finalizada la soldadura, se colocará mantas de amianto ú otros materiales aislantes para evitar un brusco gradiente de enfriamiento de la junta soldada.

## 5. SOLDADURA DE EMPALMES

5.1. Se empleará el presente Procedimiento de Soldadura de Línea, observando las siguientes precauciones:

5.1.1. El retiro del presentador se efectuará una vez completado el 50% del pase de raíz.

5.1.2. Las tuberías se podrán mover, cuando se tenga completado el 100% del pase de raíz

5.1.3. Para espesores mayores de 10 mm, se deberá precalentar la junta a una temperatura mínima de 100°C.

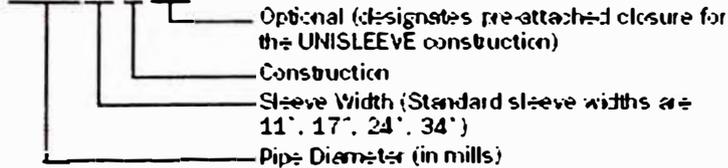
5.1.4. Toda la operación de soldadura se llevará a cabo en un solo ciclo térmico, sin interrupciones, hasta completar la totalidad de la junta.

Apéndice D: **Hoja Técnica de Manta Termocontraible HTLP 60**

## Three-layer Field Joint Coating

### Ordering information - Dimensions

HTLP 60-36000-24/A/UNI



### Epoxy primer

Primer is available in bulk packages and in small kits.

### Small Epoxy primer kits

Kits include appropriate quantities of resin and hardener, a stirring stick and an applicator pad. Kits contain sufficient primer for up to 1 square meter (11 square feet) of surface coverage.

### Bulk Epoxy primer kits

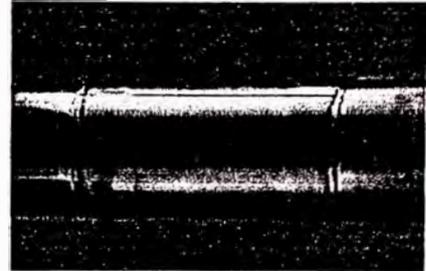
Bulk epoxy kits consist of 2-containers of Part A and 1-container of Part B, average coverage is 5.5 square meters per kg (27 square feet per pound).

When using Bulk epoxy kits, it is necessary to order dosing pumps and applicator pads separately. Applicator Pad kits are available and these contain 150 pads, 100 mixing cups and sticks and 100 gloves.

		Unit Quantity
Small Kit:	S1301 primer epoxy kit 15 (USA)	320 g (0.73 lb)
	S1239 primer kit (Europe)	252 g (0.56 lb)
Bulk Kit:	S-1239-A epoxy resin	2 x 20.4 kg (2 x 45 lb)
	S-1239-B hardener	1 x 15.6 kg (1 x 34.5 lb)

## HTLP 60

### Product description



The HTLP 60 is a 3-layer (epoxy, copolymer, polyethylene) coating, similar to the structure of the three-layer mill-applied coating, designed to prevent corrosion of girthwelds on buried pipelines operating at temperatures up to 60°C (140°F).

The HTLP system consists of a solvent-free, two-component liquid epoxy and a wraparound heat shrinkable sleeve. The HTLP 60 sleeves have a thick radiation-crosslinked polyolefin backing coated with a high shear strength copolymer hot-melt adhesive.

The flexible closure is normally fitted with the sleeve, however, it is available pre-attached to the sleeve in the UNISLEEVE construction. During installation the adhesive melts and flows, coming into intimate contact with the uncured liquid epoxy primer. The adhesive and primer fill all surface irregularities and, as the primer cures, powerful bonds are set-up to metal and adjacent coating surfaces.

### Special characteristics

- Fully resistant to shear forces induced by soil and thermal movements.
- Fast curing times which means no drying or waiting times.
- Superior cathodic disbondment performance and hot water immersion resistance.
- Fully reconstructs 3-layer coating at all girth welds for continuous and homogeneous performance on pipelines coated with 3LPE.
- Simple installation without the need for special tools.

Apéndice E: **Hoja Técnica de Sistemas “Perp” de Reparación de Revestimiento**

## Repair system

### Ordering Information - Dimensions

#### For damaged area less than 40x70 mm : PERP-KIT

##### Kit components:

Carrier material 140x170 with rounded corners  
Filler  
Abrasion paper R60  
Installation instructions

##### Order description

PERP-KIT

#### For extensive areas of damage: PERP roll.

(typically applied with larger projects)  
Roll length 10 m. Widths 170 mm and 425 mm.

##### Order description

PERP 170-10000-TC  
PERP 425-10000-TC

#### Filling adhesive: PERP Filler

(necessary where rolls are used)

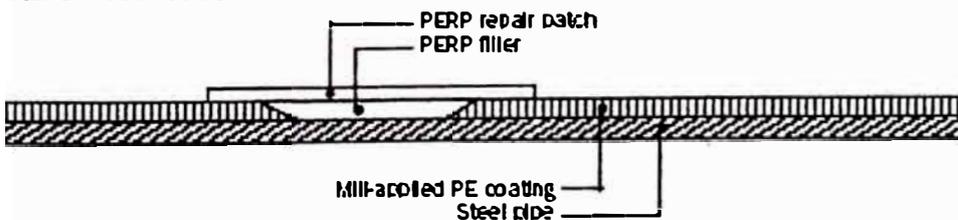
Strip: length 3 m, width 50 mm, thickness 3 mm

##### Order description

S1137 - 50 x 3 x 3000

Note: experience has shown that on average, 3 rolls of filler adhesive are used per roll of PERP.

#### System scheme



#### Filler material for the repair of damages that do not extend to the steel surface: PERP Melt Stick.

Size Ø 25 mm x 310 mm: PERP Melt Stick.

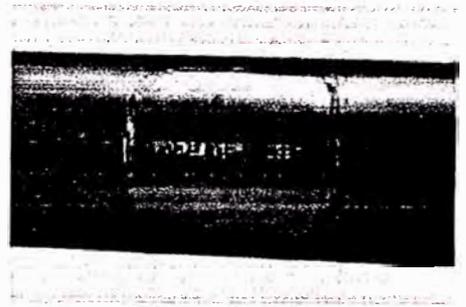
##### Order description

PERP-MELT-STICK



## PERP

### Product description



PERP is designed to repair damaged areas in mill-applied PE coating on steel pipes and ductile cast iron pipes.

The system consists of two components:

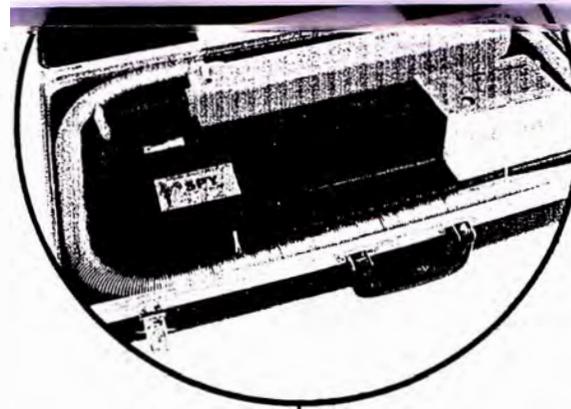
- PERP Filler
- PERP Repair patch

### Special characteristics

- The PERP Repair System resists high shear forces and shows excellent adhesion to commercial polyethylene-based mill-applied coatings.
- No primer required.
- Specific repair system, and therefore highly economic.

Apéndice F: **Equipo Holiday Detector**

**PIPELINE  
INSPECTION  
COMPANY  
LTD.**



**SPY®**



**SPY®**

**Pipeline Inspection Co.**

Shipping Address:

1919 Antoine

Houston, Texas 77055

[www.picltd.com](http://www.picltd.com)

Tel: 713/681-5837

Fax: 713/681-4838

E-mail: [sales@picltd.com](mailto:sales@picltd.com)

**Portable Holiday Detectors**



**OPERATING  
INSTRUCTIONS  
SPY®, PORTABLE  
HOLIDAY DETECTORS  
Models 715, 725, 735  
& Models 915, 925**

## Safety Disclaimer

---

Only trained and responsible personnel should operate high voltage equipment. Display warning labels prominently prior to and during testing. Portable holiday detectors are designed to operate and maintain an electric current output well below levels which could cause injury. However, you may experience a mild shock if the test electrode or ground is touched while the equipment is activated. Wear rubber or plastic gloves and non-conductive footwear to minimize potential shock. Keep in mind that the shock prevention effectiveness of the rubber or plastic glove and footwear is limited to the condition of their protective surface. Make sure your gloves and footwear are void of tears and holes and are in good condition.

