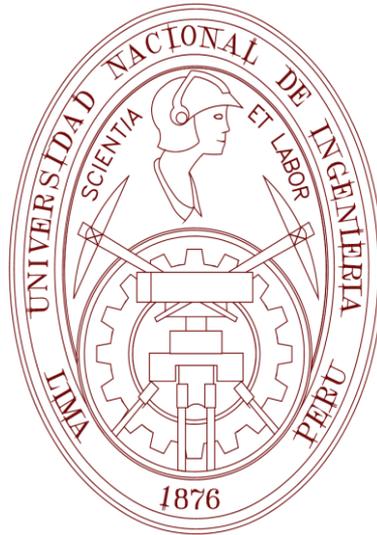


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DEL RAMAL DE ALIMENTACIÓN
DE 1460 sm³/h DE GAS NATURAL PARA
LA COMPAÑÍA MINERA LUREN**

TESIS

**PARA ÓPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

ROSA MERCEDES PEZO ALTAMIRANO

PROMOCIÓN 2007-I

LIMA-PERÚ

2010

DEDICATORIA

*Con mucho cariño para mis padres que me
dieron la vida y han estado conmigo en
todo momento, a mi hermana por
apoyarme siempre.*

ÍNDICE

	Pág
PRÓLOGO	1
CAPÍTULO 1.- INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. OBEJTIVOS	4
1.1.1. Objetivo General	4
1.1.2. Objetivos Específicos.....	4
1.2. ANTECEDENTES Y ALCANCES	4
CAPÍTULO 2.- EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE	5
2.1. EL GAS NATURAL.....	5
2.2. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL.....	6
2.3.. CONSUMO DEL GAS NATURAL.....	7
2.4. BENEFICIO DEL COMBUSTIBLE GAS NATURAL.....	14
CAPÍTULO 3.- NORMAS TÉCNICAS PARA EL TENDIDO DE	
 TUBERÍAS DE GAS NATURAL.....	19

II

3.1. NORMAS INTERNACIONALES	19
3.1.1. ASME B31.8-1999 (AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEER Edición 1999)	20
3.1.2. API STANDARD 1104 (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE- Edición 1999)	22
3.2. REGLAMENTO NACIONAL	24
3.2.1. Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos- Decreto Supremo N° 042-99-EM	24
CAPITULO 4.- DISEÑO DEL TENDIDO DE TUBERÍA	26
4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO	26
4.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA	29
4.2.1. Cálculo del diámetro de la tubería	29
4.2.2. Verificación del espesor de la tubería	35
4.2.3. Especificación de la tubería	42
4.3. CÁMARA PARA VÁLVULA DE BLOQUEO DE RED Y SERVICIO.....	45
4.4. RECORRIDO DEL TENDIDO DE TUBERÍA	48
4.4.1. Levantamiento topográfico.....	48
4.4.2. Determinación de las interferencias y permisos	49
4.4.3. Elaboración de planos	50

4.5. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS	51
4.5.1. Procedimientos constructivos civiles.....	51
4.5.1.1. Trazos y Replanteo.....	51
4.5.1.2. Procesamiento de pavimento rígido y flexible	53
4.5.1.3. Excavación de zanja	54
4.5.1.4. Rellenos.....	57
4.5.2. Procedimientos constructivos mecánicos.....	61
4.5.2.1. Manipuleo, transporte y desfile de tubos.....	61
4.5.2.1.1. Manipuleo	61
4.5.2.1.2. Desfile.....	63
4.5.2.2. Curvado de tubería en frío	66
4.5.2.2.1. Tipos de curvado	66
4.5.2.2.2. Ovalización de tuberías	66
4.5.2.2.3. Proceso de curvado	68
4.5.2.2.4. Control de calidad	70
4.5.2.3. Calificación del procedimiento de soldadura	72
4.5.2.3.1. Elaboración de procedimiento de soldadura	72
4.5.2.3.2. Verificaciones y/o controles de soldadura	73
4.5.2.3.3. Ensayos destructivos de la junta soldada.....	75
4.5.2.4. Procedimiento de soldadura en campo.....	76

IV

4.5.2.4.1. Inspección de soldadura	78
4.5.2.4.2. Registro de datos de soldadura	81
4.5.2.5. Procedimiento de calificación de soldadores	82
4.5.2.5.1. Examen visual.....	82
4.5.2.6. Corte y biselado de tuberías	83
4.5.2.6.1. Corte	84
4.5.2.6.2. Biselado	85
4.5.2.6.3. Inspección visual.....	85
4.5.2.7. Codificación de tuberías cortadas	86
4.5.2.8. Sistema de codificación de junta de soldadura	90
4.5.2.8.1. Código general de juntas	91
4.5.2.8.2. Juntas generadas por el corte de una unión soldada	93
4.5.2.8.3. Empalme de tramos (TIE-IN)	94
4.5.2.9. Procedimiento para ensayos no destructivos de soldadura	94
4.5.2.9.1. Inspección por ultrasonido	95
4.5.2.9.2. Coordinaciones para la inspección por UT	97
4.5.2.9.3. Seguimiento de inspección por UT.....	97
4.5.2.10. Protección de juntas de soldadura	97

4.5.2.10.1. Ejecución	98
4.5.2.10.2. Inspección y pruebas de instalación.....	108
4.5.2.10.3. Holiday Detector (Detector de Porosidad)	115
4.5.2.11. Reparación de recubrimiento	115
4.5.2.11.1. Sistema de reparación de SOCORIL	116
4.5.2.11.2. Sistema de reparación RAYCHEM.....	118
4.5.2.11.3. Registro de datos	121
4.5.2.12. Reparación de juntas	121
4.5.2.12.1. Ejecución	121
4.5.2.12.2. Remoción del defecto	122
4.5.2.13. Procedimiento de Pearson Test.....	125
4.5.2.13.1. Ejecución	125
4.5.2.14. Instalación de puntos de control	127
4.5.2.15. Procedimiento de prueba hidráulica.....	130
4.5.2.15.1. Limpieza preliminar	131
4.5.2.15.2. Prueba de resistencia	132
4.5.2.15.3. Prueba de hermeticidad	133
4.6. SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE.....	133
4.6.1. Responsabilidades y funciones.....	133
4.6.2. Seguridad industrial – prevención de accidentes	136

4.6.3.	Índices de seguridad.....	139
4.6.4.	Higiene industrial, prevención y control de enfermedades.....	140
4.6.4.1.	Identificación y Evaluación de Riesgos a la Salud.....	140
4.6.4.2.	Identificación de peligros físicos.....	141
4.6.4.3.	Identificación de peligros ergonómicos.....	141
4.6.5.	Prevención y control de incendios	142
4.6.5.1.	Gestión de riesgos	142
4.6.5.2.	Prevención y fuentes de ignición.....	142
4.6.5.3.	Factores de incendio.....	142
4.6.6.	Actividades de prevención de riesgo.....	143
4.6.6.1.	Inspección de seguridad	143
4.6.6.2.	Análisis de trabajo seguro	144
4.6.6.3.	Reuniones de seguridad	145
4.6.6.4.	Incumplimiento de normas/sanciones	145
4.6.6.5.	Orden y limpieza	146
4.6.7.	Manejo de productos químicos	147
4.6.8.	Equipos de protección personal.....	147
4.6.8.1.	Identificación de necesidades de EPP	147

4.6.9.	Programa de señalización en obra	149
4.6.10.	Manual de gestión ambiental	149
4.6.11.	Plan de contingencias.....	151

CAPITULO 5.- EJECUCIÓN DE OBRA Y PROTOCOLO DE

	PRUEBAS	152
5.1.	ORGANIGRAMA DE PLANEAMIENTO DE OBRA.....	152
5.1.1.	Funciones	152
5.2.	RECURSOS Y PERSONAL DE OBRA	174
5.2.1.	Recursos materiales	174
5.2.1.1.	Recurso material civil.....	174
5.2.1.2.	Recurso material mecánico	178
5.2.2.	Personal de obra	180
5.3.	EJECUCIÓN DE OBRA.....	181
5.4.	PRUEBA NEUMÁTICA.....	185
5.4.1.	Instrumentos de control y medición.....	186
5.4.2.	Ejecución de la prueba	187
5.4.3.	Valores de presión de prueba y tiempos	188
5.5.	PRUEBA HIDRÁULICA.....	189
	CAPITULO 6.- COSTOS	198

VIII

6.1. COSTO DE OBRA MECÁNICA.....	198
6.2. COSTO DE OBRA CIVIL.....	201
6.3. RESUMEN DE COSTOS	205
CONCLUSIONES	206
RECOMENDACIONES	207
BIBLIOGRAFÍA	208
PLANOS	210

- EMP-01: Troncal del km 0+000 al km 1+000.
- EMP-02: Troncal del km 1+000 al km 2+000.
- EMP-03: Troncal del km 2+000 al km 3+000.
- EMP-04: Troncal del km 3+000 al km 4+000.
- EMP-05: Troncal del km 4+000 al km 5+000.
- EMP-06: Troncal del km 5+000 al km 6+000.
- EMP-07: Cámara de válvula de bloqueo de servicios.

ANEXOS

- Anexo A: American Society of Mechanical Engineers ASME B 31.8 -1999.
Anexo B: American Petroleum Institute API STANDARD 1104-1999.
- Anexo C: Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos –

Decreto Supremo N° 042-99-EM.

IX

- Anexo D: Manual de Construcción de CALIDDA.
- Anexo E: Registro de trazado y replanteo.
- Anexo F: Registro de reparación de revestimiento e inspección con holiday detector.
- Anexo G: Registro de curvado.
- Anexo H: Registro de calificación de procedimiento.
- Anexo I: Registro de toma de datos de soldadura.
- Anexo J: Registro de soldadura diaria.
- Anexo K: Registro de calificación de soldador.
- Anexo L: Registro de corte y biselado.
- Anexo M: Reporte de resultado de ultrasonido.
- Anexo N: Registro de instalación de manta termo contraíble y ensayo de adherencia.
- Anexo O: Registro de reparación de soldadura.
- Anexo P: Registro de prueba de Pearson Test
- Anexo Q: Registro de protección catódica.
- Anexo R: Planilla de prueba de resistencia.
- Anexo S: Planilla de prueba de hermeticidad.
- Anexo T: Limpieza de la línea con brushing pig y espuma.
- Anexo U: Acta de ejecución de secado e inertización.
- Anexo V: Procedimiento de prueba neumática de acometidas.

LISTA DE FIGURAS

Figura N° 2.1. Matriz energética del Perú	8
Figura N° 2.2. Evolución de la matriz energética	9
Figura N° 2.3. Evolución de la matriz energética en MTBU.....	10
Figura N° 2.4 Reservas probadas de gas natural en América del Sur	12
Figura N° 2.5 Productos petroquímicos producidos a partir del gas natural	14
Figura N° 2.6 Precios de los combustibles.....	15
Figura N° 2.7. Quemador.....	16
Figura N° 2.8 Quemador Atmosférico	17
Figura N° 2.9 Quemador Atmosférico Multitoberas	17
Figura N° 2.10 Quemador Gas/Aire	17
Figura N° 2.11 Quemador Gas/Aire	17
Figura N° 4.1. Fórmula de Weymouth.....	30
Figura N° 4.2. Válvula flotante de diámetro 4 pulg. Según ANSI 150, paso Reducido	48
Figura N° 4.3. Trazado de la línea	52

Figura N° 4.4. Corte de pavimento	53
Figura N° 4.5. Demolición de pavimento.....	54
Figura N° 4.6. Excavación de zanja (a, b).....	55
Figura N° 4.7. Preparación de paredes de la zanja	56
Figura N° 4.8. Fosa de trabajo (a,b).....	56
Figura N° 4.9 Acumulación de material de excavación	57
Figura N° 4.10. Relleno de zanja.	58
Figura N° 4.11. Relleno de zanja con material propio	58
Figura N° 4.12. Tapada de la tubería	59
Figura N° 4.13. Toma de medidas después del bajado de tubería	60
Figura N° 4.14. Compactación de terreno.....	60
Figura N° 4.15. Manipuleo de tubería	61
Figura N° 4.16 Transporte de tubería	63
Figura N° 4.17. Acopio de tubería	63
Figura N° 4.18. Desfile de tubería	64
Figura N° 4.19. Colocación de tubería.....	64
Figura N° 4.20 Colocación de tubería	65
Figura N° 4.21. Bajado de tubería (a,b)	65
Figura N° 4.22. Tubería curvada	68
Figura N°4.23. Paso por el tubo del disco calibrador	68
Figura N°4.24. Equipo para curvar tubería	69

Figura N°4.25. Curvado de tubería	70
Figura N° 4.26. Probeta para calificación de soldadura	73
Figura N° 4.27. Calificación de procedimiento de soldadura.....	74
Figura N°4.28. Probeta soldada para calificar procedimiento de soldadura.....	74
Figura N° 4.29. Alineación de tubería con grapa.....	76
Figura N°4.30. Maniobra con faja de ahorque	77
Figura N° 4.31. Alineación de la tubería	77
Figura N° 4.32. Ubicación de costura longitudinal del tubo	78
Figura N° 4.33. Soldadura en campo (a,b).....	80
Figura N° 4.34. Inspección de soldadura	81
Figura N° 4.35. Calificación de soldadores en proceso SMAW (a)(b)	83
Figura N° 4.36. Corte de tubería	84
Figura N° 4.37. Biselado de tubería	85
Figura N° 4.38. Codificación de junta de soldadura	92
Figura N° 4.39. Codificación de tubería	92
Figura N° 4.40. Preparación de área a inspeccionar	96
Figura N° 4.41. Inspección de junta de soldadura.....	96
Figura N° 4.42. Granallado de junta de soldadura	99
Figura N° 4.43. Junta de soldadura después del granallado	99
Figura N° 4.44. Prueba de rugosidad	101

XIII

Figura N° 4.45. Verificación de la rugosidad.....	101
Figura N° 4.46. Precalentamiento de la junta a revestir	103
Figura N° 4.47. Verificación de la temperatura	103
Figura N° 4.48. Aplicación del primer epóxy a la junta a revestir	104
Figura N°4.49 Colocación de la manta termo contraíble	105
Figura N° 4.50. Ajuste de la manta termo contraíble	105
Figura N° 4.51. Aplicación del parche de cierre	106
Figura N°4.52 Adherencia de la manta con calentamiento	107
Figura N° 4.53 Adherencia de la manta con calentamiento(a)(b)	107
Figura N°4.54. Paso del rodillo por la manta termo contraíble (a)(b).....	108
Figura N° 4.55. Manta instalada en la junta de soldadura.....	110
Figura N° 4.56. Prueba de adherencia	112
Figura N°4.57. Desprendimiento de manta	112
Figura N°4.58. Reparación de la manta desprendida	113
Figura N°4.59. Reparación de la manta desprendida.....	113
Figura N°4.60. Colocación del parche de reparación	114
Figura N°4.61. Terminación de colocación del parche de reparación	114
Figura N°4.62. Revisión del revestimiento con holiday detector (a)(b)	115

XIV

Figura N°4.63. Daños detectados en el revestimiento	117
Figura N°4.64. Reparación de los daños encontrados en el revestimiento (a)(b)	117
Figura N°4.65 Sistema de reparación raychem (a)	119
Figura N°4.65 Sistema de reparación raychem (b)	119
Figura N°4.65 Sistema de reparación raychem (c).....	120
Figura N°4.66. Forma de dejar marcado cuando se detecta un defecto en la soldadura	122
Figura N°4.67. Detalle de la preparación y reparación	124
Figura N°4.68. Inspección del recubrimiento de tubería mediante el Pearson Test	126
Figura N°4.69. Equipo Pearson Test	126
Figura N°4.70. Soldadura cadweld	129
Figura N°4.71. Poste de protección catódica	129
Figura N°4.72. Poste de señalización	130
Figura N°4.73. Limpieza preliminar	132
Figura N°4.74. Flujograma para accidentes e incidentes.....	139
Figura N°4.75. Letreros de señalización	150
Figura N° 5.0. Organigrama del Proyecto Ramal de Distribución de Gas	175

Figura N° 5.1. Cronograma de obra	183
Figura N° 5.2. Spool de válvulas	186
Figura N° 5.3. Instrumentos de control y medición(a)(b)	187
Figura N° 5.4. Chequeo de todas las juntas con espuma de detergente.....	188
Figura N°5.5. Manómetro que registra la prueba neumática	188
Figura N°5.6. Instalación de los equipos de registro de prueba.....	191
Figura N° 5.7. Manómetro de prueba.....	192
Figura N°5.8. Registrador de prueba	192
Figura N°5.9. Pase del brashing pig	193
Figura N°5.10. Salida del brashing pig.....	193
Figura N°5.11. Pase de espuma para el secado y limpieza.....	194
Figura N° 5.12. Espuma salida de la tubería	194
Figura N°5.13. Corte de la última espuma enviada	195

LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 2.1	Propiedades principales del Gas Natural	5
Cuadro N° 2.2	Composición del Gas Natural	7
Cuadro N° 2.3	Reserva de Gas Natural en TCF	11
Cuadro N°3.1	Resumen de la norma ASME B31.8 -1999	20
Cuadro N°3.2	Resumen de la norma API-1104-1999	22
Cuadro N°3.3	Resumen del Decreto Supremo N° 042-99-EM	25
Cuadro N°4.1	Constante de Weymouth	31
Cuadro N°4.2	Factor Z según presión inicial	31
Cuadro N°4.3	Coefficiente de eficiencia E	32
Cuadro N°4.4	Factor básico de diseño F, según clase de localidad.....	36
Cuadro N°4.5	Factor básico de diseño F	37
Cuadro N°4.6	Factor de junta longitudinal E.....	38
Cuadro N°4.7	Factor de disminución de temperatura T	39
Cuadro N°4.8	Tabla de especificaciones de diámetros nominales y presiones ..	41
Cuadro N°4.9	Certificado de calidad de la tubería (a)	43
Cuadro N°4.9	Certificado de calidad de la tubería (b)	44

XVII

Cuadro N°4.10	Cámara de válvula	46
Cuadro N°4.11	Relación entre serie y diámetro de válvulas.....	47
Cuadro N°4.12	Diámetro del calibre según diámetro de tubería	67
Cuadro N°4.13	Distancia recta de tubería según el diámetro	71
Cuadro N°4.14	Radio de curvatura según diámetro del tubo.....	71
Cuadro N°4.15	Tipo y número de probetas para prueba de calificación del Procedimiento	75
Cuadro N° 4.16	Comparadores y medidores visuales de rugosidad	100
Cuadro N° 4.17	Equivalencias de rugosidad de superficie	100
Cuadro N° 4.18	Dosificación en el mezclado de los componentes del primer epóxy	102
Cuadro N° 4.19	Defectos que no alcanzan al metal	116
Cuadro N° 4.20	Defectos con exposición de metal	116
Cuadro N°4.21	Tipos de peligro.....	144
Cuadro N°4.22	Lista de residuos y el responsable	151
Cuadro N° 5.1	Lista de materiales en la actividad civil	176
Cuadro N° 5.2	Lista de materiales en la actividad mecánica	178
Cuadro N°5.3	Personal de obra	180
Cuadro N°5.4	Pasos que se sigue para realizar prueba hidráulica	196
Cuadro N°6.1	Cuadro de precios de materiales y maquinarias de obra mecánica	199

XVIII

Cuadro N°6.2	Cuadro de precios de materiales y maquinarias de obra civil	202
Cuadro N°6.3	Resumen de costos de obra civil y mecánica	205

SIGLAS

API	American Petroleum Institute.
ANSI	American National Standards Institute.
ASME	American Society of Mechanical Engineers.
AWG	American Wire Gauge Standard
CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	Etano
C ₃ H ₈	Propano
CO ₂	Dióxido de carbono.
CIRA	Certificado de inexistencia de restos arqueológicos.
END	Ensayos no destructivos
ERP	Estación de regulación de presión.
EPS	Procedimientos de soldadura
EW	Electrosoldado
gpm	Galones por minuto.
GLP	Gas Liquado de Petróleo.
H ₂	Hidrógeno.

in	inch ó pulgada.
INC	Instituto nacional de cultura.
ISO	International Standards Organization.
kPa	Kilo pascal.
MAOP	Máxima presión admisible de operación
N	Nitrógeno.
NTP	Norma Técnica Peruana.
OSHAS	Occupational Health and Safety Assessment Series
psig	Pound square in gauge ó libra fuerza/pulgada ² manométrica.
ppm	Partes por millón.
PQR	Registro de calificación de procedimientos
QC	Control de calidad.
rpm	evoluciones por minuto.
scfm	Standard cubic foot for minute ó pie cúbico estándar por minuto.
SCH	Cedula de tubería
SMAW	Soldadura por arco eléctrico.
ZAC	Zona afectada por el calor.

PRÓLOGO

La presente Tesis se ha dividido en los siguientes capítulos, para su mejor entendimiento:

Capítulo 1: Introducción, describe brevemente el diseño de la red de instalación de gas para la Compañía Minera Luren, el proceso de construcción en la instalación de tubería de gas desde la estación de regulación de presión hasta el ingreso de la estación de la misma compañía Minera Luren. También se detalla el objetivo principal y los objetivos específicos.

Capítulo 2, Trata sobre los fundamentos teóricos para el desarrollo de la tesis, describe las propiedades del gas natural, el consumo del gas natural, beneficios del combustible del gas natural, composición del gas natural, el valor de su poder calorífico, además de algunos conceptos que serán usados en la evolución del informe de tesis.

Capítulo 3, Describe las normas técnicas internacionales y nacionales que se utilizan para la construcción de gasoductos.

Capítulo 4, Se indica el cálculo y selección del diámetro, de la tubería de acero, el cálculo de la presión de prueba hidráulica, selección de la válvula y las dimensiones de la cámara de válvula a fabricar.

Se indica el recorrido del tendido de tubería, los procedimientos constructivos tanto civiles como mecánicos, los procedimientos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Capítulo 5, Se muestra la organización necesaria para ejecutar la obra de construcción de gasoducto, la elaboración del organigrama con las funciones de cada miembro involucrado dentro del grupo de trabajo, también se elaboró el cronograma de obra y una lista de recursos materiales que se emplean a lo largo de la construcción, se establece un plan de pruebas neumáticas e hidráulicas para toda la tubería instalada.

Capítulo 6, Se presenta el costo de todos los recursos que se emplean en la obra civil y mecánica, calculando el costo total de la obra, cuadro de resumen de costos indica que partida es la que más afecta dentro de todo el proceso de construcción.

Completa el presente informe, los planos de obra y los anexos que detallan el tendido de la obra del gaseoducto.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Compañía Minera Luren es una empresa dedicada a la fabricación de productos de sílico-calcáreas obtenida de una mezcla de arena y cal, adoquines de concreto para pavimentos, concreto en distintos tamaños y colores, el mortero seco pre-mezclado para los diferentes usos de albañilería.

En el 2008, Compañía Minera Luren amplía y moderniza su planta de fabricación de sílico-calcáreas por lo que solicita la instalación de gas natural como combustible para que operen cuatro hornos simultáneamente, un quinto en reserva, un grupo electrógeno de 100 sm³/h y una caldera de 280 sm³/h, uno segundo en reserva.

La compañía Minera Luren contrata a la empresa para realizar el diseño y tendido de la tubería de gas, para lo cual se lleva a cabo las siguientes actividades: diseño, cálculo, selección y compra de tubería de acero, elaboración de procedimientos en las obras civiles y mecánicas, elaboración de las pruebas a la tubería y sus accesorios.

La Tesis se constituye en el diseño de la instalación de tubería de gas para suministrar a la planta de la compañía Minera Luren.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

Realizar el tendido de tubería de gas para transportar 1460sm³/h a una presión de 10.35 bar.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la necesidad de consumo de combustible de la Compañía Minera Luren.
- Calcular y seleccionar la tubería a utilizar para el transporte de gas natural.
- Elaborar los procedimientos de construcción.
- Realizar la ejecución de las obras civiles y mecánicas.
- Entregar correctamente la línea de tubería para su funcionamiento.

1.2. ANTECEDENTES Y ALCANCES

Dentro de la política de la Institución del combustible D2 por el cambio Gas natural, se realiza el tendido del producto para la compañía Minera Luren, constituye con esta Tesis en un estudio completo de los aspectos técnicos, seguridad y protección del medio ambiente.

CAPÍTULO 2

EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE

2.1. EL GAS NATURAL

Frente a la reducción de las reservas de petróleo, se ha vuelto la mirada hacia el gas natural para su utilización en la generación de electricidad, industria, vehículos de transporte terrestre, en el comercio, las residencias. Dentro del sector industrial destacan: metalurgia, siderurgia, fundición, vidrio, cerámica, textil, papel, química, bomba de calor, cogeneración, plantas pesqueras, plantas de producción de abonos y pesticidas, como los principales consumidores del gas natural.

El gas natural es un combustible fósil compuesto de: nitrógeno, dióxido de carbono, metano, vapor de agua, etano, propano, i-butano, n-butano, azufre y otros. Cuando es extraído hacia la superficie, se produce una separación del propano y butano, debido a las condiciones atmosféricas existentes pasan a un estado líquido; dichos líquidos se les denomina gasolinas naturales.

La gasolina natural tiene ya una estructura comercial establecida, por lo que es altamente rentable su explotación. Dándose casos en que la utilidad generada es positiva, después de instalar el gasoducto correspondiente.

El gas natural es incoloro, inodoro, insípido, es más ligero que el aire (a presión de 1 atm densidad relativa 0,65). Se presenta en su forma líquida por debajo de los -161°C . Para detectar fugas se añade un agente químico llamado mercaptan, que despide un olor a huevos podridos.

2.2. PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

La composición del gas natural varía con la localización del pozo gasífero, sin embargo se puede anotar que el porcentaje de metano varía de 91 a 95%.

En el Cuadro N° 2.1, están anotadas las propiedades principales del gas natural extraído de Camisea.

Cuadro 2.1.- Propiedades principales del Gas Natural

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad Relativa		0,65
Poder Calorífico	Kcal/m ³	9032
Calor Especifico a Presión Constante (Cp)	Cal/mol°C	8,57
A Volumen Constante (Cv)	Cal/mol°C	6,56
Peso Atómico	uma	16,04
Punto de Fusión	°C	-182,04
Punto de Ebullición	°C	-161,6
Flash Point	°C	-188,0
Temperatura de Ignición	°C	60,0
Limites de explosividad	%	5-15
Calorías por gramo	Kcal	12

Fuente: Gas de Camisea para Lima y Callao "GNLC"

El valor del gas natural depende de su poder calorífico, el cual es la cantidad de energía producida durante la combustión de una unidad de volumen del gas. El poder calorífico a considerar en los cálculos es 9032 Kcal/m³.

El Cuadro N° 2.2, indica el análisis del Gas Natural proveniente de las Malvinas (Cusco).

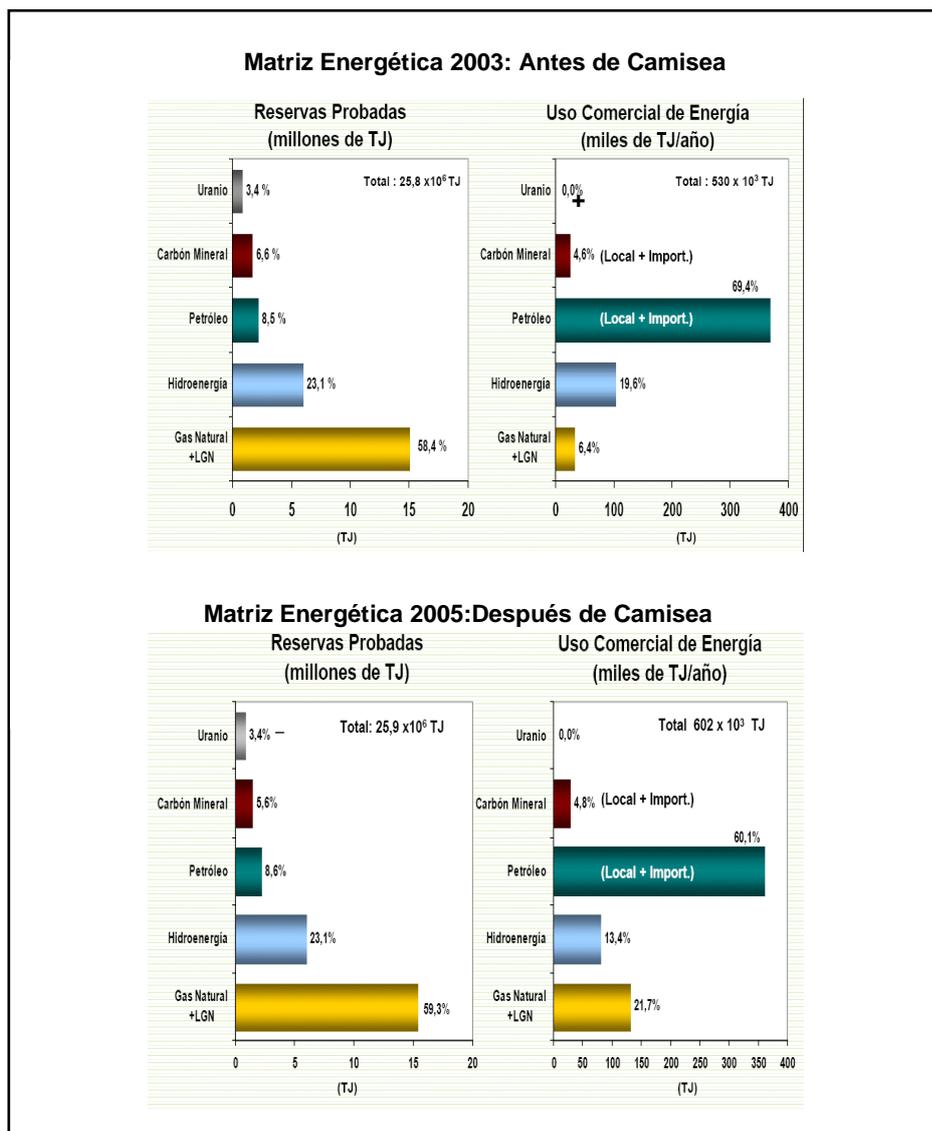
Cuadro N° 2.2.- Composición del Gas Natural

Componente	Composición Química	Rango (%)
Nitrógeno	N	0-1
Dióxido de Carbono	CO ₂	0-2
Metano	CH ₄	91-95
Etano	C ₂ H ₆	2-6
Propano	C ₃ H ₈	0-2

Fuente: Gas de Camisea para Lima y Callao "GNLC"

2.3. CONSUMO DEL GAS NATURAL.

En la Figura N° 2.1 se muestra las reservas probadas y el uso comercial de energía en el año 2003. Así mismo se muestra dichos valores para el año 2005.



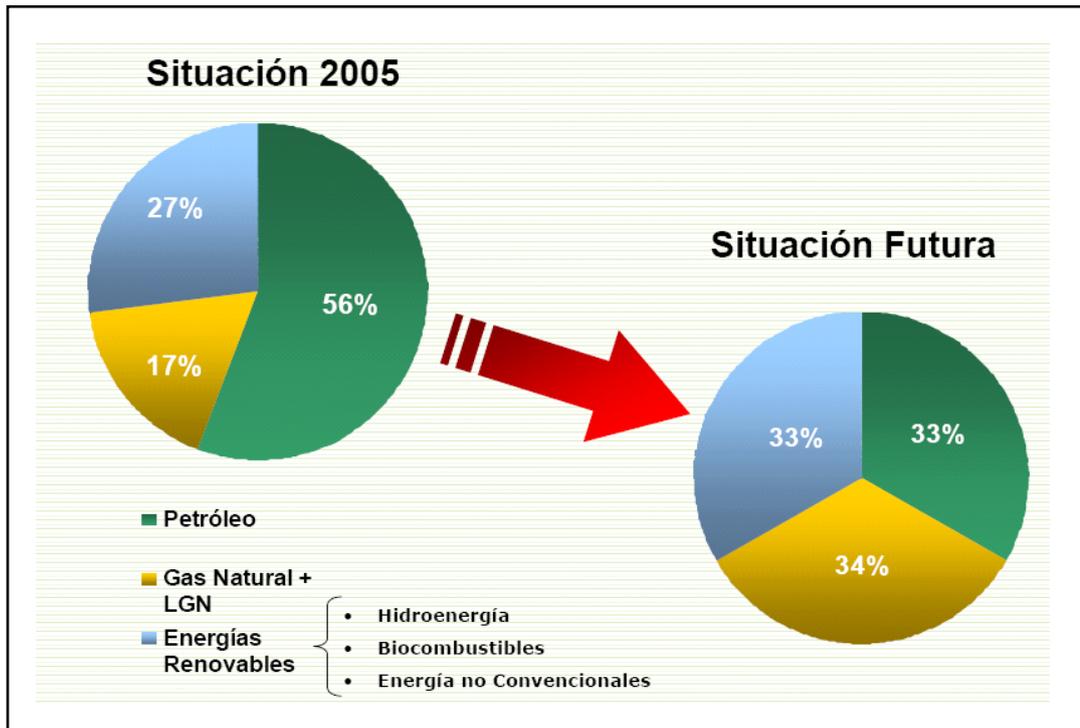
Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Hacia Una Matriz Energética. Dr. Pedro Gamio.

ViceministrEnergía.Mayo2007

Figura N° 2.1.- Matriz energética de Perú (antes y después de Camisea)

Se observa un incremento, del consumo de gas natural de 6,4% al 21,7% en un lapso de tiempo de dos años.

La Figura N° 2.2, se muestra la proyección correspondiente al año 2010.