Use of Portable Holiday Detectors is limited to finding defects in insulating materials. Testing should be conducted clear of personnel not involved in the testing procedure. Personnel operating Portable Holiday Detectors should be aware of the safety limitations imposed by their environment at all times. Operator should have an assistant to ensure that unauthorized personnel are kept clear of the testing area.

**Danger:** Portable Holiday Detectors create an arc or spark. Use of a Portable Holiday Detector in or around combustible or flammable environments can result in an explosion. When operating in any potentially hazardous area, consult with the plant or site safety officer before proceeding with a holiday detection test in any potentially hazardous or suspect area.

---

## EMI Disclaimer

---

**WARNING....**This is a class A product. In a domestic environment this product may cause radio interference in which case the user may be required to take adequate measures.

**NOTE....** Holiday detectors create a spark during their normal course of operation when a defect in the pipe coating is found. This spark will cause radio interference. During the device's passive or search mode, it qualifies as a class A product.

## Warranty

---

Pipeline Inspection Co., Ltd., hereafter referred to as (SPY®) warrants that SPY, Model 7X5/9X5/1X5 Series Holiday Detectors and Jeepmeters shall, under normal use and service, be free from defects in material and workmanship. SPY®'s entire warranty obligation shall be limited to, at SPY®'s option, the repair or replacement free of charge to the buyer of any defective equipment or parts thereof which prove to be defective in material and workmanship under normal use and service.

Claims for defective parts must be made in writing within twelve (12) months after shipment of the equipment from the works of SPY®. Fast wearing and consumable parts including, but not limited to, electrodes and ground cables, are expressly excluded from the warranty. SPY® shall have the option to require return of a claimed defective part to SPY®'s plant in the U.S.A., freight prepaid by buyer for examination to establish buyer's claim.

Except with SPY®'s prior written approval, SPY® shall not be liable (a) for the cost of repairs, alterations or replacements or any expense connected therewith made or incurred by the buyer or its designees, or (b) for defects resulting from alterations or repairs made by others than SPY, or its approved representatives.

SPY® shall not be liable for damages, including but not limited to direct, special, indirect or consequential, resulting from the handling, or use, whether alone or in combination with other products, or any SPY® equipment or third party designed or manufactured equipment, including without limitation, any loss or damage sustained or caused by the operation and use of the equipment which is improperly operated or its successful operation is impaired by natural elements after its delivery to the buyer.

The foregoing warranty is exclusive and in lieu of all other warranties whether written, oral or implied (including without limitation, any warranty of merchantability or fitness for purpose).

# EC Declaration of Contormity

---

## Manufacturer of Equipment:

Pipeline Inspection Co. Ltd.  
1919 Antoine Houston, Texas 77055 USA  
Phone: 713.681.5837  
Fax: 713.681.4838  
Email: sales@picltd.com

## Authorized Representative in the EC Community:

Pipeline Induction Heat LTD  
The Pipeline Centre Farrington Road  
Rossendale Road Industrial Estate  
Bumley, Lancashire BB11 5SW  
England, United Kingdom  
Attn: Michael Bumley

## Description of Equipment:

Holiday Detectors  
Models 715,725,735,915,925 and accessories

Holiday detectors are devices that are used to detect the presence of defects in the non-conductive coatings applied to surfaces in order to minimize ion flow from a conductive substrate. This is accomplished by attempting to create an electrical circuit by passing an electrode over the non-conductive coating. A sufficient voltage is generated in the electrode to cause a spark that will jump from the electrode to the substrate if a defect is found. When a defect is found a horn will sound and a light will tum on.

## Harmonized Standards tested to:

IEC 801-2: 1991 Electrostatic discharge  
IEC 801-3: 1984 Radiated RF Immunity  
IEC 801-4: 1988 Electrical Fast Transients  
EN 55022: 1995 Radiated Emissions  
EN 55022: 1987 Conducted Emissions  
72/23/EEC: 1973 Low Voltage Directive  
93/68/EEC: 1993 LVD amendment

**Specifications:** The products mentioned above were submitted as a common family as they utilize common designs, components and methods of construction. Representative tests were performed on each device that would exhibit the "worst case" scenario for approval.



---

## Table of Contents

---

Safety & EMI Disclaimer .....	2
Principles of Operation .....	4
Differences Between Models .....	5
Detailed Operating Instructions .....	6-9
Battery Instructions .....	10-11
Operating Instructions Modified .....	12-13
EC Declaration of Conformity .....	14
Warranty .....	15



**Warning!** This is a HIGH VOLTAGE device capable of producing an electrical shock if not properly grounded and/or operated in accordance with instructions and procedures prescribed in this manual!

## Principles of Operation

Metal objects such as pipelines, reinforcing bar (rebar), storage tanks or structural steel are normally covered with a protective coating to prevent corrosion. Holiday detectors are used to inspect these coatings for pin holes, scratches or other coating faults. They work by generating a voltage high enough to jump a gap that is longer than the thickness of the coating.

The laws of physics determine the required voltage level to jump a given distance, or gap. Coating type also affects voltage level requirements.

A holiday detector simply applies a voltage to the outside of the coating. With the pipe connected to ground and with the holiday detector connected to ground, a hole in the coating will cause a spark to jump or "arc" from the electrode to the pipe to complete the circuit. When a complete circuit is formed, a signal is activated on the Holiday Detector.

A brief description of the steps necessary to operate a SPY®, Model 715, 725, 735, 915, 925 holiday detector is presented here with detailed steps following later in the manual.

Before operating the detector, set the desired output voltage before connecting any components. After setting the desired voltage, slide the battery onto the detector. Then install the electrode wand on the front of detector and insert the ground cable into the rear of detector (inside handle). Ground the pipeline and connect the electrode, spring or brush. Turn the detector on. A running tone and light in the ON/OFF switch indicates the detector is operating. Roll the spring toward the bare metal end of the pipe. When the electrode is sufficiently close, a spark will jump from the electrode to the pipe, the running tone and ON/OFF switch light will go out, and a loud signal horn will sound to designate a holiday. Of course it is not a real holiday but it demonstrates what happens when the electrode encounters a holiday and verifies correct detector operation.

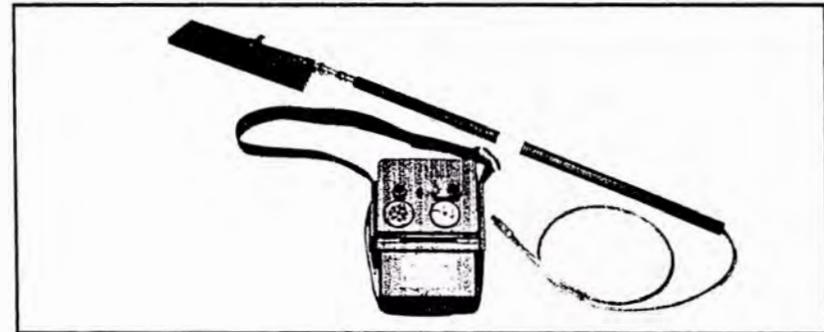
**PLEASE NOTE:** The diameter of the high voltage electrode wand fitting is slightly larger than the fitting on the ground cable. This allows only the electrode wand to be connected into the hole marked "HIGH VOLTAGE" on the detector.

Insert this high voltage cable fitting into the connector on the front of the detector marked "HIGH VOLTAGE". While pushing the fitting into the detector as far as possible, twist the fitting clockwise to lock it into place.

To remove the cable, push the fitting into the detector and twist counter-clockwise until released.

### Ground Cable :

Insert the fitting end of the ground cable into the connector on the front of the detector marked "GROUND". While pushing the fitting inward, twist it clockwise to lock it into place. To remove, press inward and twist it counter-clockwise until released. **Caution!** Do not touch the bare ground cable while the detector is operating.



**WARNING!** This is a **HIGH VOLTAGE** device capable of producing an electrical shock if not properly grounded and/or operated in accordance with instructions and procedures prescribed in this manual!

# Models 915 • 925

**CAUTION!** HIGH VOLTAGE device. Use with caution!

## To Install Battery :

To prevent interference with the battery box installation or removal, remove the carrying strap before performing the following steps. Slide the battery lock clip up so the battery box can slide onto the bottom of the detector. Apply pressure until the battery box locks into place. The battery lock clip should now clip downward and lock the battery box to the detector. After the battery box is installed, replace the carrying strap through the strap loops on the side of the detector and around the bottom of the battery box.

## To Remove Battery :

Remove the carrying strap. Slide the battery lock clip upwards and slide the battery box off the holiday detector. The battery can then be removed from the battery box for recharging, storage, etc.

## Electrode Wand :

The high voltage electrode wand consists of a plastic tube handle with a fitting on one end to connect either a spring electrode or brush electrode, and a cable on the opposite end with a twist type fitting for connecting into the holiday detector.

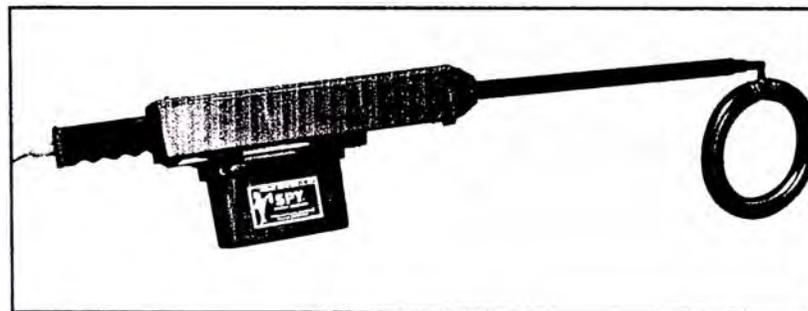
## Differences between 715, 725 & 735

Model 715 thru 735 holiday detectors incorporate new circuitry allowing the detectors to maintain a selected voltage, regardless of different pipe diameters, coating thickness variations and battery wear (unless the battery is totally discharged). Keep in mind that the voltage the coating actually "sees" will decrease slightly depending on ground losses and/or conditions.

The model 715 holiday detector is a low voltage (1-5kv) detector designed specifically for thin film epoxy coatings. The output voltage of this detector is normally D.C. (direct current). However, if moisture is encountered on the pipe, the detector output automatically switches to a fast pulse. Fast pulse enables continued operation whereas with older type thin film detectors the operator either had to wait until the moisture evaporated or the pipe had to be dried.

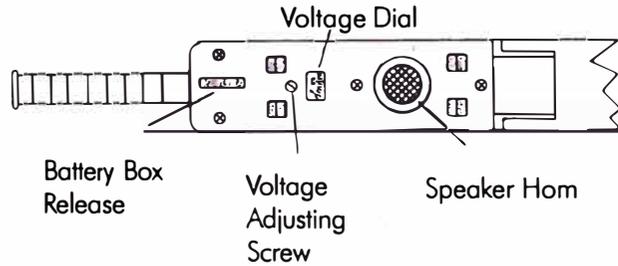
The model 725 holiday detector is a high voltage (1-15kv) detector designed specifically for thin film, tapes, extruded or coal tar types of coatings. Since the operating characteristics of this detector are very broad, it is recommended that thin film epoxy coatings be inspected with the model 715 detector.

The model 735 holiday detector is an extra high voltage (15-35kv) detector designed specifically for thicker somatic type coatings.

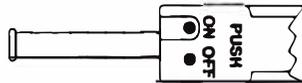


# Detailed Operating Instructions

## Steps

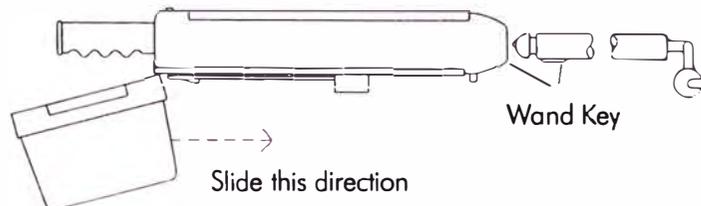


**STEP 1:** Make sure the "OFF" switch on the right side of unit (looking from the serial numbered side of detector) is pushed down.



**STEP 2:** With the battery removed, turn the unit so the base plate is facing up. Remove the plastic cap. Rotate the voltage adjusting screw until the desired inspection voltage is indicated on the dial (numbers on dial are x1000). When the dial is set to the desired voltage, replace the plastic cap to protect from dust and moisture.

**STEP 3:** With the battery contact buttons up, place a fully charged battery into the battery box. Place the battery at rear of the baseplate and slide forward until it locks in place. Make sure that the battery contacts line up. It does not matter which side of the detector the battery buttons are on (right or left). The baseplate is wired to allow the battery to contact the baseplate either way.



### Battery Storage:

The battery should be fully charged BEFORE storing. Storage at temperatures below 75°F is recommended. After six months of storage or storage in extremely high temperatures, the battery should be recharged to maintain peak efficiency and maximize its life span.

This Portable Holiday Detector is an accurate, reliable instrument which is only warranted if it is properly handled, maintained and operated as prescribed by Pipeline Inspection Co., Ltd.

# Battery Instructions

**General :** The SPY® battery is a completely sealed, rechargeable 6 volt unit. It can be used in any position and under most conditions.

## To Charge The Battery :

Set the battery on a level surface with terminals up and toward the front. Place the battery charger over the battery so that the battery contacts are aligned and touching the contacts on the bottom of charger. Plug the charger into an appropriate AC outlet. *Make sure to change from 120 volt to 240 volt when necessary. Make sure the charger is unplugged when performing this step.* When the charger is placed onto a discharged battery the LED will blink while the battery is charging. The LED changes to steady "on" when the battery is fully charged. A discharged battery requires 8-12 hours to fully charge.

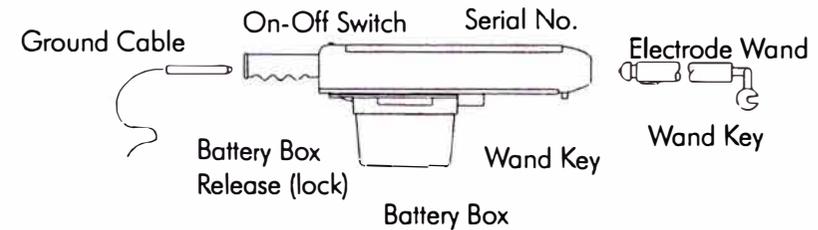
If the LED blinks for a short time then goes steady "on" after a few minutes, or after charging, the battery is fully charged and ready for use.

There is no danger of overcharging the battery. After the battery is fully charged, the charger will maintain a trickle charge to keep the battery at peak charge.

It is recommended that the battery be recharged as soon as possible after use.

**WARNING!** Do not use any other type of charger. This charger is specially designed for this battery .

**STEP 4 :** Insert and snap the electrode wand into the front end of the detector. Make sure the wand key & detector slot line up. Wand should snap snugly into detector.



**STEP 5 :** Connect the ground cable by inserting the fitting on the insulated end of the ground cable into the slot in the detector handle. Maintain forward pressure and then twist the cable clockwise to lock in place. Straighten any kinks out of the cable and keep as much of the cable as possible in contact with the earth. Improve grounding contact by dragging the cable in the pipe ditch where there is more moisture or wet earth. In extremely dry areas, it may be necessary to connect the cable to a ground rod that is driven several feet into the earth or to connect the ground cable directly to the bare metal of the pipe.

**STEP 6 :** Attach the electrode, brush or spring to the connector of the electrode wand.

## CAUTION!

**DO NOT TOUCH** bare ground wire when the detector is on.  
**DO NOT CUT** the ground cable to a shorter length.

**When, AND ONLY WHEN, Steps 1-6 are complete....**

**STEP 7 :** Push the "ON" switch to activate the detector. The "OFF" switch will light up and the "run" tone will sound to indicate that the unit is now on. Begin inspecting for coating holidays. The previously set output voltage is regulated to provide a constant voltage on the coating being inspected. Holidays will be indicated by a beeping sound of the horn as well as a flickering of the "OFF" switch light.