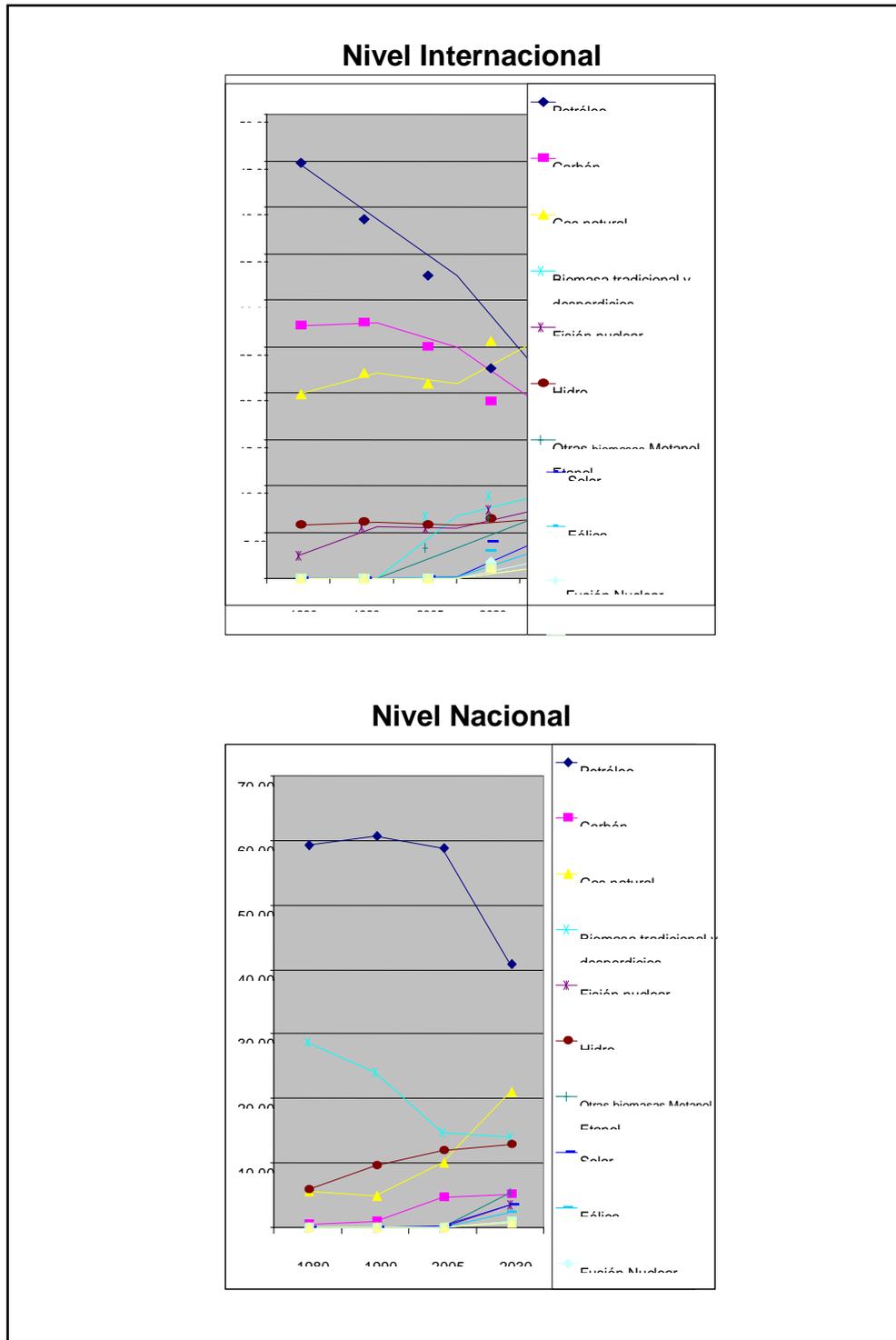
Fuente: Ministerio de Energía y Minas – Hacia Una Matriz Energética. Dr. Pedro Gamio. Viceministro

Energía. Mayo 2007

Figura N° 2.2.- Evolución de la Matriz Energética

Se observa una fuerte tendencia al uso de gas, por lo que las empresas consumidoras de gas deben de firmar sus contratos de manera tal que la distribuidora les garantice el suministro de gas, sin interrupción alguna.

Este fenómeno del incremento de consumo de gas es a nivel nacional e internacional, como muestra la Figura 2.3.



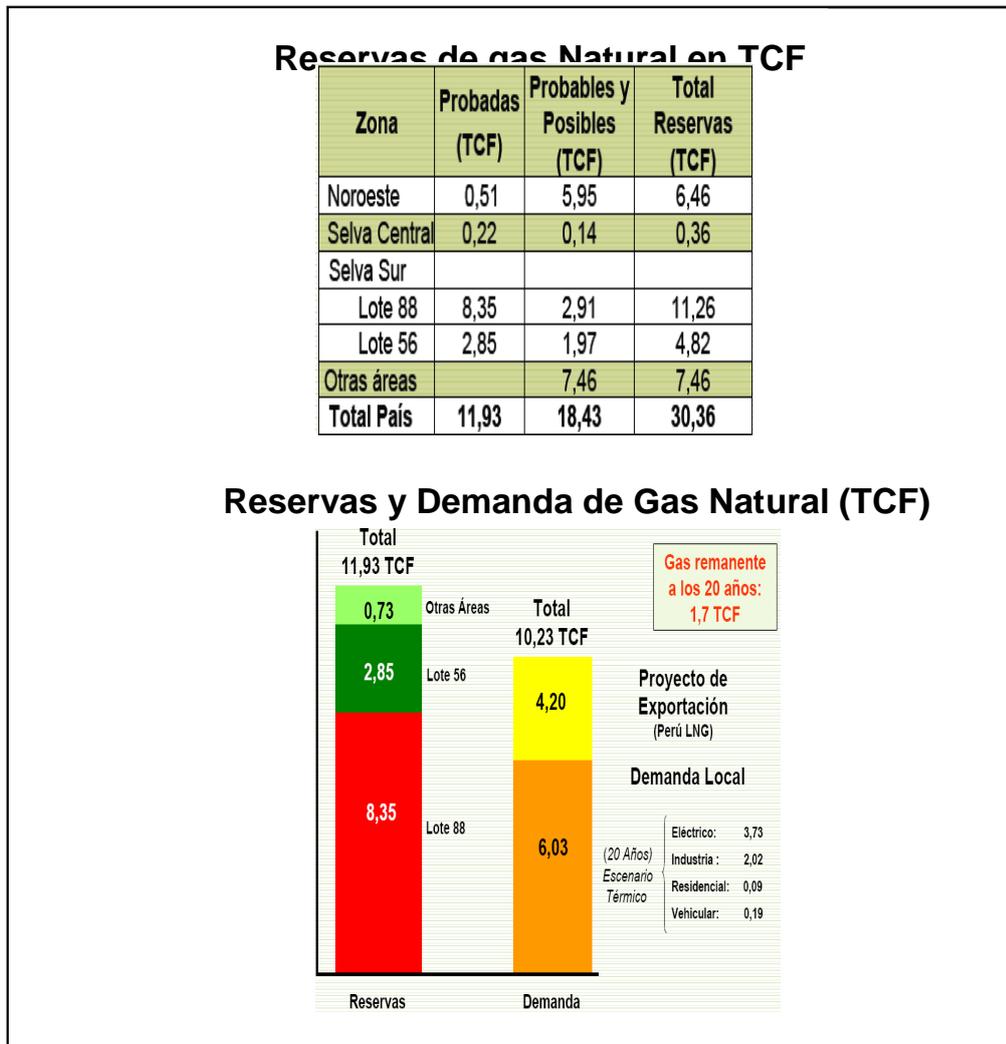
Fuente: Encuesta Delphi sobre el desarrollo del gas natural al 2030 (Base 279 participantes)

Figura N° 2.3.- Evolución de la Matriz Energética (en MBTU)

Es evidente que el uso del petróleo decae tanto a nivel nacional como internacional, por lo que la exploración de los recursos gasíferos ha de incrementarse, así también las energías renovables, dentro de ellas la energía eólica.

En el Cuadro 2.3 se muestra las reservas del gas natural en el país.

Cuadro 2.3.- Reservas del Gas Natural

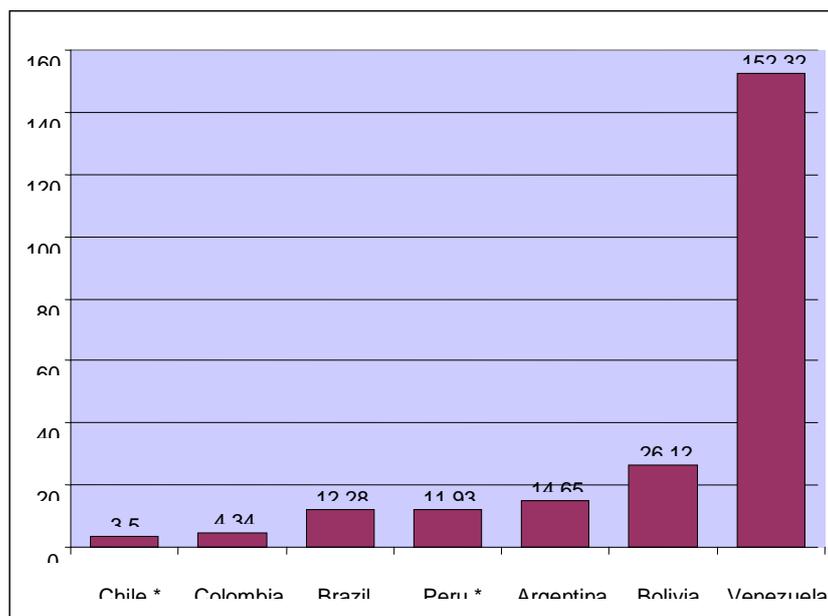


Fuente: Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos. Hacia una Matriz Energética. Dr Pedro Gamio Viceministro Energía. Mayo 2007.

Se observa que para la reserva actual se tiene un suministro garantizado de por lo menos 30 años. Este pronóstico es de sumo interés para las empresas usuarias del gas natural, ya que constituye el horizonte de vida para sus proyectos.

En la medida que se realicen las exploraciones del gas, se irán incrementando las reservas de gas del país, como el caso del yacimiento Cashiriari situado en el distrito de Echarate, provincia de La Convención, en la región Cusco y junto con el yacimiento San Martín constituyen el Lote 88 del proyecto Camisea.

El yacimiento gasífero de Cashiriari posee una reserva de 8.8 trillones de pies cúbicos, 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.



Fuente: BP Statistical Review of World Energy 2007.

**Figura 2.4.- Reservas Probadas de gas natural en América del Sur
(10¹² pies cúbicos)**

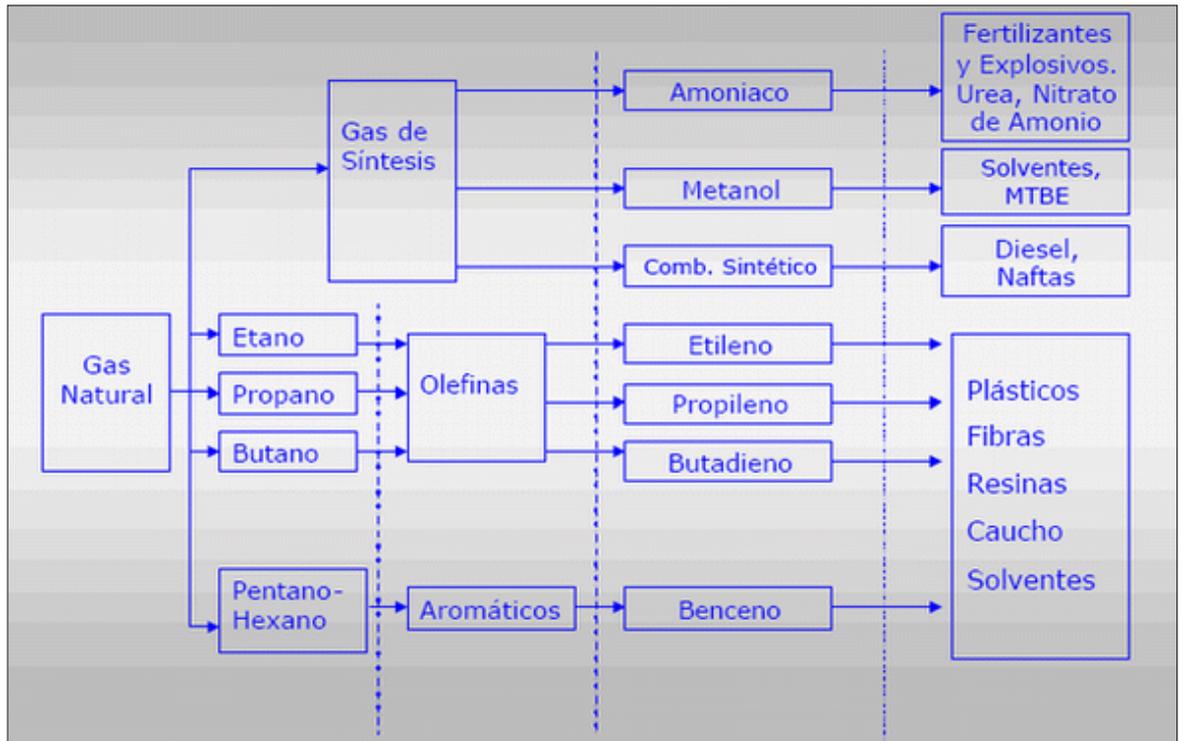
En el Perú el gas natural es consumido por las industrias cementeras, las cuales utilizan en sus hornos, logrando incrementar su eficiencia y alcanzando mayor vida útil; no requieren de mantenimiento continuo y los gases de combustión no contaminan el ambiente como los demás combustibles.

En la producción de alimentos el gas natural se utiliza en los procesos de cocimiento y secado; cumpliendo las exigencias de calidad ISO, que son requerimientos para ciertos productos de exportación.

Las propiedades físico-químicas del gas natural han hecho posible la construcción de quemadores que permiten una llama que brinda la luminosidad y la radiación necesarias para conseguir una óptima transmisión de la energía calórica en la masa de cristal. Con el gas natural el producto final (cristal) sale limpio, con el nivel de calidad requerido por las normas.

El gas natural es materia prima para la fabricación de diversos productos petroquímicos.

La Figura 2.5 muestra los principales productos obtenidos del gas natural.



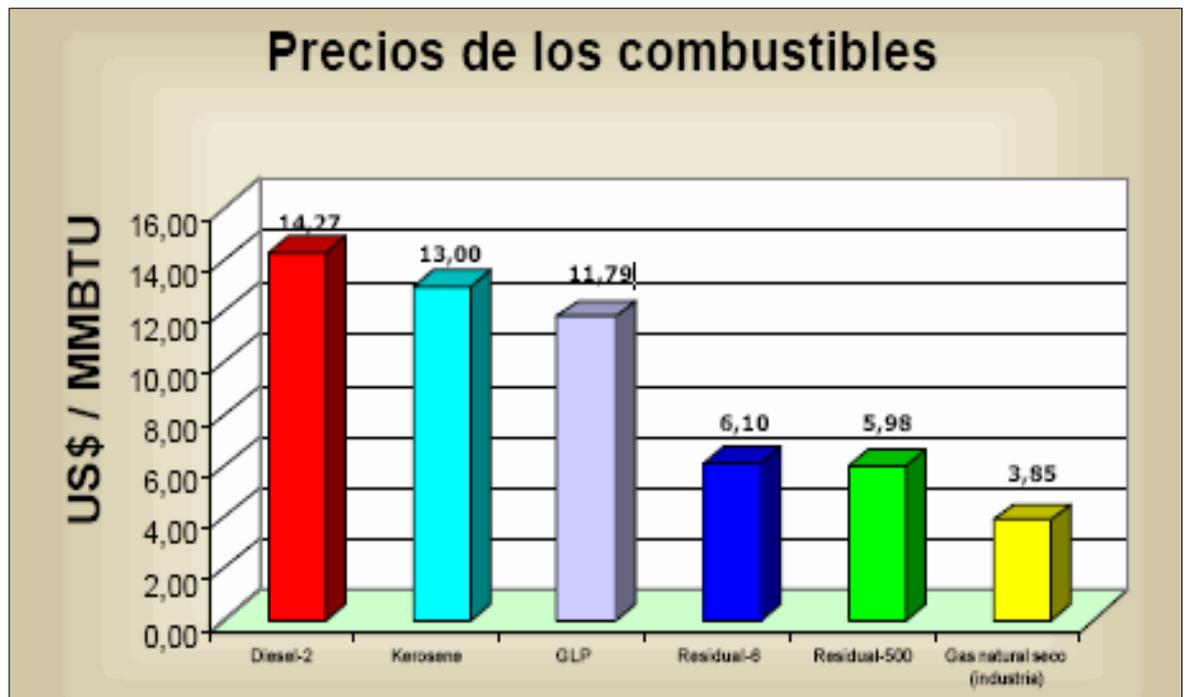
Fuente: El mercado del gas natural en el Perú "José Córdova".

Figura N° 2.5.- Productos petroquímicos producidos a partir del gas natural

2.4. BENEFICIOS DEL COMBUSTIBLE GAS NATURAL.

El gas natural es el combustible que menos contamina el ambiente, debido a que en su combustión no se generan gases tóxicos, cenizas ni residuos. Su transporte y distribución se realiza mediante tuberías subterráneas por lo que no daña el paisaje ni atenta contra la vida animal o vegetal. A diferencia del GLP, que en nuestro país es distribuido principalmente en balones haciendo uso de vehículos pesados que circulan constantemente por la ciudad incrementando el tráfico, deteriorando el pavimento y contaminando el ambiente.

El gas natural es el combustible de menor precio (s/. 1,44 el litro; s/. 1,45 GLP por litro; el diesel s/. 9,84 soles el galón USA); y permite obtener importantes ahorros en relación con otros combustibles.



Fuente: El mercado del gas natural en el Perú "José Córdova"-2008

Figura Nº 2.6

Se aprecia en la figura que el gas natural es el combustible más económico que el diesel 2, kerosene, GLP, por lo que el gas natural puede sustituir a los siguientes combustibles:

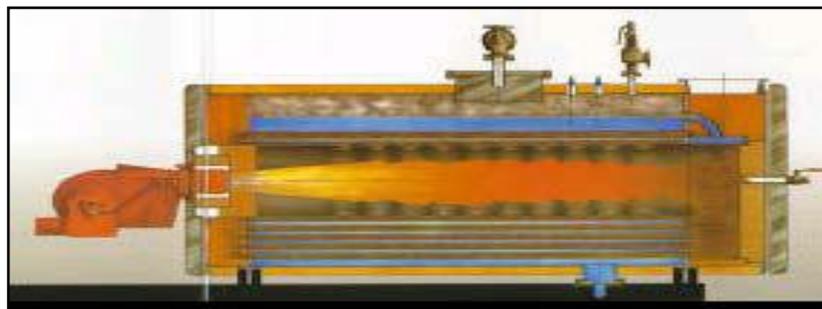
- Diesel.
- Residuales.
- Gas
- licuado de petróleo (GLP).
- Kerosene.

- Carbón.
- Leña.

El gas natural está disponible en forma continua, no requiere tanques de almacenamiento disminuyendo los riesgos que ello implica y también los costos. No requiere preparación previa a su utilización, como por ejemplo, calentarlo, pulverizarlo o bombearlo como ocurre con el petróleo o el carbón.

Los equipos y quemadores de gas natural son fáciles de limpiar y transcurre mayor tiempo entre los mantenimientos. La combustión del gas natural puede finalizar instantáneamente tan pronto como cese la demanda de calor de los aparatos que lo utilizan, lo cual es muy adecuado para cargas variables e intermitentes.

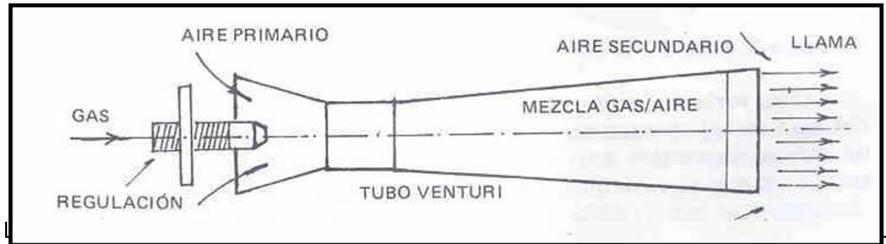
En la Figura N° 2.7 se muestra un quemador de regulación automática, manteniendo constante la temperatura y la presión al variar la carga.



Fuente: Ventajas del Uso del Gas Natural – Sector Industrial. Ministerio de Energía y Minas.
Dirección General de Hidrocarburos.

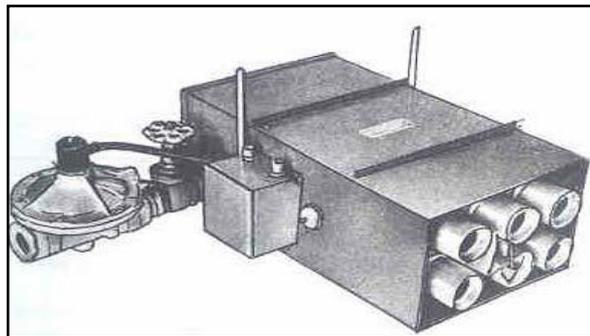
Figura 2.7.- Quemador

La Figura 2.8, la Figura 2.9, la Figura 2.10 y la Figura 2.11 muestran quemadores denominados atmosféricos, de uso común en el sector industrial.



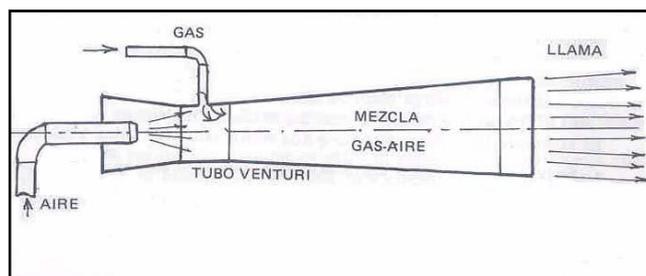
Fuente: Ventajas del Uso del Gas Natural – Sector Industrial. Ministerio de Energía y Minas.
 Dirección . General de Hidrocarburos.

Figura Nº 2.8.- Quemador Atmosférico



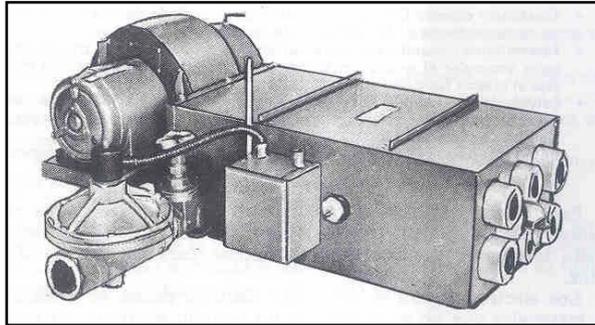
Fuente: Ventajas del Uso del Gas Natural – Sector Industrial. Ministerio de Energía y Minas.
 Minas. Dirección General de Hidrocarburos.

Figura Nº 2.9.- Quemador Atmosférico Multitoberas



Fuente: Ventajas del Uso del Gas Natural – Sector Industrial. Ministerio de Energía y Minas.
 Minas. - Dirección General de Hidrocarburos.

Figura Nº 2.10.- Quemador Gas/Aire



Fuente: Ventajas del Uso del Gas Natural – Sector Industrial. Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos.

Figura Nº 2.11.- Quemador Gas/Aire

El rendimiento del gas natural en la combustión es superior al de otros combustibles. Cada una de estas ventajas representa ahorros para la empresa.

CAPÍTULO 3

NORMAS TÉCNICAS PARA EL TENDIDO DE TUBERÍAS DE GAS NATURAL.

En el desarrollo de la tesis se han considerado las siguientes normas y reglamentos:

Internacionales:

- ✓ ASME B31.8-1999 (AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEER Edición 1999). Anexo A.
- ✓ API STANDARD 1104 (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE Edición 1999). Anexo B

Nacional:

- ✓ REGLAMENTO DE DISTRIBUCION DE GAS NATURAL POR RED DE DUCTOS – DECRETO SUPREMO N° 042-99-EM. Anexo C.

3.1. NORMAS INTERNACIONALES:

Para realizar el proyecto de conexión de tubería para la Compañía Minera Luren se tomo en cuenta las siguientes normas:

3.1.1 ASME B31.8-1999 (AMERICAN SOCIETY MECHANICAL ENGINEER Edición 1999).

Esta norma establece los requerimientos considerados como necesarios para el diseño y la construcción segura de tuberías a presión. La norma indica el diseño y las practicas seguras.

Hace referencia a especificaciones de materiales aceptables y estándares de componentes, incluyendo los requerimientos y evaluación de datos y tensiones limitantes, reacciones y movimientos asociados con la presión, cambios de temperatura y otras fuerzas.

La norma establece los requerimientos para examinar, inspeccionar y probar tuberías, también da disposiciones para proteger los ductos de la corrosión interna y externa.

El Cuadro N° 3.1 muestra los capítulos de la norma, una breve descripción y el uso en la presente tesis.

Cuadro 3.1
Resumen de la norma ASME B31.8 -1999

Detalle	Descripción	Uso
Capítulo IV Diseño, Instalación y Pruebas	Describe las condiciones que pudieran causar tensiones adicionales en cualquier parte de la línea o de sus accesorios	Se define los factores más significativos en los cálculos de diseño, tales como espesor de la tubería, presión de operación.
840.22 Clases de Localidad para Diseño y Construcción	Son las clases de localidad a considerar para los cálculos	Según el tipo de localidad en la que se instala el ducto de acero se considera el valor del factor básico de diseño (F).

841.11 Formula del Diseño de Tubería de Acero.	<p>Describe el parámetro a calcular, para determinar el tipo de tubería de acero.</p> $P = \frac{2st}{D} FET$ <p>P: Presión de diseño. D: diámetro nominal exterior E: Factor de junta longitudinal. t: espesor nominal de pared. T: factor de disminución de temperatura. s: tensión mínima de fluencia. F: factor de diseño.</p>	Se calcula el diámetro de la tubería según el valor de la presión de diseño.
841.115A Factor de Junta Longitudinal E	Cuadro de valores de junta longitudinal según el tipo de soldadura de la tubería	Se clasifica el tipo de soldadura de la tubería se toma el valor de E.
841.116A Factor de Disminución de Temperatura T	Cuadro de valores de disminución de temperatura depende de la temperatura a la cual estará sometida la tubería de acero.	Se seleccionó el valor del factor de disminución de temperatura según el ambiente al cual está sometida la tubería a instalar.
841.23 Curvas, Codos y Biseles en Ductos y Líneas	Para realizar un curvado de tubería de acero se describe normas a utilizar	Se realiza el doblado de tuberías en curvado en frío en cambios de dirección de la línea
841.3 Pruebas después de la Construcción	Describe las consideraciones a tomar para realizar las pruebas, de presión de la tubería de acero.	Según el tipo de fluido, clase de localidad, se seleccionó el valor de la presión de prueba, de 1.25 P.
846 Válvulas	Describe las normas para seleccionar las válvulas a utilizar en la línea de tuberías	Se selecciona la válvula según la presión a la cual va a trabajar el ducto y la ubicación de la válvula en línea, se selecciono válvula de paso reducido
847 Cámaras	Son las especificaciones para diseñar las cámaras de válvulas.	El tipo de cámara de válvula que va a fabricarse en la entrada al cliente fue de concreto de 1.5 m x 1.4 m.
Capítulo VI Control de Corrosión	Describe la importancia de colocar las protecciones catódicas, y los tipos de protección según el lugar donde se entierra la tubería.	La tubería es enterrada por lo que se coloca en ciertos puntos los postes de protección catódica.

Esta información fue proporcionada al personal técnico, con la finalidad de que estén informados que su trabajo se realiza conforme a norma internacional.

3.1.2 API STANDARD 1104 (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE - Edición 1999)

La norma cubre la soldadura por arco y es aplicable tanto para construcciones nuevas como aquellas que se encuentran en servicio.

La soldadura fue hecha por SMAW (Soldadura por arco eléctrico), el proceso usado fue manual, esta norma especifica los procedimientos para ensayos de radiografía y ultrasonido, así como los estándares de aceptación para ser aplicados a la producción de soldaduras ensayadas destructivamente.

El Cuadro N° 3.2 muestra los capítulos de la norma, una breve descripción y el uso dado a la tesis.

Cuadro N° 3.2.- Resumen de la norma API-1104-1999

Detalle	Descripción	Uso
Item 3 Definición de Términos.	Describe el significado de cada palabra técnica en el proceso de soldadura de tuberías de acero.	Cada proceso a realizar en la soldadura se tiene definido con el conocimiento del significado de cada término empleado.
Item 5. Calificación de Procedimientos de Soldadura para Juntas conteniendo Material de Aporte	Antes de realizar cualquier soldadura en campo se debe realizar un procedimiento de soldadura, el cual se registra en un documento que en lo sucesivo servirá como guía en las calificaciones de soldadores	Se realiza un procedimiento de soldadura el cual se especifica mediante un registro.

5.3 Especificaciones del Procedimiento	Nombra cada parámetro que se debe tener en cuenta para realizar un procedimiento de soldadura	Se determina todos los parámetros de la soldadura de las tuberías, como tipo de material, corriente eléctrica a utilizar.
5.5 Soldadura de las Probetas de Ensayo Soldadura a Tope.	Se prepara probetas para realizar la soldadura	Se corta pedazos de tubería de acero para la calificación del procedimiento.
5.6 Ensayo de Juntas Soldadas. Soldadura a Tope	Describe los tipos de ensayo a la cual se realizara a la probeta para el procedimiento de soldadura	Realizar la calificación de procedimiento de soldadura, ensayo de tracción, ensayo de rotura con entalla, ensayo de doblado de cara y raíz, ensayo de doblado de lado
Item 6 Calificación de Soldadores	Describe los pasos a seguir para la calificación de soldadores para trabajar en producción	Se aplica para calificar la habilidad de cada soldador.
6.2 Calificación Simple	La calificación a realizar a un soldador es de tipo simple, esto consta en preparar probetas para realizar la soldadura ya sea vertical, horizontal o en 45 grados.	Se realiza la soldadura en niples de la misma tubería a instalar, en 45 grados, en forma descendente,
6.4 Inspección Visual	Se determina las consideraciones que se deben tener en cuenta para la aceptación de un cordón de soldadura.	Inspección de soldadura, y calificación de soldadores para la producción en línea.
6.5 Ensayos Destructivos.	Describe la cantidad de ensayos destructivos según el diámetro exterior de la tubería a utilizar para la calificación del procedimiento de soldadura	Prueba de tracción a dos probetas, ensayo de rotura con entalla, dos probetas, doblado de raíz a dos probetas
6.6 Radiografía únicamente Soldadura a Tope	El ensayo radiográfico se le realiza a las juntas soldadas, para la calificación del procedimiento de soldadura y calificación de soldadores	Mediante la radiografía de las juntas se califico el procedimiento de soldadura y a los soldadores que trabajaran en el proyecto.
Item 7 Diseño y Preparación de una Junta para Soldadura de Producción.	Describe los pasos a seguir para la preparación de los bordes de la tubería antes de realizar una junta de soldadura.	Se usa esmeriles de 4 pulg y 7 pulg durante todo el proceso de soldadura.

Item 8 Inspección y Ensayo de Soldadura de Producción	Describe los ensayos a realizar a las juntas soldadas y especifica los requisitos que debe cumplir el inspector de la soldadura	El tipo de ensayo a realizar es radiografía a la unión de accesorios y ultrasonido a la unión de tuberías, el encargado de la inspección de la soldadura es nivel I.
Item 9. Estándares de Aceptación para END	Para dar por aceptada una junta soldada realizar las pruebas de radiografía y ultrasonido.	Se realiza la aceptación o rechazo de las juntas soldadas según lo especifica esta norma, para tal se presentaron defectos tales como poros, fusión incompleta
Item 10. Reparación y Remoción de Defectos	Si una junta sale para reparación se tiene que tener en cuenta ciertos parámetros, para ser reparadas o cortadas.	Si el defecto es una fisura o si se repara por segunda vez se tiene que cortar la junta soldada y volver a soldar, en caso que sea un defecto como un poro o falta de fusión solo se realiza la reparación a la zona afectada.

Fuente: Elaboración propia a partir de API-1104-1999

La información de esta norma se utiliza para elaborar el procedimiento de soldadura para el proyecto, luego con este registro se califica a los soldadores.

El soldador se califica cumpliendo una prueba en segmentos de niples de tubería, en un plano inclinado con un ángulo de 45°.

3.2. REGLAMENTO NACIONAL.

Es el reglamento establecido por el OSINERG (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería).

3.2.1. Reglamento de Distribución de Gas Natural por Red de Ductos – Decreto Supremo N° 042-99-EM.

El Cuadro N° 3.3 es un extracto del decreto supremo N°042-99-EM, y se describe los ítems que se han aplicado a la tesis.

Cuadro N° 3.3.- Resumen del Decreto Supremo N° 042-99-EM

Detalle	Descripción	Uso
Título III Capítulo Tercero Soldadura de tuberías de acero y pruebas No Destructivas	Describe los registros necesarios para realizar la soldadura en línea.	Para realizar la soldadura se utiliza el procedimiento de soldadura y la calificación del soldador.
Título III Capítulo Cuarto Pruebas de Presión	Describe los instrumentos y materiales de la prueba hidrostática de la línea de gas.	Se utiliza un registrador y dos manómetros en el inicio y final de la línea. Se verifica cada media hora la lectura de los instrumentos.
Título IV Control de Corrosión	La línea de tubería tiene que estar protegida de la corrosión exterior.	Se coloca protección catódica cada 500 m.
Título VI Seguridad Industrial y Salud Ocupacional	Describe la capacitación a los trabajadores sobre el uso de implementos de seguridad y cuando ocurren daños como rotura de cables de luz y telefonía o ductos de agua y desagüe se comunica al supervisor.	Se da charlas de seguridad de cinco minutos a los trabajadores de obra.

Fuente: Elaborado a partir de Decreto Supremo N° 042-99-EM

Del cuadro N° 3.3 se establece las especificaciones de la profundidad y relleno de la zanja, distancia mínima a edificaciones. Las uniones por soldadura de las tuberías de acero que no hayan sido sometidas a prueba de presión, inspeccionadas al 100% con ensayos no destructivos.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL TENDIDO DE TUBERÍA.