## **To Stop Operations and Deactivate Unit**

---

**CAUTION!** DO NOT TOUCH the electrode or ground wire while detector is operating.

### **Steps**

- STEP 1 :** Push the "OFF" switch to deactivate holiday detector. Wait several seconds for the residual charge on the pipe to dissipate before removing or disconnecting the electrode or ground cable.
- STEP 2 :** To remove the electrode wand, press in on the wand and press the release catch on the bottom front of the detector while gently pulling out on the wand.
- STEP 3 :** To remove the ground cable, twist the insulated end counter clockwise until it releases from the handle.
- STEP 4 :** To remove the battery, press and hold the battery box lock while sliding battery box to the rear. **BE SURE THE DETECTOR IS TURNED OFF** before removing the battery or any other components.

Apéndice G: **Equipo de Pearson Test**

HELP

SHOW/HIDE BOOKMARKS

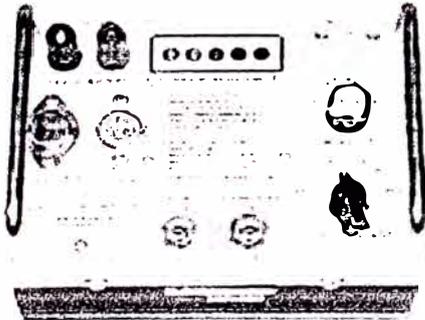
# SHORT LOCATOR

## The Null Method...

FOR LOCATING  
ELECTRICAL SHORTS  
AND OPEN COUPLINGS  
ON UNDERGROUND  
PIPELINES WITH THE  
ALL NEW MARK IV  
RECEIVER



The Model PD Detector and the Null Method have been well accepted by the industry. Acclaimed to be the fastest method known to accurately locate points of electrical contact and insulating joints on coated pipelines. This type of survey may be conducted on coated pipelines regardless of their location. Unaffected by parallel lines, depths or cover, the survey can often be, in part, conducted from a moving vehicle over the pipe. In brief, the Null Method follows the flow of impressed audio frequency current in a coated pipe determining where it leaves. The point of current discharge is determined by a sharp disturbance of the null itself rather than the signal level of the audio frequency. This method is quite practical, particularly as competent field personnel can interpret findings quickly and accurately.



Please Visit Us on the Internet:  
Website: [www.tinker-rasor.com](http://www.tinker-rasor.com)  
E-mail: [info@tinker-rasor.com](mailto:info@tinker-rasor.com)

### NEW DESIGN!!!

An invaluable tool  
in the maintenance of  
cathodically protected  
piping systems for...



GAS



PETROLEUM  
CHEMICALS



AND  
WATER

DELIVERY: Immediate Delivery from Stock  
F.O.B. San Gabriel, California  
SERVICE: 24-hour Turn-around  
TERMS: Net 30 Days, on approval of credit  
WARRANTY: 90 Days, parts and labor

**TINKER & RASOR**  
OVER HALF A CENTURY OF QUALITY PRODUCTS

417 AGOSTINO ROAD P.O. BOX 281 SAN GABRIEL, CALIFORNIA 91778 0211

PHONE  
(626) 287-5259  
FAX  
(626) 287-0132



PD

#1  
Worldwide**COMPONENTS FOR PD SHORT LOCATOR:**

- |  |                                   |
|--|-----------------------------------|
| A. Mark IV Receiver with batteries (1 spare) | E. 30 Black ground cable          |
| B. PD-B Oscillator                           | F. 6 Red Oscillator to pipe cable |
| C. Hard set w/ cushions                      | G. Carrying case                  |
| D. Battery cables (set) (Black-) (Red+)      | H. Instruction manual (Not Shown) |

**OPTIONAL ACCESSORIES FOR LOCATING HOLIDAYS:**

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| H. Shoe cleats (set of 4)          | K. 30 Connecting cable     |
| I. Terminal Board (single connect) | L. Cleat cables (set of 4) |
| J. Terminal Board (double connect) |                            |

**DELIVERY:** Immediate Delivery from Stock  
F.O.B. San Gabriel, California

**SERVICE:** 24-hour Turn-around

**TERMS:** Net 30 Days, on approval of credit

**WARRANTY:** 90 Days, parts and labor

Please Visit Us on the Internet:  
Website: [www.tinker-rasor.com](http://www.tinker-rasor.com)  
E-mail: [Info@tinker-rasor.com](mailto:Info@tinker-rasor.com)

**HOLIDAY DETECTOR****Pearson Type  
Detector**

The Pearson-type Detector is well known to industry, however, Tinker & Rasor's Pearson-Type Detector Model PD is an all transistor instrument. It's lightweight, low battery drain and rugged construction are all features of the New Design.

The PD Detector can be used to locate discontinuities in the coating of buried pipelines, to locate electrical breaks on the lines and to effectively locate the lines themselves. All of these findings can take place without the necessity of uncovering the pipeline under test.

However, a Pearson-Type Detector can be used successfully only if a pipeline has been carefully backfilled and the soil is compact around it. There also must be some moisture content in the surrounding soil.

The cleats are worn by two inspectors walking in tandem. The cleats are terminated by cable connections to a receiver worn on the belt of one inspector. They enable him to accurately find holidays or large discontinuities in pipe coatings. The search coil can locate the pipe or steel.

**A. RECEIVER**

**The Redesigned Mark IV Receiver** employs a high gain, integrated circuit amplifier that is right-to-noise optimized by three 750 cycle active filter elements. Modern circuit design insures maximum circuit stability

even when operated at ambient temperature extremes. The filter eliminates AC and DC interference. The search coil is contained within the receiver and has a low impedance of 2000 ohms. Although earphones are furnished for operator's optional use, the loudspeaker offers advantages related to safety, convenience, and comfort. Built-in battery test and signal intensity meter of modern full-scale design give ease of observation. The multi-directional depth level gauge gives accurate (within 1 inch) depth determination.

**B. OSCILLATOR**

**The Oscillator** provided with the set has been designed to use the latest developments in this type of instrumentation. A signal of 750 c.p.s. is generated by using a

power transistor switching circuit. This arrangement eliminates solenoid vibrators, buzzers or other moving part elements. The transistor Oscillator converts low voltage (12 volts) DC to stable audio frequency AC directly and thereby, by a highly efficient method, the input current to the Oscillator is only 1.7 amperes for a full output of fifteen watts, a conversion efficiency of better than 80%.

In order that a maximum of energy can be transferred from the Oscillator to the pipe, the output of the oscillator is provided with taps so that voltages of 2.5, 5, 7.5, 15, 50 and 100 volts are available to match the load. An interrupter is provided to make the signal more easily recognized.

**TINKER & RASOR**  
OVER HALF A CENTURY OF QUALITY PRODUCTS

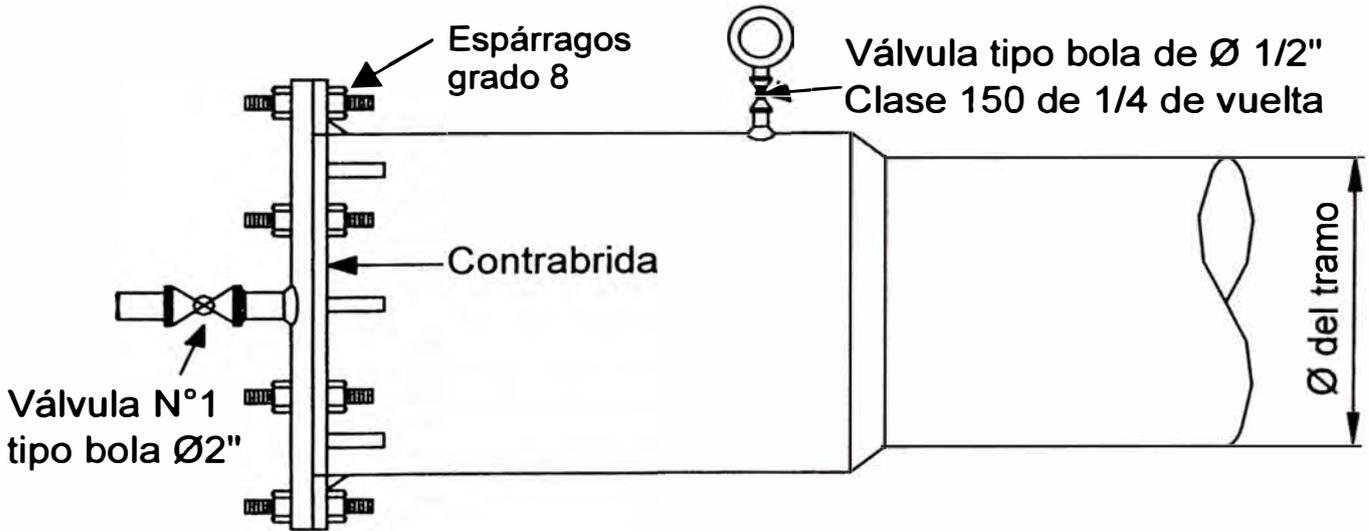
PHONE  
(826) 287-5259  
FAX  
(826) 287-0132

417 AGOSTINO ROAD P.O. BOX 211 SAN GABRIEL, CALIFORNIA 91776-0281

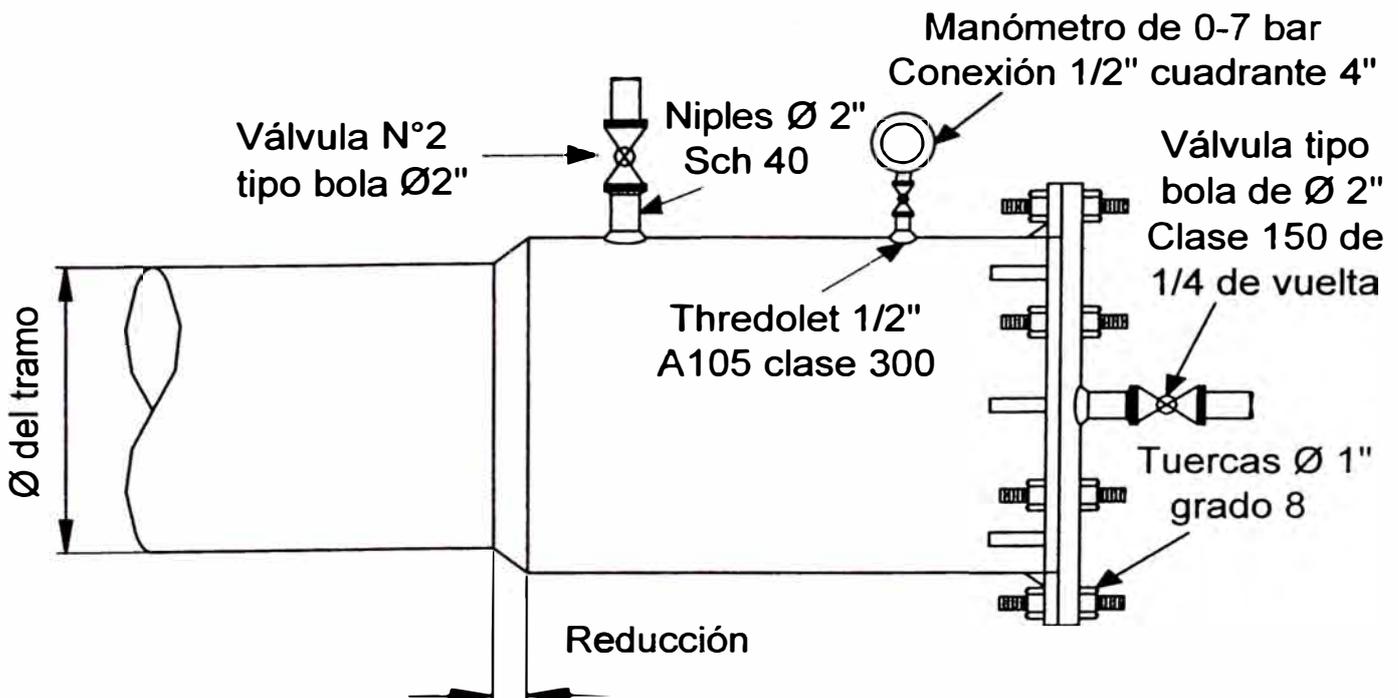
Apéndice H: **Esquemas de Cabezales de Limpieza y Prueba**

# ESQUEMA DE CABEZALES DE LIMPIEZA Y CALIBRACION

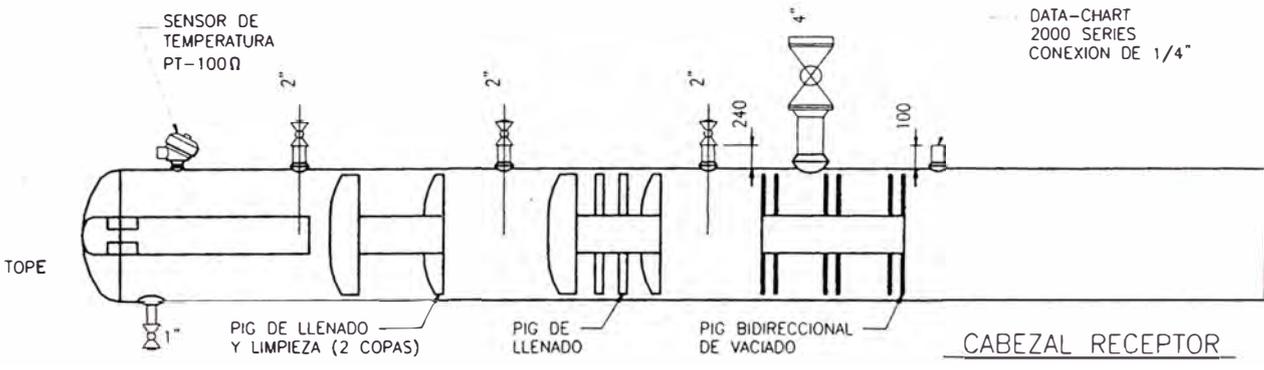
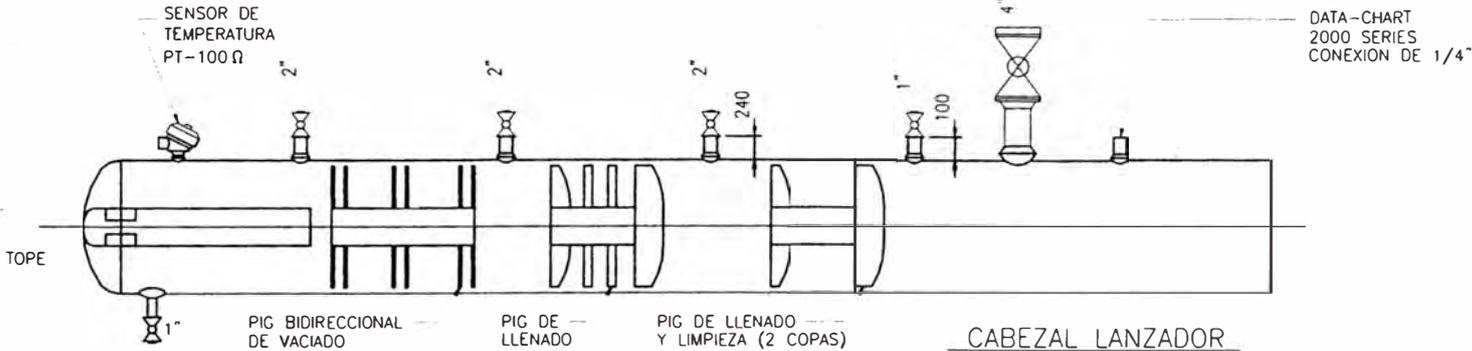
## CABEZAL DE LANZAMIENTO