Para el diseño del tendido de la tubería se utilizó la norma ASME B 31.8 – 1999.

4.1. PARÁMETROS DE DISEÑO.

- El caudal requerido por la Minera Luren es de 1460 sm³/h, así:

Cuatro hornos de 270 sm³/h operando simultáneamente. Un quinto horno en reserva.

Un grupo electrógeno de 100 sm³/h.

Una caldera de 280 sm³/h. Habrá una segunda caldera en reserva.

- Presión máxima de operación, 10,554 kg /cm² (manométrica).
- Presión mínima de red, 6,332 kg/cm² (manométrica).
- Longitud de tramo, 5 km.
- Caudal futuro es 1460 sm³/h.

En la figura 4.0 se muestra el tendido de tubería desde, la Estación de Regulación de Presión (ERP) hasta la entrada a la Compañía Minera Luren

p: Presión manométrica.

P: Presión absoluta.

a) Condición al inicio del tramo de la tubería:

- $p_i = 10,554 \text{ kg/cm}^2$ (10,35 bar).

$$Z_i = 142 \text{ m}$$

Condiciones de ambiente

$$T = 21^\circ\text{C}$$

$$P = 1,03 \text{ kg/cm}^2$$
 (1,01 bar).

b) Condición al final del tramo de la tubería:

- $p_f = 6,332 \text{ kg/cm}^2$ (6,21 bar).

$$Z_f = 6 \text{ m}$$

Condiciones de ambiente

$$T = 21^\circ\text{C}$$

$$P = 1,03 \text{ kg/cm}^2$$
 (1,01 bar).

La presión al inicio de trabajo ($10,554 \text{ kg/cm}^2$) es la presión suministrada por la empresa en la tubería de salida de la estación (ERP), la presión final del trabajo ($6,332 \text{ kg/cm}^2$), es producto de la consideración de diseño:

- El tramo de tubería, dado que está entre dos estaciones de regulación, se recomienda un máximo de caída de presión del 10% de la presión inicial. sin embargo, este porcentaje puede aumentarse para este caso particular bajo el criterio de que el cliente necesita que se le suministre el gas a una presión de 4 bares.

- El tramo de tubería a dimensionar, prácticamente es un tanque del cual se a de abastecer el gas a una presión de 4 bar. Además la línea de alimentación para este tramo de tubería está garantizado debido a que la toma esta en la línea principal.
- En base a lo anterior se puede considerar una presión igual al 40%. Esto da aproximadamente una presión final $p_f = 6,332 \text{ kg/cm}^2$.
- El espesor de la tubería a considerar debe ser tal que tiene en cuenta :
 - El grado de asentamiento del terreno por su propio peso.
 - Cargas externas.
 - Ambiente corrosivo del terreno (arena salitrosa)

4.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERÍA

4.2.1. Cálculo del diámetro de la tubería

- Los presentes cálculos consignan los resultados del diseño del Proyecto del Ramal de distribución de gas natural a la Compañía Minera Luren.
- La longitud de la tubería, de acuerdo con la ruta diseñada, es de 5000 m, tomada de los planos de ruta de la misma.
- Se inicia con el cálculo del diámetro interior de la tubería con los datos proporcionados por la Compañía Minera Luren. Son los siguientes:
 - Q: Caudal de gas: $1460 \text{ m}^3/\text{h}$.
 - p_i : presión máxima de operación, $10,554 \text{ kg/cm}^2$ (manométrica).
 - p_f : presión mínima de red, $6,332 \text{ kg/cm}^2$ (manométrica).
 - L: longitud de tramo, 5 km.

Fórmula de Weymouth para alta presión:

Cuando el caudal diario es menor que 500000 m³/día la presión está comprendida entre 5 bar y 25 bar y el diámetro no es mayor de 300 mm (12 pulgadas), se puede emplear la fórmula de Weymouth:

$$Q = WZE \sqrt{\frac{P_i^2 - P_f^2}{L_E}}$$

Fuente: Manual práctico de cálculo de ingeniería "Tyler G. Hicks" pág., 346,347

Figura Nº 4.1.- Fórmula de Weymouth

Donde:

Q: Caudal de gas m³/día, Figura 4.1

W: Constante de Weymouth, Cuadro 4.1.

Z: Factor de compresibilidad del gas, Cuadro 4.2.

E: Coeficiente de eficiencia, Cuadro 4.3.

P_i: Presión absoluta al inicio del tramo, kg/cm².

P_f: Presión absoluta al final del tramo, kg/cm².

L_E: Longitud de cálculo del tramo de tubería, km.

$$L_E = L_{\text{física}} + L_{\text{acces}}$$

La constante de Weymouth, depende del diámetro, tal como se indica en el cuadro siguiente:

Cuadro N°4.1.- Constante de Weymouth.

DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO (pulgadas)	W
13	1/2	123
19	3/4	260,1
25	1	496,8
38	1 ^{1/2}	1552,3
51	2	3022,4
75	3	9085,5
100	4	19054,6
125	5	58526,4
200	8	118662,2
250	10	216032,9
300	12	342813,8

Fuente: Instalaciones de Gas "Nestor Cuadri.

El factor de compresibilidad Z, depende de la presión absoluta inicial P_i , indicándose los valores en el Cuadro N°4.2.

Cuadro N° 4.2.- Factor Z según presión inicial

Presión inicial. P_i Kg/cm ² abs.	Factor Z
5 a 10	1,01
10 a 20	1,02
20 a 25	1,03

Fuente: Instalaciones de Gas "Nestor Cuadri.

El coeficiente de eficiencia E se establece en función del diámetro de la tubería y el caudal diario circulante de gas. Puede usarse los valores indicados en el Cuadro N° 4.3.

Cuadro N° 4.3.- Coeficiente de eficiencia E.

Diámetro		Caudal en m3/día													
mm	pulgadas	500 000	300 000	200 000	120 000	80 000	50 000	30 000	20 000	12 000	8 000	5 000	3 000	2 000	1200
19	3/4										1,18	1,1	1,06	1,02	0,95
25	1									1,15	1,1	1,05	1,03	0,99	0,92
38	1 1/2					1,22	1,19	1,15	1,11	1,06	1,01	0,96	0,9		
51	2			1,22	1,2	1,17	1,13	1,06	1,03	1,01	0,96	0,9			
75	3		1,17	1,16	1,14	1,09	1,02	0,97	0,95	0,9	0,85	0,8			
100	4	1,13	1,11	1,1	1,05	1,01	0,96	0,92	0,9	0,82					
130	6	1,06	1,02	0,98	0,94	0,88	0,86	0,84	0,78						
200	8	1,01	0,96	0,92	0,86	0,84	0,82	0,7	0,72						
250	10	0,94	0,93	0,87	0,84	0,81	0,79	0,72							
300	12	0,9	0,87	0,81	0,8	0,76	0,73								

Fuente: Instalaciones de Gas "Nestor Cuadri.

Reemplazando los valores en la fórmula de Weymouth:

$$Q_i = 1460 \text{ m}^3/\text{h} = 1460 \text{ m}^3/\text{h} \times \frac{24\text{h}}{\text{día}} = 35040 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}$$

Considerando el $Q_{\text{futuro}} = 35040 \text{ m}^3/\text{día}$

El caudal requerido será:

$$Q_{\text{requerido}} = 35040 + 35040 = 70080 \text{ m}^3/\text{día}$$

La presión inicial absoluta es:

$$P_i = 10,554 + 1,0330 = 11,587 \text{ kg/cm}^2.$$

Considerando el 40% de caída de presión inicial

La presión final absoluta es:

$$\Delta p_{\text{max}} = 0,4 \times 10,554 = 4,22 \text{ kg/cm}^2.$$

$$P_f = (10,554 - 4,22) + 1,033 = 7,365 \text{ kg/cm}^2.$$

Z: se encuentra del Cuadro N° 2 con el valor de P_i : $11,587 \text{ kg/cm}^2$;
 $Z=1,02$

Para determinar el diámetro del ramal es necesario efectuar el pre dimensionamiento y luego su verificación para considerar un diámetro definitivo:

Se estima, en principio el coeficiente de eficiencia: $E= 1$

$$Q = WZE \sqrt{\frac{P_i^2 - P_f^2}{L_E}}$$

Reemplazando en la formula:

$$70080 \frac{m^3}{dia} = W \times 1,02 \times 1 \sqrt{\frac{(11,587)^2 - (7,365)^2}{5}}$$

$$W = 17176,47$$

El más próximo por defecto se toma del cuadro 1 el diámetro 4" con un W=19054,6.

Para efectuar la verificación, se determina el flujo de gas que circula cuando se utiliza el diámetro de 4", dado que el caudal debe ser mayor que el caudal requerido.

El valor del coeficiente de eficiencia E se encuentra en la tabla 3 para un diámetro de 100 mm (4") y caudal 70080 m³/día entonces E=1,01

La longitud equivalente para accesorios, es el 3 % de la longitud del tramo.

$$L_{aces.} = 0,03 \times 5 \text{ km} = 0,15 \text{ km.}$$

Longitud total: $5 + 0,15 = 5,15$ km

Z: se encuentra del cuadro 2 con el valor de P_i : $11,587 \text{ kg/cm}^2$

$Z=1,02$

$$Q = WZE \sqrt{\frac{P_i^2 - P_f^2}{L_E}}$$

$$Q = 19054,6 \times 1,02 \times 1,01 \sqrt{\frac{(11,587)^2 - (7,365)^2}{5,15}}$$

$$Q = 77373,078 \text{ m}^3/\text{dia}$$

De modo que el caudal suministrado es mayor que el $Q_{\text{requerido}} = 70080 \text{ m}^3/\text{día}$.

4.2.2. Verificación del espesor de la tubería.

Mediante la fórmula establecida en la norma ASME B31.8. (841.11), se procede a calcular el espesor mínimo que debe tener la tubería.

$$P = \frac{2 \times S \times t}{D} \times F \times E \times T$$

Donde:

P: Presión de diseño psi, Presión de prueba o Máxima Presión Admisible de

1,4

Operación

(MAOP)=P= 3870 psi.

S: Tensión mínima de fluencia especificada en psi, estipulada en la especificación bajo la cual se compra la tubería del fabricante. $S=42000\text{PSI}$.

D: Diámetro exterior de la tubería, pulgadas. $D= 4,5$ pulgadas.

F: Factor de junta longitudinal obtenido de la tabla ASME B 31.8 (841.114A) cuadro 4 y 5. $F=0,4$.

F=Como este gasoducto es una línea relativamente corta, característica sumada al hecho de que su tramo que demanda mayor factor de seguridad (por estar en Zona Clase 4) es al final de la línea, se determinará un solo Factor de Diseño y una única Presión de Diseño para todo el gasoducto.

El caso más crítico es el de la Zona Clase 4, con Construcción Tipo D.

E: Factor de junta longitudinal, obtenido de la tabla ASME B31.8 (841.115A) Cuadro 4.6, $E= 1$.

T: Factor de disminución de temperatura, obtenido de la tabla ASME B 31.8 (841.116A) Cuadro 4.7, $T=1,0$.

t: Espesor nominal de pared, pulgadas.

Seleccionando los valores:

a) D: 4,5 pulgadas, valor seleccionado de la tabla de especificaciones dada por TENARIS.

Cuadro Nº 4.4.- Factor básico de diseño, F según clase de localidad

Clase de Localidad	Factor de Diseño, F
Localidad Clase 1, División 1	0,80
Localidad Clase 1, División 2	0,72
Localidad Clase 2	0,60
Localidad Clase 3	0,50
Localidad Clase 4	0,40

Fuente: ASME B 31.8 (Tabla 841.114A)

Cuadro N°4.5.- Factor básico de diseño, F

Factores de diseño F			
0,72	0,60	0,50	0,40
Servidumbre privadas en clase 1 de trazado	Servidumbre privadas en clase 2 de trazado	Servidumbre privadas en clase 3 de trazado	En todas las clases 4 de trazado
Invasiones parciales sobre:	Invasiones paralelas sobre:	Invasiones paralelas sobre:	
(i) caminos privados en clase 1 de trazado	(i) caminos privados en clase 2 de trazado	(i) caminos privados en clase 3 de trazado	
(ii) caminos no mejorados en clase 1 de trazado	(ii) caminos públicos no mejorados en clase 2 de trazado. (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles publicas y ferrocarriles en clase 1 y 2.	(ii) caminos públicos no mejorados en clase 3 de trazado. (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles publicas y ferrocarriles en clase 3.	
Cruces sin camisa de caminos privados en clase 1 de trazado.	Cruces sin camisa de: (i) caminos privados en clase 2 de trazado. (ii) caminos públicos no mejorados en clase 1 y 2 de trazado. (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 1 de trazado.	Cruces sin camisa de: (i) caminos privados en clase 3 de trazado. (ii) caminos públicos no mejorados en clase 3 de trazado. (iii) caminos de superficie dura, autopistas o calles públicas y ferrocarriles en clase 2 y 3 de trazado.	
Cruces encamisados de caminos públicos no mejorados, caminos de superficie dura, autopistas o calles publicas y ferrocarriles en clase 1 de trazado.	Cruces encamisados de caminos de superficie dura, autopistas o calles publicas y ferrocarriles en clase 2 de trazado.	Tuberías de plantas compresoras, reguladoras de medición en clase 1,2 y 3 de trazado	
	En puentes en clases 1 y 2 de trazado. Conjuntos soldados en gasoductos en clase 1 y 2 de trazado.	En plataformas costa afuera o aguas navegables interiores incluyendo acometidas, en clases 1,2 y 3 de trazado.	

Fuente: ASME B 31.8 (Tabla 841.114B)

- b) La tubería escogida para este gasoducto es de especificación API 5L, Grado X42. Contará con costura longitudinal de fabricación, del tipo ERW (*Electric Resistance Welded*) – Soldada por Resistencia Eléctrica.

Para esta especificación de tubería y el tipo de soldadura longitudinal, el ANSI B31.8 establece un Factor de Junta Longitudinal:

$$E = 1,0$$

Cuadro N° 4.6.- Factor de junta longitudinal E

Espefif. N°	Clase de Tubería	Factor E
ASTM A 53	Sin costura	1
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1
	Soldada a Tope en Horno: Soldadura continua	0,6
ASTM A 106	Sin costura	1
ASTM A 134	Soldadura por Electro Fusión con Arco	0,8
ASTM A 135	Soldado por Resistencia Eléctrica	1
ASTM A 139	Soldado por Electro Fusión	0,8
ASTM A 211	Tubería de Acero Soldad en Espiral	0,8
ASTM A 333	Sin costura	1
	Soldada por Resistencia Eléctrica	1
ASTM A 381	Soldadura por Arco Doble Sumergido	1
ASTM A 671	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13,23,33,43,53	0,8
	Clases 12,22,32,42,52	1
ASTM A 672	Soldado por Electro Fusión	
	Clases 13,23,33,43,53	0,8
	Clases 12,22,32,42,52	1
API 5L	Sin costura	1
	Soldado por Resistencia Eléctrica	1
	Soldado por Electro Fulguración	1
	Soldado por Arco Sumergido	1
	Soldado a Tope en Horno	0,6

Fuente: ASME B 31.8 (TABLA 841.115A)

- c) La temperatura normal de operación de la tubería, que estará enterrada, estará normalmente a menos de 23 °C (73 °F), menor a los 250 °F que determina el código para reducir la resistencia permisible a la tubería.

Por ello, el Factor de Reducción de resistencia por la Temperatura, T, para este gasoducto será:

$$T = 1,0$$

Cuadro N° 4.7.- Factor de disminución de temperatura T

Temperatura, °F	Factor de Disminución de Temperatura, T
250 o menos	1
300	0,967
350	0,933
400	0,9
450	0,867

Fuente: ASME B 31.8

Reemplazando los valores, se obtiene:

$$3870 \text{ psi} = \frac{2 \times 42000 \times t}{4.5} \times 0,4 \times 1 \times 1$$

$$t = 0,51 \text{ pulgadas}$$

Según el decreto supremo N° 042-99-EM (artículo 33 párrafo f), dada por Osinergmin la presión es:

$$\text{Presión de prueba} = 30(1,25) = 37,5 \text{ bar.}$$

$$\text{Máxima presión de operación} = 37,5 / 1,4 = 26,78 \text{ bar}$$

$$P = 388,31 \text{ psi}$$

$$388,31 = \frac{2 \times 42000 \times t \times 0,4 \times 1 \times 1}{4,5}$$

$$t = 0,052 \text{ pulgadas.}$$

El espesor es menor que la tubería seleccionada. El exceso de tubería se considera que puede ayudar a una mayor duración ante ataques de corrosión.

- También se puede determinar el valor máximo de presión que puede soportar la tubería:

$$P = \frac{2 \times 42000 \times 0,237 \times 0,4 \times 1 \times 1}{4,5}$$

$$P=1769,6 \text{ psi}$$

$$P=123,872 \text{ kg/cm}^2$$

Valor que es mucho menor que la resistencia a la presión interna (3870 psi), dado por el fabricante, y también menor que la presión de prueba hidrostática recomendada por el fabricante 2650 psi

Cuadro 4.8

Tabla de Especificaciones de Diámetros Nominales y Presiones

TUBO DE CONDUCCION
LINE PIPE

FLUENCIA	psi	30,000	35,000	42,000	46,000	52,000	56,000	60,000	65,000	70,000	80,000	30,000	35,000	42,000	46,000	52,000	56,000	60,000	65,000	70,000	80,000
----------	-----	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

OD ASTM	OD API	DIMENSIONES					RESISTENCIA A LA PRESION INTERNA (psi)										PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA (psi)											
		PESO	ESP.	D.I.	TIPO	CED.	GRADO DE ACERO										GRADO DE ACERO											
pulg	pulg	lb/pie	pulg	pulg			A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80	A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80		
4	4 1/2	10.02	0.219	4.062			2,560	2,980	3,580	3,920	4,430	4,770	5,110	5,540	5,960	6,810	1,750	2,040	2,450	2,690	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000		
		10.80	0.237	4.026	STD	40	2,770	3,230	3,870	4,240	4,790	5,160	5,530	5,990	6,450	7,370	1,900	2,210	2,650	2,910	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
		11.36	0.250	4.000			2,920	3,400	4,080	4,470	5,060	5,440	5,830	6,320	6,810	7,780	2,000	2,330	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
		12.67	0.281	3.938			3,280	3,820	4,590	5,030	5,680	6,120	6,560	7,100	7,650	8,740	2,250	2,620	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
		13.97	0.312	3.876			3,640	4,250	5,100	5,580	6,310	6,790	7,280	7,890	8,490	9,710	2,500	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	
		15.00	0.337	3.826	XS	80	3,930	4,590	5,500	6,030	6,810	7,340	7,860	8,520	9,170	10,480	2,700	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		19.02	0.438	3.624		120	5,110	5,960	7,150	7,840	8,860	9,540	10,220	11,070	11,920	13,630	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		22.53	0.531	3.438		160	6,200	7,230	8,670	9,500	10,740	11,560	12,390	13,420	14,460	16,520	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
		27.57	0.674	3.152	XXS		7,860	9,170	11,010	12,060	13,630	14,680	15,730	17,040	18,350	20,970	2,800	2,800	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000

Grados de Acero A25 y X90, disponibles con previa solicitud.

Grados de Acero para Servicio Amargo hasta X52 disponibles en todos los diámetros.

Grados de Acero para Servicio Amargo hasta X70 disponibles para diámetros \leq a 14".

STD PARED NORMAL (Standard)

XS PARED DE ALTO ESPESOR (Extra Strong)

XXS PARED DE GRAN ESPESOR (Doble Extra Strong)

Fuente: Catálogos de tubos de Acero de Tubocaribe

4.2.3. Especificación de la tubería

Se puede considerar para el ramal del gaseoducto una tubería conforme a las siguientes especificaciones:

- a) Norma: API 1104. Ver anexo B.
- b) Especificación: 5L
- c) Diámetro nominal: 4,5 pulgadas
- d) Diámetro interno: 4,026 pulgadas.
- e) Espesor de la tubería: 0,237 pulgadas.
- f) Diámetro externo: 4,5 pulgadas.
- g) SCH: 40
- h) Resistencia a la fluencia S: 42000 psi.
- i) Peso: 10,80 lb/ft
- j) Proceso de manufactura Electro Soldada, EW.
- k) Resistencia a la Presión interna: 3870 psi.
- l) Presión de Prueba Hidrostática: 2650 psi.

Cuadro N° 4.9 (a).- Certificado de calidad de la tubería

Heat N°		Production Lot Code		CHEMICAL COMPOSITION (%)																	HEAT TREATMENT		TENSILE TEST					HARDNESS TEST		IMPACT TEST		HYDROSTATIC TEST		NDE		PLATTENING TEST		WELD DUCTILITY TEST		DRIFT TEST	
				SPECIFICATIONS																	FULL BODY	SEAM ANNEALING	DIRECTION	TYPE	WIDTH	UNIT	GAGE LENGTH			Scale HRB	LOCATION	ORIENTATION	Temperature	Energy	P (PSI)	I (sec)	METHOD	STANDARD	RESULT	FLATTENING TEST	WELD DUCTILITY TEST
MAX	H	MIN	C	SI	Mo	Mc	Al	P	S	Nb	V	TI	Sn	Cu	Cr	NI	N	B	Ca	Yield Strength							Terralle Strength	Elong													
6251	6251L1	1	P	18	12	90	40	16	5	1	1	1	1	1	1	1	36	1	37	1600	L	S	B	P	63	73	28	80	00/00		OK	2650	S	N10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6252	6252L1	1	P	18	12	91	39	13	4	1	1	1	1	1	2	1	41	1	39	1600	L	S	B	P	62	75	32	81	00/00		OK	2650	S	N10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6253	6253L1	1	P	18	12	91	41	15	5	1	1	1	1	1	1	1	42	2	34	1600	L	S	B	P	64	74	30	81	00/00		OK	2650	S	N10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6254	6254L1	1	P	18	13	98	35	15	4	1	1	1	1	2	2	1	41		37	1600	L	S	B	P	66	75	29	82	00/00		OK	2650	S	N10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6255	6255L1	1	P	18	14	93	37	13	4	1	1	1	1	2	2	1	40	2	34	1600	L	S	B	P	64	75	29	82	00/00		OK	2650	S	N10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	

OBSERVATIONS:
 THIS CERTIFICATE IS ISSUED BY HEAT NUMBER. QUANTITY SHUIPPED: 14,094,50 Ft.
 COMPLIES WITH PSL I REQUIREMENTS

WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN MADE IN ACCORDANCE WITH THE RULES OF THE CONTRACT AND THE TEST RESULTS PRESENTED ARE TRUE AND CORRECT AS CONTAINED IN THE RECORDS OF THE COMPANY.

Signs by: *Sofia T. Espinoza* QA Approval *[Signature]*

Fuente: Tubocaribe

Cuadro 4.9 (b).- Certificado de calidad de la tubería

QUALITY CERTIFICATE
 QUALITY ASSURANCE & QUALITY CONTROL DEPARTMENT
 COATING PLANT
 (From Code: CR 320 - 01 Rev. 1/06) Certificate Nº 288

		Code: L1X424123e0423 Nominal Size: 4 1/2" Spec/Grade: API 5L /X42				Thickness: 0.237" Length: 4 1/2" Coating Thickness: 1.4 mm.			Type of Coating: THREE-LAYER PP Specification: NF A 49-711 Date: 05/25/2006				Customer: JAVFRANK CONTRATISTA S.A. Customer Order: 633 Prod. Order Nº: RO21-06 Page Nº 1								
		Lot Code	Visual Inspection of Bare Pipes	Surface Preparation	Shot Blasting Profile		Relative Humidity	Gel Time	Flexibility	Visual Inspection of Coating	Coating Thickness (Average)	Hot Water Resistance	Holiday Detection	Adhesion Test	Impact Test	Porosity	Final Visual Inspection	Penetration		Differential Scanning Calorimetry	Cathodic Disbondment
QUALIFICATION 001	OK OK	OK OK	3.9 3.9	7.0 7.0	11 11	OK	OK OK	OK OK	1.5 1.5		OK OK	0.50 0.50	9.35 9.35	3.0	OK OK	0.05 0.11	0.4	1.8 2.0	0.85		
OBSERVATIONS:																					
WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL DESCRIBED HEREIN HAS BEEN MADE IN ACCORDANCE WITH THE RULES OF THE CONTRACT AND THE TEST RESULT OF CONTRACT AND THE TEST RESULTS PRESENTED ARE TRUE AND CORRECT AS CONTAINED IN THE RECORDS OF THE COMPANY.																Signs by <i>Sofia Teague S.</i>		QA Approval: <i>[Signature]</i>			

Fuente: Tubocaribe

4.3. CÁMARA PARA VÁLVULA DE BLOQUEO DE RED Y SERVICIO

Al final del tramo de la tubería de media presión (10,35 bar), se requiere ubicar una válvula de bloqueo del suministro de gas a ser utilizado cuando se produzca una fuga de gas, se requiera dar mantenimiento, en caso de incendio, sismo y en los casos más frecuentes. Para seleccionar esta válvula es necesario conocer el diámetro de la tubería donde se va a instalar la máxima presión admisible de operación MAPO (10,554 kg/cm²), de acuerdo al código 846.2, de la norma ASME B 31.8. Del Cuadro 4.10 se obtiene las dimensiones mínimas de la cámara, dimensiones de los venteos en la cual va alojada la válvula.

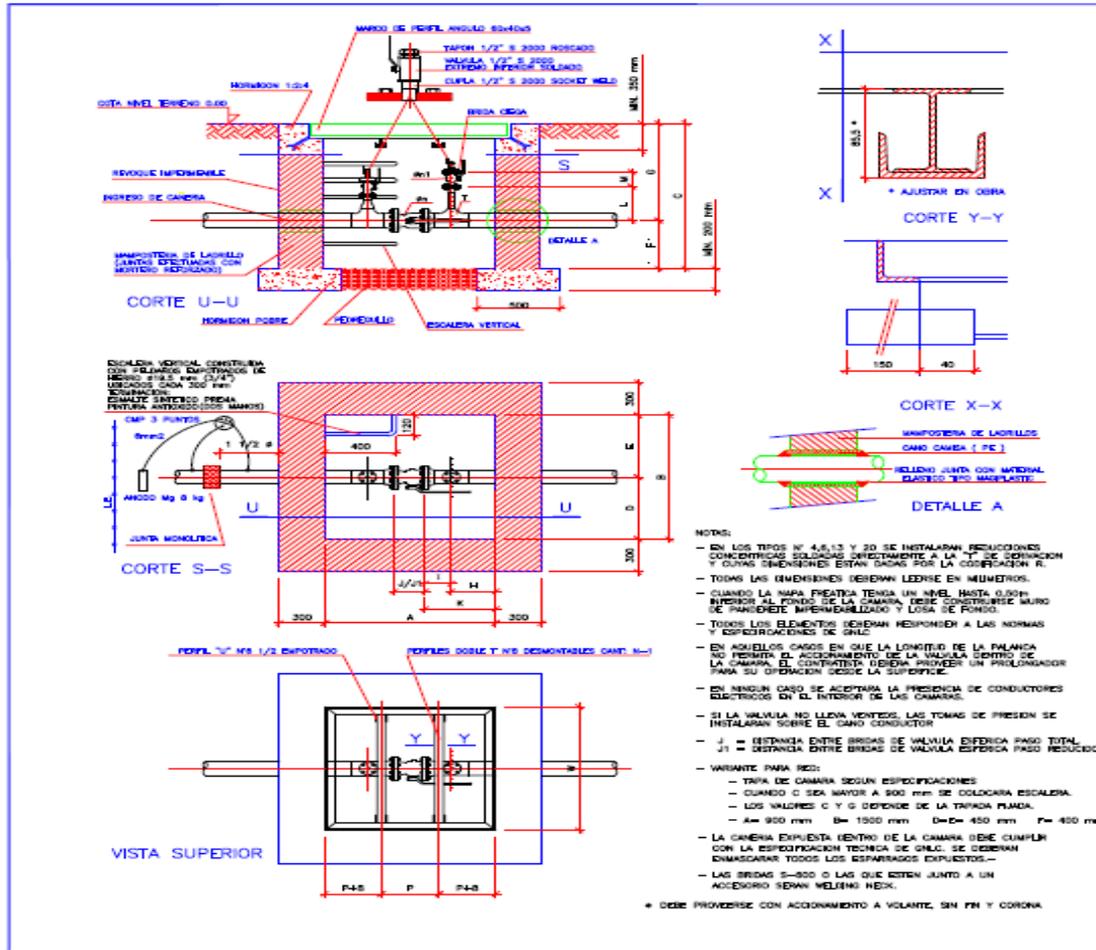
Del Cuadro N° 4.11 se obtiene las características de la válvula, para nuestro caso la válvula a utilizar es simple, flotante de diámetro 4" según ANSI 150 paso reducido, considerando que aguas abajo se encuentra una estación de regulación para la empresa.

Los valores a considerar son:

- ✓ Φ_n : 4 pulgadas.
- ✓ A: 1300 mm.
- ✓ B: 1300 mm.
- ✓ C: 1400mm
- ✓ D: 550 mm.
- ✓ E: 750 mm.
- ✓ F: 400 mm.
- ✓ G: 1000 mm
- ✓ H: 419 mm
- ✓ I: 181 mm
- ✓ J_1 : 229 mm
- ✓ M: 178 mm
- ✓ Φ_{n1} : 2 pulgadas.
- ✓ TEE: 4"x2" pulgadas.

Ver plano EMP-07

Cuadro N° 4.10.- Cámara de Válvula



CAMARA TIPO PARA VÁLVULA DE BLOQUEO DE RAMAL, GASODUCTO Y SERVICIO CON DOS VENTOS

SERIE	SERIE 150							SERIE 300							SERIE 600						
	TIPO DE VÁLVULA							TIPO DE VÁLVULA							TIPO DE VÁLVULA						
TIPO	Nº1	Nº2	Nº3	Nº4	Nº5	Nº6	Nº7	Nº8	Nº9	Nº10	Nº11	Nº12	Nº13	Nº14	Nº15	Nº16	Nº17	Nº18	Nº19	Nº20	Nº21
A	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150
B	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	
C	1250	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	
D	1300	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	
E	1350	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	
F	1400	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	
G	1450	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	
H	1500	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	
I	1550	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	
J	1600	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	
K	1650	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	
L	1700	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	
M	1750	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	
N	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	
O	1850	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	
P	1900	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	
Q	1950	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	
R	2000	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	
S	2050	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	
T	2100	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	
U	2150	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	
V	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	
W	2250	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	
X	2300	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	
Y	2350	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	
Z	2400	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	
AA	2450	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	
AB	2500	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	
AC	2550	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	
AD	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	
AE	2650	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	
AF	2700	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	
AG	2750	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	
AH	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	
AI	2850	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	
AJ	2900	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	
AK	2950	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	
AL	3000	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	
AM	3050	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	
AN	3100	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	
AO	3150	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	
AP	3200	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	
AQ	3250	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	
AR	3300	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	
AS	3350	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	
AT	3400	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	
AU	3450	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	
AV	3500	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	
AW	3550	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	
AX	3600	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	
AY	3650	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	
AZ	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	
BA	3750	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	
BB	3800	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	
BC	3850	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	4800	
BD	3900	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	4700	4750	4800	4850	
BE	3950	4000	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400	4450	4500	4550	4600	4650	47					

Cuadro 4.11
Relación entre Serie y diámetro de válvulas

Diámetro Nominal		Series								Pérdida de carga (mt. cañería)	CV	
Pulg.	m.m.	150		300		600		900	1500		PN	PT
1/2"	13											30
3/4"	20											50
1"	25											100
1 1/2"	40									1	94	260
2"	50		▼		▼					2.5	120	480
2 1/2"	65		▼		▼					2.5	230	750
3"	80		▼		▼					3	400	1300
4"	100	▼	▼	▼	▼					2.5	775	2300
6"	150	▼	▼	▼	▼					12.5	1000	5400
8"	200	▼	▼	▼						14	2000	10000
10"	250	▼	▼							17.5	3150	17000
12"	300	▼	▼							7.5	5200	23000

PN: Paso normal - PT: Paso total

Fuente: Catalogo de válvulas – ESFEROMATIC.



Fuente: Catalogo de válvulas – ESFEROMATIC

Figura N° 4.2

Válvula Flotante de Diámetro 4" Según ANSI 150

Paso Reducido

4.4. RECORRIDO DEL TENDIDO DE TUBERÍA

4.4.1. Levantamiento topográfico

Se hace un reconocimiento in situ para ubicar e identificar las áreas menos pobladas, menos veredas, menos construcción, menos tránsito vehicular, menos interferencias con el fin de que el trabajo de instalación de tubería resulte en menor tiempo y a un menor costo.

Se ha efectuado un levantamiento topográfico antes y durante la ejecución de la instalación de la tubería. Los planos topográficos muestran el perfil actual a lo largo de la traza con todos los accidentes geográficos que se han

encontrado a su paso. Ver planos (EMP - 01, EMP - 02, EMP - 03, EMP - 04, EMP – 05, EMP – 06).

Para determinar el recorrido de la línea se realiza una visita para ubicar la traza por zonas menos pobladas.

4.4.2. Determinación de las interferencias y permisos.

Se ha coordinado con las entidades concesionarias (SEDAPAL, LUZ DEL SUR, TELEFÓNICA, EMAPE, MUNICIPALIDAD DE VILLA SALVADOR, MUNICIPALIDAD DE LIMA, INC) responsables para ubicar las interferencias y obtener los permisos respectivos para la instalación de la tubería:

- SEDAPAL (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima)

Empresa que proporciona los planos de tubería de agua y alcantarillado de la zona a instalar la tubería.

Esta instalación la utilizamos para ubicar las interferencias con nuestra línea de gas. Ver plano EMP - 02

- LUZ DEL SUR (Empresa Privada)

Empresa que proporciona los planos de conexión de cables de baja tensión, media tensión y alumbrado Público de la zona a instalar la tubería.

Esta instalación la utilizamos para ubicar las interferencias con nuestra línea de gas. Ver plano EMP - 02.