## CABEZAL DE RECEPCION



# CABEZALES DE PRUEBA



Apéndice I: Cuadro de Control de Avance Diario

**Obra: 'DISTRIBUCION DE GAS NATURAL'**  
**Diámetro = 20'**

**RESUMEN DE AVANCE DIARIO FRENTE NORTE**

<b>Fecha de Corte</b>
Mar 18 Noviembre 2003

Item	Descripción	Incidencia	Avance Acumulado			Saldo Equivalente (mL)	
			Actual Registrado	Factor de Equivalencia	Unidad		
1	Excavación	23.7%	29,820.00	1.00	mL	29,820.00	380.00
2	Desfile	8.0%	29,898.00	1.00	mL	29,898.00	104.00
3	Soldadura	18.7%	2,368.00	12.50	Junta	29,800.00	400.00
4	Arenado y Revestimiento de Juntas	3.7%	2,379.30	12.50	Junta	29,741.25	258.75
5	Bajada y Montaje de tubería	10.8%	29,032.00	1.00	mL	29,032.00	988.00
6	Relleno Fase 1 - Arena Fina	7.4%	29,043.00	1.00	mL	29,043.00	957.00
7	Tendido de Triducto	3.7%	28,858.00	1.00	mL	28,858.00	1,344.00
8	Relleno Fase 2 - Material Reciclado	5.7%	27,758.00	1.00	mL	27,758.00	2,244.00
9	Relleno Fase 3 - Ultima Capa Reciclado/Afirmado	7.3%	27,936.00	1.00	mL	27,936.00	2,084.00
10	Reposición - Terreno Natural/Jardines/Carpetas/Losas	15.4%	25,872.00	1.00	mL	25,872.00	4,328.00
<b>Longitud Equivalente Ejecutada</b>			<b>28,662.15</b>		<b>mL</b>	<b>28,662.15</b>	<b>1,337.85</b>

RENDIMIENTOS O AVANCES							RENDIMIENTOS O AVANCES						
Semana 40. del 2003							Semana 41. del 2003						
Lun 26 Sep	Mar 27 Sep	Mié 28 Sep	Jue 29 Sep	Vie 30 Sep	Sáb 1 Oct	Dom 2 Oct	Lun 3 Oct	Mar 4 Oct	Mié 5 Oct	Jue 6 Oct	Vie 7 Oct	Sáb 8 Oct	Dom 9 Oct
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	80.00		120.00	100.00	100.00	110.00	80.00	80.00	
110.00	130.00	120.00	150.00	200.00	150.00		100.00	100.00	90.00	90.00	-	-	
10.00	10.00	12.00	12.00	10.00	13.00		5.00	5.00	3.00	5.00	8.00	2.00	
8.00	7.00	12.00	10.00	15.00	15.00		10.00	-	8.00	8.00	10.00	-	
100.00	100.00	120.00	120.00	120.00	120.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
100.00	80.00	110.00	90.00	100.00	100.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
80.00	80.00	120.00	100.00	80.00	120.00		80.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
100.00	100.00	110.00	120.00	110.00	130.00		10.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
400.00	50.00	50.00	-	-	-		500.00	-	-	100.00	100.00	200.00	
150.17	95.81	107.84	99.39	99.98	101.07		155.09	74.72	72.89	95.51	85.40	88.45	

<b>Fecha de Inicio de Actividades</b>	Lun 03 Mar 2003
Longitud total Prevista	mL 30,000.00
Rendimiento Previsto por sub frente	mL/día 100.00
Sub frentes	Und 2.00
Longitud equivalente Ejecutada	mL 28,662.15
Rendimiento Logrado por Sub Frente	mL/día 109.82
Duración de ejecución en el tramo	día 261.00
<b>Fecha Prevista o Fin de Actividades</b>	Lun 01 Dic 2003

Apéndice J: **Cuadros de Indices de Confiabilidad**

# PROYECTO 'GAS NATURAL PARA LIMA Y CALLAO'

OBRA - DISTRIBUCION DE GAS NATURAL EN LIMA Y CALLAO

FRENTE UNIFICADO

ANALISIS DE CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

Fecha : Jueves 9 de Octubre del 2003

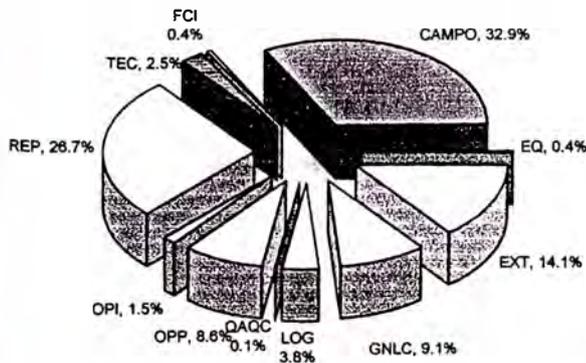
Semana 41

## ACTIVIDADES NO EJECUTADAS SEGUN CAUSAS - FRENTE UNIFICADO

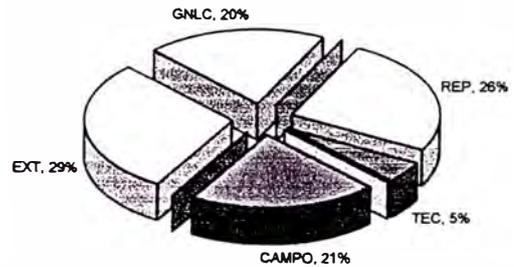
MES	SEMANA	FECHAS		ADM	EQ	EXT	GNLC	LOG	QAQC	OPP	OPI	REP	TEC	FCI	CAMPO	Total	
		Inicio	Fin														
Enero	1	02 Ene	06 Ene	-	-	-	-	1.00	-	-	-	32.00	-	-	-	8.00	41.00
Enero	2	09 Ene	15 Ene	-	1.00	25.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.00	41.00
Enero	3	16 Ene	22 Ene	-	-	-	-	-	-	1.00	-	30.00	-	-	-	1.00	32.00
Enero	4	23 Ene	29 Ene	-	-	-	-	-	-	13.00	-	48.00	-	-	-	30.00	91.00
Febrero	5	30 Ene	05 Feb	-	-	-	-	-	-	9.00	-	39.00	-	-	-	-	48.00
Febrero	6	06 Feb	12 Feb	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.00	-	-	5.00	15.00
Febrero	7	13 Feb	19 Feb	-	-	6.00	2.00	-	-	-	-	4.00	5.00	-	-	10.00	27.00
Febrero	8	20 Feb	26 Feb	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	-	3.00	6.00
Marzo	9	27 Feb	05 Mar	-	5.00	5.00	-	-	-	-	-	5.00	4.00	-	-	5.00	24.00
Marzo	10	06 Mar	12 Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	5.00	18.00
Marzo	11	13 Mar	19 Mar	-	1.00	-	8.00	-	-	-	-	11.00	-	-	-	16.00	36.00
Marzo	12	20 Mar	26 Mar	-	-	-	-	-	-	-	-	16.00	-	-	-	17.00	33.00
Abril	13	27 Mar	02 Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	7.00	-	-	-	15.00	22.00
Abril	14	03 Abr	09 Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.00	20.00
Abril	15	10 Abr	16 Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	30.00	-	-	-	19.00	49.00
Abril	16	17 Abr	23 Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	17.00	-	-	-	20.00	37.00
Abril	17	24 Abr	30 Abr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.00	42.00
Mayo	18	01 May	07 May	-	-	-	-	-	-	-	-	8.00	-	-	-	32.00	40.00
Mayo	19	08 May	14 May	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.00	19.00
Mayo	20	15 May	21 May	-	-	-	-	-	-	-	-	19.00	5.00	-	-	37.00	61.00
Mayo	21	22 May	28 May	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.00	37.00
Junio	22	29 May	04 Jun	-	-	-	-	-	-	50.00	-	-	-	-	-	24.00	74.00
Junio	23	05 Jun	11 Jun	-	1.00	-	8.00	3.00	2.00	-	-	7.00	4.00	-	-	20.00	45.00
Junio	24	12 Jun	18 Jun	-	-	67.00	-	-	-	33.00	-	10.00	-	-	-	2.00	112.00
Junio	25	19 Jun	25 Jun	-	-	9.00	2.00	53.00	-	44.00	-	40.00	45.00	2.00	-	27.00	222.00
Julio	26	26 Jun	02 Jul	-	-	2.00	158.00	19.00	-	26.00	-	19.00	-	-	-	18.00	242.00
Julio	27	03 Jul	09 Jul	-	-	-	31.00	15.00	-	23.00	2.00	12.00	2.00	-	-	67.00	152.00
Julio	28	10 Jul	16 Jul	-	-	-	-	7.00	-	-	-	30.00	-	-	-	6.00	43.00
Julio	29	17 Jul	23 Jul	-	-	17.00	-	1.00	-	-	-	-	-	-	-	24.00	49.00
Julio	30	24 Jul	30 Jul	-	-	5.00	-	7.00	-	-	-	-	2.00	-	-	10.00	24.00
Agosto	31	31 Jul	06 Ago	-	-	-	-	-	-	22.00	-	-	2.00	-	-	2.00	26.00
Agosto	32	07 Ago	13 Ago	-	-	13.00	5.00	3.00	-	-	-	34.00	1.00	-	-	39.00	95.00
Agosto	33	14 Ago	20 Ago	-	-	3.00	13.00	-	-	-	-	8.00	-	-	-	45.00	69.00
Agosto	34	21 Ago	27 Ago	-	-	-	18.00	26.00	-	33.00	16.00	5.00	-	-	-	48.00	146.00
Septiembre	35	28 Ago	03 Sep	-	-	-	10.00	-	-	15.00	-	3.00	-	-	-	43.00	71.00
Septiembre	36	04 Sep	10 Sep	-	-	-	5.00	-	-	8.00	1.00	41.00	-	-	-	18.00	73.00
Septiembre	37	11 Sep	17 Sep	-	-	-	12.00	5.00	-	12.00	-	1.00	-	5.00	-	17.00	52.00
Septiembre	38	18 Sep	24 Sep	-	-	-	-	-	-	3.00	-	-	-	-	-	4.00	7.00
Octubre	39	25 Sep	01 Oct	-	-	-	9.00	-	-	-	-	-	-	-	-	23.00	32.00
Octubre	40	02 Oct	08 Oct	-	-	10.00	13.00	-	-	-	-	30.00	-	-	-	17.00	70.00
Octubre	41	09 Oct	15 Oct	-	-	24.00	8.00	-	-	-	-	21.00	4.00	-	-	17.00	74.00

Acumulado FRENTE UNIFICADO	-	15.00	516.00	332.00	140.00	2.00	314.00	56.00	975.00	90.00	14.00	1,204.00	3,658.00
Incidencia Acumulada FRENTE UNIFICADO		0.4%	14.1%	9.1%	3.8%	0.1%	8.6%	1.5%	26.7%	2.5%	0.4%	32.9%	100%
Semanal FRENTE UNIFICADO		-	24.00	16.00	-	-	-	-	21.00	4.00	-	17.00	82.00
Incidencia Semanal FRENTE UNIFICADO			29%	20%					26%	5%		21%	100%

**CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO - FRENTE UNIFICADO**

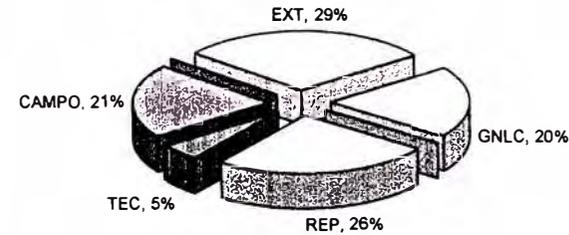


**CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO SEMANAL - FRENTE UNIFICADO**

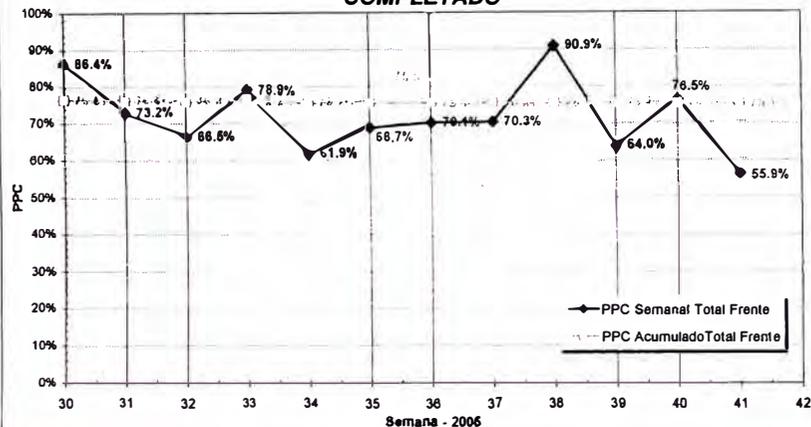


Semana	FECHA		PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO		TAREAS PROGRAMADAS		TAREAS REALIZADAS	
	Inicio	Fin	Semanal	Acumulado	SEMANAL	ACUMULADO	SEMANAL	ACUMULADO
1	2-Ene-03	8-Ene-03	55.4%	55.4%	92	1542	51	1178
2	9-Ene-03	15-Ene-03	70.3%	62.9%	138	1680	97	1275
3	16-Ene-03	22-Ene-03	82.5%	74.7%	183	1863	151	1428
4	23-Ene-03	29-Ene-03	72.1%	71.1%	328	2189	235	1861
5	30-Ene-03	5-Feb-03	84.8%	78.9%	316	2505	268	1929
6	6-Feb-03	12-Feb-03	95.2%	81.1%	315	2820	300	2229
7	13-Feb-03	19-Feb-03	90.6%	81.1%	287	3107	260	2489
8	20-Feb-03	26-Feb-03	97.9%	81.1%	289	3396	283	2772
9	27-Feb-03	5-Mar-03	91.8%	81.1%	282	3688	268	3040
10	6-Mar-03	12-Mar-03	93.6%	81.1%	280	3968	262	3302
11	13-Mar-03	19-Mar-03	89.4%	81.1%	188	4158	168	3470
12	20-Mar-03	26-Mar-03	79.4%	81.1%	180	4316	127	3597
13	27-Mar-03	2-Abr-03	89.1%	81.1%	202	4518	160	3777
14	3-Abr-03	9-Abr-03	86.7%	81.1%	150	4668	130	3907
15	10-Abr-03	16-Abr-03	71.2%	81.1%	170	4636	121	4028
16	17-Abr-03	23-Abr-03	81.9%	81.1%	168	5004	136	4164
17	24-Abr-03	30-Abr-03	79.4%	81.1%	204	5208	162	4328
18	1-May-03	7-May-03	79.9%	81.1%	199	5407	159	4485
19	8-May-03	14-May-03	90.8%	81.1%	208	5613	167	4672
20	15-May-03	21-May-03	69.7%	81.1%	201	5814	140	4812
21	22-May-03	28-May-03	81.3%	81.1%	198	6012	161	4973
22	29-May-03	4-Jun-03	54.3%	81.1%	162	6174	88	5081
23	6-Jun-03	11-Jun-03	82.5%	81.1%	303	6477	250	5311
24	12-Jun-03	18-Jun-03	66.5%	81.1%	325	6802	218	5527
25	19-Jun-03	25-Jun-03	49.7%	81.1%	475	7277	236	5763
26	26-Jun-03	2-Jul-03	45.3%	81.1%	477	7754	216	5979
27	3-Jul-03	9-Jul-03	54.3%	81.1%	352	8106	191	6170
28	10-Jul-03	16-Jul-03	81.4%	81.1%	263	8369	214	6364
29	17-Jul-03	23-Jul-03	77.8%	81.1%	153	8522	119	6503
30	24-Jul-03	30-Jul-03	68.4%	81.1%	177	8699	153	6656
31	31-Jul-03	6-Ago-03	73.2%	81.1%	97	8796	71	6727
32	7-Ago-03	13-Ago-03	68.5%	81.1%	284	9080	169	6916
33	14-Ago-03	20-Ago-03	78.9%	81.1%	327	9407	258	7174
34	21-Ago-03	27-Ago-03	61.9%	81.1%	383	9790	237	7411
35	28-Ago-03	3-Sep-03	66.7%	81.1%	227	10017	158	7567
36	4-Sep-03	10-Sep-03	70.1%	81.1%	244	10261	171	7738
37	11-Sep-03	17-Sep-03	70.3%	81.1%	175	10436	123	7881
38	18-Sep-03	24-Sep-03	90.9%	81.1%	77	10513	70	7931
39	25-Sep-03	1-Oct-03	64.0%	81.1%	50	10563	32	7963
40	2-Oct-03	8-Oct-03	76.5%	81.1%	230	10793	176	8139
41	9-Oct-03	15-Oct-03	55.9%	81.1%	186	10979	104	8243

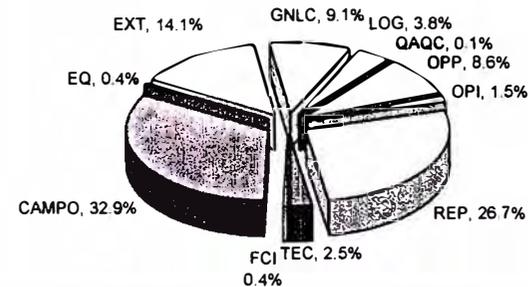
**CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO SEMANAL - FRENTE UNIFICADO**



**CURVAS - CONTROL DE PORCENTAJE DE PLAN COMPLETADO**



**CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO ACUMULADO - FRENTE UNIFICADO**



**CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO**

ADM	Administrativas. Incumplimiento de Acuerdos, falta de personal	GNLC	Indefinición de Tramos - Supervisión. Incumplimiento de Coordinaciones	OPP	Permisos. Falta de permisos.	TEC	Error de programación
EQ	Falta de equipos, averías, mantenimientos	LOG	Logística. Llegada tardía de pedidos. Incumplimiento de proveedores.	OPI	Ingeniería. Falta de ingeniería. Cambios según campo.	FCI	Falta de coordinación interna.
EXT	Externas, manifestaciones, huelgas.	QAQC	Control de Calidad. No conformidades.	REP	Reprogramación de actividades.	CAMPO	Bajos rendimientos. Por Diferentes causas de campo, interferencias, derrumbes, etc.