- TELEFÓNICA

Empresa que proporciona los planos de distribución de redes de telefónica, de la zona a instalar la tubería.

Esta instalación la utilizamos para ubicar las interferencias con nuestra línea de gas.

EMAPE (Empresa Municipal Administradora de Peaje de Lima)

Entidad que autoriza la instalación de la tubería en la vía de Panamericana Sur.

- MUNICIPALIDAD DE VILLA SALVADOR

Autoriza mediante un permiso escrito la instalación de la tubería en todas las vías locales como veredas, parques y otros.

- MUNICIPALIDAD DE LIMA

Esta municipalidad autoriza mediante un permiso escrito la instalación de tuberías en todas las avenidas principales las cuales están bajo su responsabilidad.

Las municipalidades establecen los horarios de trabajo, dependiendo de la zona, ya sea de noche o de día, también establecen los días y horarios de trabajos de cruce de Av. Principales.

- INC (Instituto Nacional de Cultura)

Para realizar cualquier excavación en algún lugar de Lima se necesita un certificado de inexistencia de restos arqueológicos (CIRA).

Se presenta un informe al INC, donde se especifica que se realizaron 12 pozos de excavación dispersos en toda la línea eje con el fin de determinar la existencia de evidencias arqueológicas donde se realizará la instalación del ducto de gas.

4.4.3. Elaboración de planos.

Una vez que se define el trazo de la ruta y la ubicación de las interferencias a lo largo del trazo se elabora el plano de construcción.

El plano de construcción, ver planos (EMP - 01, EMP - 02, EMP - 03, EMP - 04, EMP – 05, EMP – 06).

Contienen las interferencias, los grados de curvatura preliminar de la tubería, la ubicación de los puntos de control, las progresivas de inicio y final, la ubicación de la tubería existente (punto de empalme).

4.5. PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS.

En el tendido del ramal de tubería de acero para suministro de gas natural a la Compañía MINERA LUREN, se han requerido procedimientos civiles, mecánicos, de seguridad y de protección del medio ambiente.

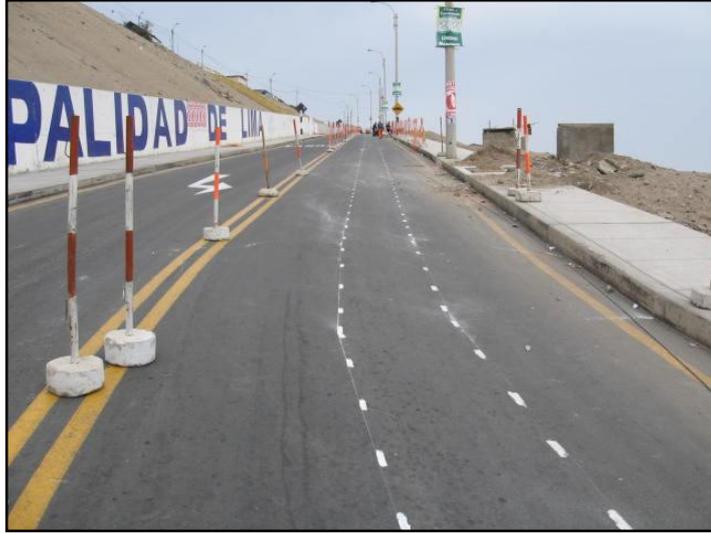
4.5.1. Procedimientos constructivos civiles.

Este procedimiento ha sido elaborado en conformidad en lo indicado en el Manual de Construcción de CALIDDA. Anexo D.

La ejecución del proyecto se inicia con el proceso de identificación del área de trabajo, comprendiendo desde la identificación de la trayectoria de la línea de gas sobre el terreno, autorización para inicio de trabajos, hasta la señalización y marcado del eje de la línea de tuberías.

4.5.1.1 Trazo y Replanteo

Se procede con el correcto lineamiento del trazo en la implantación del eje para la zanja usando estacas de madera y pintura, así como también para la señalización de los límites de excavación para la zanja. Seguidamente se identifican y marcan las zonas puntuales donde existen interferencias (agua, luz, etc.) en las que se realizan calicatas.



Fuente: Propia

Figura N° 4.3.- Trazado de la línea

En los casos de las interferencias (cables de suministro de alumbrado eléctrico, tuberías de agua y desagüe, líneas de conexión telefónica), la decisión sobre si la línea de gas pasa por arriba o por debajo de las interferencias es tomada en obra, según las circunstancias específicas de la línea que causa la interferencia y conforme las normas dadas por CALIDDA.

A un costado de la zanja se ubican, codifican y señalizan hitos sobre el terreno con sus progresivas correspondientes:

- Cada 250 m y en los puntos de inflexión de la línea, y;
- En cada kilómetro para usarlos como puntos nuevos para el control de avances y posiciones.

Una vez que culmina el bajado de tuberías, se verifica que la línea de tubería cumpla en ubicación, altura de relleno sobre el lomo, alineación.

Sobre cada junta de soldadura se toma la cota en el lomo del tubo y en la superficie del terreno para verificar la tapada correcta de la instalación.

Las actividades de trazado y replanteo son registradas en documentos. Ver anexo E.

4.5.1.2 Procesamiento de pavimento rígido y flexible.

El pavimento rígido es un elemento estructural de espesor reducido (25 a 35 mm) y forma horizontal cuya mezcla está constituida por cemento, agregados, agua y aditivos, pudiendo ser armado en dos direcciones (horizontal, vertical), usado como superficie de rodamiento sobre el cual circulan los vehículos

El pavimento flexible está compuesto de una capa de áridos envuelto y aglomerado con betún asfáltico, de espesor mínimo de 25 mm, sobre capas de sustentación como base granular, asfáltica, hormigón o pavimento de bloques.

Se inicia el corte del pavimento con un equipo llamado cortador.



Fuente: Propia

Figura N° 4.4.- Corte de pavimento

Luego se realiza la perforación y/o demolición de la losa de concreto y/o asfalto haciendo uso de un mini cargador, con la finalidad de obtener la dimensión y forma geométrica deseada.



Fuente: Propia

Figura Nº 4.5.- Demolición de pavimento

Después se procede a extraer la masa de concreto y/o asfalto previamente demolida, con maquinaria (mini cargador).

Toda la masa de concreto y/o asfalto que es extraída se retira a lugares fuera de la obra, llamados botaderos.

Al término de la construcción se restituye el nivel original del pavimento previamente removido.

4.5.1.3 Excavación de zanja

Comprende toda la actividad que se realiza para la remoción del material en la cual se ubica la tubería para el gas natural.

- Profundidad de zanja

Las excavaciones de zanja se efectúan teniendo en cuenta que la tapada mínima sea de 1.20 m y se mide desde el nivel de rasante hasta la parte superior del tubo a enterrar.

- Ancho de zanja

El ancho de zanja en el fondo es equivalente al diámetro del tubo más una distancia de 20 cm a cada lado.

(a)



Fuente:Propia

(b)



Fuente:Propia

Figura Nº 4.6.- Excavación de zanja

- Laterales de la zanja

Se elimina de las paredes de la zanja todo elemento sobresaliente que pudiera dañar a las tuberías en el proceso de bajada de los mismos.

Se considera el talud natural del suelo más un ensanche de modo que si este se desmorona no disminuye el ancho de la zanja en la base.



Fuente: Propia

Figura N° 4.7.- Preparación de paredes de la zanja

- Fosas de trabajo

En los lugares en que las soldaduras de las tuberías se efectúan en zanja se ejecutan fosas de trabajo de modo que se facilite la soldadura mencionada. Estas fosas permanecen secas y libres de materia extraña o contaminante.

(a)



Fuente: Propia

(b)



Fuente: Propia

Figura N° 4.8.- Fosa de trabajo

- Material de Excavación

El material proveniente de la excavación se coloca a un costado de la zanja y sobre terreno limpio, posteriormente se utiliza este material para el relleno de la misma. Toda la zona de trabajo y en un ancho adecuado se protege con elementos de delimitación de área a fin de evitar la circulación de personas o vehículos a través de ellos así como evitar que se contamine por actos de terceras personas.



Fuente: Propia

Figura N° 4.9.- Acumulación de material de excavación

4.5.1.4 Rellenos

Material de préstamo o propio de la obra, que se deposita por capas con un adecuado y previo humedecimiento.

- Relleno con arena fina sobre tubo.

Acción que se realiza con la colocación de material para protección de la tubería de gas por encima de este.



Fuente: Propia

Figura N° 4.10.- Relleno de zanja

- Relleno de zanja compactado con material propio.

Se procede a la restitución del material extraído como consecuencia del proceso de excavación.



Fuente: Propia

Figura N° 4.11.- Relleno de zanja con material propio

- Tapada.

Actividad por la que se coloca material de relleno hasta alcanzar los niveles.

Este es colocado inmediatamente sobre el material de protección de tubo.



Fuente: Propia

Figura N° 4.12.- Tapada de la tubería

- Replanteo de la línea

Antes de iniciar la actividad de relleno se debe tomar el registro de mediciones siguientes:

- Posición final de la línea de tubo.
- Ubicación de las juntas por soldadura.
- Posición y verificación de los cambios de dirección.
- Ubicación de las interferencias.



Fuente: Propia

Figura N° 4.13.- Toma de medidas después del bajado de tubería

Para el caso de pistas (pavimentadas o no) y vías de acceso, en la parte superior del relleno se coloca una capa de afirmado granular de 0,20 a 0,30m de espesor.

Obligatoriamente se toman muestras del terreno compactado, la frecuencia es de 2 muestras cada 100 m lineales, como está indicado por el Ministerio de Transportes, Construcción y Municipalidades.



Fuente: Propia

Figura 4.14.- Compactación de terreno

4.5.2. Procedimientos constructivos mecánicos.

Este procedimiento ha sido elaborado en conformidad con lo indicado en el Manual de Construcción de CALIDDA. Ver Anexo D.

4.5.2.1. Manipuleo, transporte y desfile de tubos

Se colocan los tubos a un costado de la zanja. El desfile se efectúa considerando la protección durante el manipuleo y colocación sobre los sacos con arena.

4.5.2.1.1 Manipuleo

Los ganchos y grampas que se emplean para la carga y descarga de tuberías cuentan con protección adecuada para evitar daños al revestimiento y al bisel. No se usan elementos que pudieran dañar físicamente al tubo o al revestimiento.

Se realiza el manipuleo con grúa y se usa Eslingas de nylon de 2 pulgadas de ancho y de capacidad 3 toneladas, con sogas a cada extremo de la tubería, dichas sogas no deben contar con ningún nudo.



Fuente: Propia

Figura N° 4.15.- Manipuleo de tubería

Toda herramienta que se utiliza para el manejo, transporte, almacenaje y acopio de la tubería es revestida para evitar el daño a los tubos o al revestimiento.

Cada tubo se levanta y baja en posición horizontal con suficiente capacidad en el equipo de izaje, sin dejarlo caer y/o arrastrarlo.

Las plataformas del tráiler están libres de suciedad y/o escombros que pudieran dañar los tubos durante el acarreo.

Cuando se cargaron tubos largos sobre tubos cortos, los largos no sobresalieron en más del 10% respecto de los cortos.

Todos los listones de apoyo están protegidos con elementos blandos (sacos de arena, trapo limpio, etc.).

4.5.2.1.2 Transporte

Se deben sujetar los tubos en la plataforma del camión apropiadamente con fajas de Nylon para evitar deslizamientos entre tubos.

La cantidad de tubos a ser transportados sobre los camiones y a ser apilados depende del peso, diámetro, el acomodo y las condiciones del terreno donde son desfilados los tubos.



Fuente: Propia

Figura Nº 4.16.- Transporte de tubería

El apilamiento de los tubos en obra se realiza sobre sacos de arena y se protege el área con cinta de seguridad para evitar cualquier daño al revestimiento.



Fuente: Propia

Figura Nº 4.17.- Acopio de tubería

4.5.2.1.3 Desfile

El desfile de tubos se hace de manera tal de dejar espacio transversal del eje de la zanja, para facilitar las actividades de los equipos de excavación.



Fuente: Propia

Figura N° 4.18.- Desfile de tubería

Los tubos con recubrimiento no se desfilan directamente sobre el terreno, se colocan sobre sacos de arena y reposan por lo menos sobre dos puntos de soporte.



Fuente: Propia

Figura N° 4.19.-Colocación de tubería



Fuente: Propia

Figura 4.20.- Colocación de tubería

Los Tubos son bajados a las zanjas y estas son tapadas inmediatamente para evitar daños en el revestimiento por caídas o deslizamientos de piedras o rocas.



(a)

Fuente: Propia



(b)

Fuente: Propia

Figura N° 4.21.- Bajado de tubería

Previo a la bajada del varillón y como verificación de que el revestimiento no sufre daño durante su traslado, la tubería se inspecciona visual e instrumentalmente con el Holiday Detector. Ver anexo F.

4.5.2.2.- Curvado de tubería en frío

Es el proceso de deformación en frío que se realiza a la tubería para darle curvatura según las condiciones que se presentaron en el trayecto de la instalación de los tubos.

4.5.2.2.1 Tipos de curvado

Es la orientación del curvado de la tubería y está tipificado en:

- **Overbend** : Curva hacia arriba (convexa)
- **Sagbend** : Curva hacia abajo (cóncava)
- **Rightbend** : Curva hacia la derecha
- **Leftbend** : Curva hacia la Izquierda
- **Combinated bend** : Curva hacia la derecha/curva hacia la izquierda

4.5.2.2.2 Ovalización de tuberías

La ovalización de las tuberías es el Grado de deformación del diámetro real con relación al diámetro nominal.

El control de la ovalización de las tuberías se hace mediante el uso de dos discos de aluminio separados entre sí por una longitud igual a 1,5 veces diámetro nominal del tubo a curvar, los discos son de 3/16" de espesor y su diámetro equivalente alcanzado por la máxima ovalización del 2,5% del diámetro exterior del tubo, como muestra el cuadro N° 4.12.

Tal dispositivo debe pasar por el interior del elemento curvado, la retención del disco indica que la tolerancia aceptada es excedida.

Cuadro N° 4.12.- Diámetro del calibre según diámetro de tubería

DIÁMETRO DE TUBERIA	DIÁMETRO DEL CALIBRE
8"	197,22 mm
6"	149,89 mm
4"	99,44 mm
3"	75,68 mm
2 1/2"	60,78 mm

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

Para los cálculos del diámetro del calibre, se considera espesores de tubería de Sch. 40.



Fuente: Propia

Figura 4.22.- Tubería curvada



Fuente: Propia

Figura 4.23.- Paso por el tubo del disco calibrador

4.5.2.2.3 Proceso de curvado

El equipo de curvado realiza los trabajos en posición horizontal y estaba montado en una mesa metálica, accionado por un motor eléctrico a una bomba hidráulica que acciona un pistón hidráulico conectado a una zapata de empuje y dos apoyos giratorios que se acondicionan a la curvatura y donde la tubería se apoya durante el curvado. La zapata y los apoyos

giratorios son desmontables y se cambian de acuerdo a los diámetros a curvar.

La tubería marcada con el tipo y grado de curvatura se coloca en la máquina de curvado por medio de una grúa.

El cilindro de empuje acciona la zapata de empuje contra 02 abrazaderas giratorias que sirven de apoyo del tubo, la zapata y las abrazaderas calzan completamente a la superficie del tubo para, evitar deformaciones (ovalización) de la tubería durante el proceso de curvado.

Los golpes para curvado se repetirán tantas veces como se requiera hasta obtener el ángulo deseado, tomando como restricción que el radio de curvatura no deberá ser inferior a 40 veces el diámetro del tubo.



Fuente: Propia

Figura N° 4.24.- Equipo para curvar tubería



Fuente: Propia

Figura N° 4.25.- Curvado de tubería

4.5.2.2.4 Control de Calidad

Luego del proceso de doblez se verificó lo siguiente:

- No se permite ningún daño mecánico en el recubrimiento sin repararlo previo a la instalación.
- No se permite en el curvado del tubo, ninguna ondulación cuya altura de cresta fuera mayor a 0,01 veces la distancia entre dos crestas consecutivas.
- Las eventuales ovalizaciones que estuvieren por encima de la tolerancia se analizarían en cada oportunidad la factibilidad de su corrección.
- En todo tubo curvado, la distancia mínima a respetar de tramo recto (sin golpe de curvado) debe ser de 3 veces el diámetro de la tubería instalada de acuerdo al Cuadro N° 4.13.

Cuadro N° 4.13.- Distancia recta de tubería según el diámetro

Diámetro exterior	Cantidad de veces	Tramo recto
8"	3	0,60m
6"	3	0,45 m
4"	3	0,30 m
3"	3	0,23 m
2"	3	0,15 m

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

La distancia entre golpe y golpe de curvado debe estar de acuerdo al diámetro. El radio de curvatura mínimo será 40 veces el diámetro exterior del tubo (ver cuadro N° 4.14).