Apéndice K: **Cuadros de Indices de Productividad**





**PROYECTO CAMISEA**

Obra: 'DISTRIBUCION DE GAS EN LIMA Y CALLAO'

IP: FRENTE NORTE

**CUADRO DE RESUMEN - INFORME DE PRODUCTIVIDAD (IP) OBRA  
IP FRENTE NORTE**

SEMANA:

FECHA: 09-Ene-03

al

15-Ene-03

Item	PARTIDAS DE CONTROL	und	AVANCE				HORAS HOMBRE			PRODUCTIVIDAD				HH Ganadas Perdidas
			Total	Factor Equivalecia	Acumulado Actual	% Acum. Actual	Presupuesto	Acumulado Previsto	Acumulado Real	und	Ratio Previsto	Ratio Real Acumulado	Ratio Real Semanal	
1	Señalización	ml	11,368.82	1.00	455.00	4.00%	4,640.00	185.70	224.00	HH / ml	0.41	0.49	0.49	(38.30)
2	Topografía	ml	11,368.82	1.00	455.00	4.00%	3,480.00	139.28	175.50	HH / ml	0.31	0.39	0.39	(36.22)
3	Detección de Interferencias	ml	11,368.82	1.00	455.00	4.00%	4,640.00	185.70	235.50	HH / ml	0.41	0.52	0.52	(49.80)
4	Excavación	ml	11,368.82	1.00	455.00	4.00%	12,760.00	510.68	520.00	HH / ml	1.12	1.14	1.14	(9.32)
5	Revestimiento de tuberías	ml	11,368.82	1.00	299.96	2.64%	5,800.00	153.03	179.00	HH / ml	0.51	0.60	0.60	(25.97)
6	Desfile	ml	11,368.82	1.00	420.00	3.69%	2,320.00	85.71	86.50	HH / ml	0.20	0.21	0.21	(0.79)
7	Soldadura	ml	11,368.82	1.00	360.00	3.17%	10,440.00	330.59	363.50	HH / ml	0.92	1.01	1.01	(32.91)
8	Arenado y Revestimiento de Juntas	ml	11,368.82	1.00	282.00	2.48%	4,640.00	115.09	144.50	HH / ml	0.41	0.51	0.51	(29.41)
9	Bajada y Montaje de tubería	ml	11,368.82	1.00	272.00	2.39%	3,480.00	83.26	118.50	HH / ml	0.31	0.44	0.44	(35.24)
10	Relienos, Triducto y Reposición Final	ml	11,368.82	1.00	154.30	1.36%	17,400.00	236.16	255.00	HH / ml	1.53	1.65	1.65	(18.84)
11	Prueba Hidráulica	ml	11,368.82	1.00	-		3,480.00	-	-	HH / ml	0.31	-	-	-
12	Mantenimiento de Equipos y Campamentos	sem	24.00	473.70	1.00	4.17%	2,320.00	96.67	97.00	HH / sem	98.67	97.00	97.00	(0.33)
13	Vigilancia de Obra	ml	11,368.82	1.00	455.00	4.00%	11,600.00	464.25	487.50	HH / ml	1.02	1.07	1.07	(23.25)
	<b>Total Avance Equivalente</b>	mL	11,368.82		337.94	2.97%	67,000.00	2,586.11	2,886.50	HH / mL	7.65	8.54	8.54	(300.39)
										Semana Anterior	-	-	-	-

	Actual	Anterior	Semanal
% avance total	2.97%		2.97%

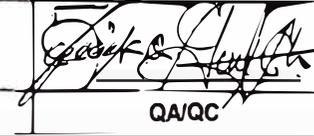
Apéndice L: **Welding Book**

# Control de soldadura

Junta	Tubería Grado: API 5L X56						EPS	Progresiva	Raiz	Cali	Relle	Relle	Relle	Relle	Acab	Inspección	Ubic.	Long.	Prof.	Alt.	Disc.	RP
	Código	Colada	LN(M)	LF(M)	D(pulg)	E(mm)																
<b>Grupo: -PK- -</b> 00-000-001   04139   586197A   12.41   12.41   20.000   11.13   05   R   12.41   I   35   35   05   05   05     05   VS 15/01/2003   AP     00691   584791A   12.86   12.86   20.000   11.13     P   12.39   D   08   08   82   82   82     82   UT 15/01/2003   AP   NR 94073-03-0011 <b>Tubería:</b> 00691 <b>Fecha curva:</b> 12/12/2002 <b>Progresiva:</b> 18.82																						
00-000-101   00691   584791A   12.86   12.86   20.000   11.13   05   R   25.27   I   37   37   37   21   21     21   VS 06/02/2003   AP     04135   586197A   12.28   12.28   20.000   11.13     P   25.25   D   05   05   05   26   26     26   UT 07/02/2003   AP   NR 94073-03-0025 <b>Tubería:</b> 00691 <b>Fecha curva:</b> 12/12/2002 <b>Progresiva:</b> 18.82 <div style="text-align: right;">1178    10    9.30    0.00 SLF    A</div>																						
00-000-002   04135   586197A   12.28   12.28   20.000   11.13   05   R   37.55   I   35   35   35   35   35     35   VS 14/01/2003   AP     04188   586204A   11.16   11.16   20.000   11.13     P   37.53   D   05   05   05   05   05     05   UT 15/01/2003   AP   NR 94073-03-0011																						
00-000-003   04188   586204A   11.16   11.16   20.000   11.13   05   R   48.71   I   35   35   35   05   05     05   VS 15/01/2003   AP     04203   586184A   12.30   12.30   20.000   11.13     P   48.66   D   08   08   08   82   82     82   UT 15/01/2003   AP   NR 94073-03-0011																						
00-000-004   04203   586184A   12.30   12.30   20.000   11.13   05   R   61.01   I   35   35   35   05   05     05   VS 15/01/2003   AP     04204   586184A   12.30   12.30   20.000   11.13     P   60.98   D   08   08   08   82   82     82   UT 15/01/2003   AP   NR 94073-03-0011																						
00-000-005   04204   586184A   12.30   12.30   20.000   11.13   05   R   73.31   I   35   35   35   05   05     05   VS 15/01/2003   AP     04084   586184A   12.23   12.23   20.000   11.13     P   73.29   D   08   08   08   82   82     82   UT 15/01/2003   AP   NR 94073-03-0011 <div style="text-align: right;">602    10    9.30    0.00 SLF    A 680    14    9.30    0.00 SLF    A</div>																						

**Leyenda**

RP=Resultado Parcial; A/AP=Aprobados; R/RE=Rechazados; VS=Visual; UT=Ultrasonido; Unidades=mm  
 LN=Longitud nominal; LF=Longitud final; NR=Número de reporte UT; LR=Longitud reparada  
 Progresiva R=Progresiva Real=Distancia acumulada a lo largo de la línea de tuberías  
 Progresiva P=Progresiva Proyectada=Progresiva proyectada u horizontal de la línea de tuberías  
 LOF=Lack of Fusion; SLG=Slag; UDC=Undercut; GEO=Geometry; ISF=Interrupted Slag/LOF; HOB=Hollow Bead; CLU=Cluster; SLF=Slag/LOF; ILF=Interrupted LOF; INF=Incomplete Fusion

 EJM	 QA/QC	 GMLC
--	--	---

*P*