Cuadro N° 4.14.- Radio de curvatura según diámetro del tubo

Diámetro Exterior		Mínimo Radio de Curvatura	Máximo Permitido Ovalización (Out-of-Roundness)	
Pulgadas	Metros		Metros	Pulgadas
8"	0,2191	8,764	0,219	5,48
6"	0,1683	6,732	0,15	4,21
4"	0,1143	4,572	0,1	2,86
3"	0,0889	3,556	0,1	2,22
2 1/2"	0,0730	2,920	0,072	1,82

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

Para el caso del proyecto se utiliza tubería de 4 pulgadas, siendo para este diámetro radio de curvatura mínima de 4,572 m y 0,1 pulgadas de ovalización máxima.

Los datos de la tubería curvada y los resultados de la verificación de ovalización se consignaron en un registro. Ver anexo G.

4.5.2.3. Calificación del procedimiento de soldadura.

Este procedimiento se ha elaborado según la norma ASME B31.8. Mediante este procedimiento se definen los parámetros de soldadura de acuerdo al material base.

Este documento contiene los datos correspondientes a las variables del proceso aprobados por ensayos destructivos y no destructivos, y que sobre la base de dicho documento se calificará a los soldadores que podrán intervenir en la ejecución de los trabajos de soldadura.

4.5.2.3.1 Elaboración de procedimiento de soldadura

Para la elaboración del procedimiento se definió los siguientes parámetros:

- a. Proceso a emplearse.
- b. Materiales del tubo y accesorios (material base).
- c. Diámetros y espesores de pared del tubo.
- d. Diseño de la junta.
- e. Metal de aporte y número de cordones.
- f. Características eléctricas.
- g. Posición de soldadura.
- h. Dirección de la soldadura.
- i. Intervalo entre los pases.
- j. Tipo y remoción de la grapa de alineamiento.

- k. Limpieza y/o esmerilado.
- l. Pre/post tratamiento térmico.
- m. Velocidad de avance.

4.5.2.3.2 Verificaciones y/o controles de soldadura

Se verifica que las probetas estén preparadas de acuerdo al diseño de la junta indicada en la norma ASME B31.8-1999.

Se cuenta con la especificación de soldadura, documento que especifica las variables de soldadura con lo cual se realiza la probeta a calificar.



Fuente: Propia

Figura N° 4.26.- Probeta para calificación de soldadura

a) Verificaciones durante la soldadura

Se verifica los parámetros de soldadura en los pases de raíz, caliente, relleno y acabado. Las interrupciones en los trabajos de soldadura no superaron los 30 minutos, En ningún caso las tuberías cuando están en proceso de soldadura no son manipuladas hasta que se concluye completamente el pase de raíz al 100%.



Fuente: Propia

Figura N° 4.27.- Calificación de procedimiento de soldadura

b) Verificaciones después de la soldadura

Terminada la soldadura se procedió a realizar la verificación por método Visual, radiográfico y ensayos mecánicos, utilizando el criterio de aceptación según norma aplicable API 1104-1999.



Fuente: Propia

Figura N°4.28.- Probeta soldada para calificar procedimiento de soldadura

4.5.2.3.3 Ensayos destructivos de la junta soldada

Para ensayar el cordón de soldadura, debe cortarse la probeta de acuerdo a lo establecido en la norma API 1104-1999, conforme se indica en el siguiente Cuadro N° 4.15.

Las probetas deberán ser sometidas a las siguientes pruebas, tal como lo señala la norma del API 1104-1999:

- Prueba de Nick-break.
- Prueba de doblez de raíz y de cara.
- Prueba de flexión lateral.

**Cuadro N° 4.15.-
Tipo y número de probetas para prueba de calificación del procedimiento**

Diámetro exterior de la tubería pulgadas	Número de ejemplares					
	Resistencia a la tracción	Prueba de rotura	Dobles de raíz	Doble cara	Flexión lateral	Total
Espesor de la pared $\leq \frac{1}{2}$ "						
$< 2 \frac{3}{8}$ "	0	2	2	0	0	4
$2 \frac{3}{8}$ " – $4 \frac{1}{2}$ "	0	2	2	0	0	4
$> 4 \frac{1}{2}$ " – $12 \frac{3}{4}$ "	2	2	2	2	0	8
$> 12 \frac{3}{4}$ "	4	4	4	4	0	16
Espesor de la pared $> \frac{1}{2}$ "						
$\leq 4 \frac{1}{2}$ "	0	2	0	0	2	4
$> 4 \frac{1}{2}$ " – $12 \frac{3}{4}$ "	2	2	0	0	4	8
$> 12 \frac{3}{4}$ "	4	4	0	0	8	16

Fuente: Norma API 1104-1999

Para el proyecto la tubería es de diámetro de 4 1/2 de pulgada y de 0,237 pulgadas por lo que se analizaron dos probetas de Nick break, dos de dobles de raíz, dos de cara y dos de flexión lateral. Todas las Especificaciones de

Procedimientos de Soldadura (EPS) y los Registros de Calificación de Procedimientos (PQR) están disponibles en campo. Ver anexo H.

4.5.2.4 Procedimiento de soldadura en campo

La soldadura se ejecuta con Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) aprobados y soldadores previamente calificados de acuerdo con la norma API 1104.

Para el alineamiento de tuberías se empleó una grapa externa. Para efectuar el alineamiento de tuberías se hizo uso de pórticos de metal.



Fuente: Propia

Figura N° 4.29.- Alineación de tubería con grapa

Se realiza un giro de la tubería para el alineamiento de la costura longitudinal de la misma, esta operación o maniobra se efectúa con la “faja de ahorque”, que consiste en posicionar el ojo de la faja para obtener la rotación adecuada del tubo a instalar.

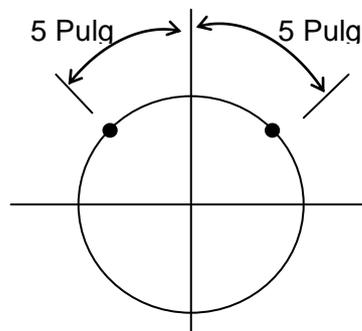


Fuente: Propia

Figura N° 4.30.- Maniobra con faja de ahorque

Las tuberías quedan a una altura de 50 cm para que los soldadores tengan la comodidad necesaria para soldar.

Durante el alineamiento de las tuberías se tiene en cuenta la ubicación de la costura longitudinal de los tubos, verificándose que estén alternados entre el 1^{ro} y 4^{to} cuadrante, separados 10 pulgadas, tal como se señala en la figura N° 4.31.



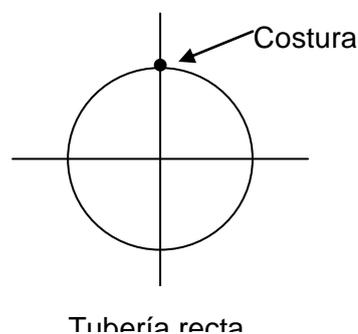
Tubería lineal

Fuente: Manual de Construcción de CALIDDA

Figura N° 4.31.- Alineación de la tubería

Para empalmes de soldadura entre una tubería curvada y una recta, se tienen las siguientes consideraciones respecto a las costuras longitudinales del tubo:

- a) Tubería recta.- La ubicación de la costura longitudinal del tubo, siempre coincide con el lomo de la tubería (ver figura N° 4.32).
- b) Tubería curvada.- La ubicación de la costura longitudinal del tubo, siempre estará de acuerdo al tipo de curva.



Fuente: Manual de Construcción de CALIDDA

Figura N° 4.32.- Ubicación de costura longitudinal del tubo

4.5.2.4.1 Inspección de soldadura

Las inspecciones son realizadas por el personal operativo, las cuales son supervisadas por personal de QC (Control de Calidad), se consideran cuatro operaciones de soldado: raíz, caliente, relleno y acabado.

a) Antes

- Se verifica los alcances de aplicación del código ASME B31.8 de acuerdo a la ubicación de la junta a soldar en el gasoducto.
- Se verifica que los parámetros eléctricos de soldadura, estén conforme al procedimiento aprobado el cual es registrado en un formato de toma de datos de soldadura, ver anexo I.
- Se verifica el cumplimiento de la preparación de la junta con el procedimiento de soldadura.
- Se verifica que antes del armado de la junta a soldar la zona se encuentre limpia (2 Pulgadas a cada extremo de la tubería) de pintura, grasa, óxido y otras impurezas que pudieran contaminar la soldadura.
- Se verifica que la carpa para la protección del viento y/o lluvia, este instalada en la zona a soldar.

b) Durante

- Se verifica que se limpie la escoria después de cada soldadura.
- Se verifica que la temperatura de precalentamiento sea la establecida en la especificación de procedimiento de soldadura utilizado.
- Las grapas y elementos de fijación como apuntalamientos con soldadura, son removidos cuando se completan el 50% de la soldadura en el pase de raíz.
- La tubería no se levanta durante la soldadura.
- Cuando por circunstancias ajenas al soldador, no se concluye con los pases de relleno y acabado, estos son completados en la siguiente jornada de trabajo. Para continuar con la soldadura en la nueva jornada de trabajo, se precalienta la junta a 100°C.

(a)



Fuente: Propia

(b)



Fuente: Propia

Figura N° 4.33.- Soldadura en campo

c) Después

- Se verifica visualmente el acabado y las dimensiones del cordón de soldadura.
- El 100% de las juntas soldadas son evaluadas a través de ensayo de ultrasonido.
- Los criterios de aceptación para la inspección visual y los ensayos de ultrasonido de la soldadura del gasoducto estuvieron de acuerdo con API Estándar 1104 o el código ASME B 31.8 Section IX.
- Al final de cada jornada, los extremos de cada tramo de tubería se tapan para evitar el ingreso de elementos extraños a la línea del gasoducto.



Fuente: Propia

Figura N°4.34.- Inspección de soldadura

4.5.2.4.2 Registro de datos de soldadura

Sobre la tubería y en el lado visible de cada junta soldada se anota el código del soldador por cada lado (izquierdo, derecho), considerando lado izquierdo/derecho el que resulte mirando en la dirección del flujo, la que contiene la siguiente información:

- Código de los soldadores izquierdo y derecho (por pase)
- Código de junta
- Fecha de soldadura
- Número de tubo
- Longitud real de cada lado del tubo

Los trabajos de soldadura que se realizan en una jornada diaria, son evaluados y registrados. Ver Anexo J.

4.5.2.5. Procedimiento de calificación de soldadores

El propósito de la prueba de calificación de los soldadores se determina con la capacidad (habilidad) de éstos, para realizar soldaduras a tope o filete con el uso de procedimientos previamente calificados.

Todos los soldadores son calificados de acuerdo al API 1104 por medio de ensayos no destructivos.

Las pruebas de calificación de soldadores se realizan usando una probeta que está dentro del grupo de diámetros y espesores a ser soldado en obra. Los soldadores ejecutan la prueba usando el procedimiento calificado de soldadura (ver anexo H).

Todos los soldadores ejecutaron para esta prueba de calificación una soldadura en toda la circunferencia de la tubería, comenzando de la parte superior hasta llegar a la inferior (descendente).

4.5.2.5.1. Examen visual

La soldadura debe estar libre de rajaduras, penetración inadecuada y otros defectos, además de tener un buen acabado.

El socavado adyacente al cordón final en el exterior del tubo es menor o igual que 1/32" de profundidad ó 12,5% del espesor de la pared del tubo; el menor valor, y no debe haber más de 2" de socavado en cualquier longitud continua de 12" de soldadura.

La soldadura a tope para calificación del soldador es examinada mediante ensayos de radiografía.

A cada soldador que pasó la prueba se le identificó con un código (estampa) para que fuera reconocido cada cordón de soldadura que realice.

Los resultados de las pruebas de cada soldador se registraron en un formato que sería emitido por la empresa calificadora. Ver Anexo K.

(a)



Fuente: Propia

(b)



Fuente: Propia

Figura N° 4.35.- Calificación de soldadores en proceso SMAW

4.5.2.6. Corte y biselado de tuberías

El biselado de tuberías es la preparación mecánica de los bordes de la tubería con la finalidad de tener una buena fusión en la soldadura entre dos tuberías adyacentes.

Para los trabajos del corte de tuberías y biselado de secciones rectas, se realizan los cortes obteniendo un buen acabado preliminar, que luego se termina utilizando esmeril y disco.

4.5.2.6.1. Corte

Cuando se genera un tramo de tubería producto del corte, se traslada el código de la tubería matriz al nuevo tramo para mantener la identificación y trazabilidad de la tubería, esto significa que en un recuadro al extremo del tubo se indica el código del tubo, fecha de corte y longitud.

- Si la soldadura de alguna junta es rechazada, después de la primera reparación, la sección de tubería donde se encuentre la junta soldada se corta.
- Para el corte de juntas soldadas se elimina la zona afectada por el calor (ZAC), producto del soldeo y el corte se realiza a una distancia mínima de 2" del eje de soldadura. Si el corte no es adyacente a la ZAC, la distancia al extremo de la tubería es la mínima y necesaria para remover el defecto.
- Si es necesario se inserta un niple con sus extremos biselados, la longitud mínima del mismo es de 02 veces el diámetro de la tubería.



Fuente: Propia

Figura N° 4.36.- Corte de tubería

4.5.2.6.2. Biselado

Durante la operación del biselado son removidos de impurezas al menos 50 mm del metal base adyacente del bisel.



Fuente: Propia

Figura N° 4.37.- Biselado de tubería

4.5.2.6.3. Inspección visual

- Se verifica que las superficies cortadas y biseladas para ser soldadas, estén libres de aceite, humedad, escamas de laminación, pintura o cualquier otra materia extraña que pueda contaminar la soldadura.
- Cuando se encuentran bordes ásperos e irregulares, estos son amolados hasta obtener un ángulo de bisel de 33 grados.
- Cuando se cortan o re-biselan accesorios o tuberías, éstos son examinados visualmente antes de soldar para detectar posibles laminaciones sobre la superficie de corte.

- Se verifica que las superficies estén libres de puntos calientes (áreas azuladas).

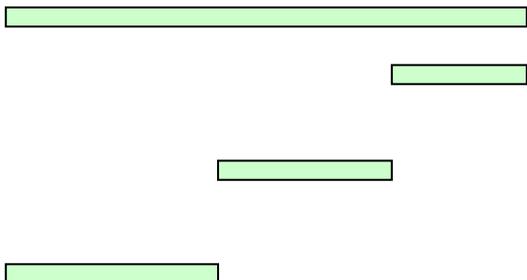
4.5.2.7 Codificación de tuberías cortadas

Cuando la longitud nominal del tubo se modifica, esta variación debe ser reflejada en los registros de "corte y biselado de tuberías". A continuación se detallan 3 casos.

Caso 1: Corte de tubería (obtención de niples)

Cuando se corta una tubería a partir del tamaño nominal, a los códigos de las partes de esta tubería se le agrega la letra "A" y "(B)", siendo "A" la tubería que esté quedando instalado en la línea y "(B)" a la tubería que esté libre (de ser el caso). La letra entre paréntesis al final del código, indica que este código de tubo es temporal y se define en el momento de su instalación.

Si luego, a la tubería "(B)" se debe hacer un nuevo corte, entonces la parte que quede instalado en la línea, tomo la letra "B" y la parte que quede suelta, la letra "(C)", y así sucesivamente, por ejemplo:

Tubería 1465 con 3 cortes	Descripción de los cortes
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tubería # 1465 (Longitud nominal = 12 m) 2. Tubería # 1465 A (Longitud de 3m definitivo) y Tubería # 1465 (B), código temporal (L= 9 m.) 3. Tubería # 1465B (Longitud de 4m definitivo) y

Caso 2: Corte de junta soldada

Cuando una junta sale rechazada y se tiene que cortar, la codificación de los dos tubos implicados se tiene dos alternativas de codificación:

1. Si las tuberías antes del corte, tienen longitud nominal; estas se codifican agregándole al código original la letra "A".
2. Si la(s) tubería(s) antes del corte tienen longitud diferente a la nominal, al código del tubo cortado se le agrega un numero correlativo que indica la cantidad de cortes de ajuste realizados en campo.

(Ejemplo: Si el tubo "A" es cortado, se le asigna al tubo resultante el código "A1", y si se vuelve a cortar por razones constructivas, se le asigna el código "A2").

Antes del corte de junta:

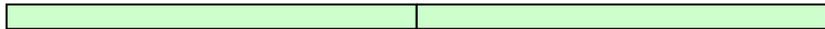
Tubo # 2156 (L= 12 m)

Tubo # 2278 (L= 12 m)



Después del corte de junta:

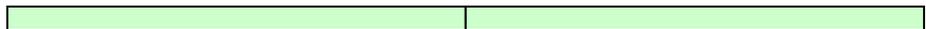
Tubo # 2156 A (L= 11,90 m) Tubo # 2278A (L= 11,90 m)



Nuevo corte o juntas soldadas previamente con tuberías
cortadas:

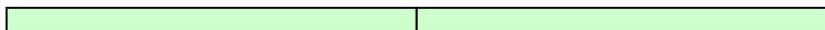
Antes del corte de junta:

Tubo # 2156A (L= 11,90 m) Tubo # 2278A (L= 11,90 m)



Después del corte de junta:

Tubo # 2156 A1 (L= 11,85 m) Tubo # 2278A1 (L= 11,85 m)



Caso 3: Corte de tubería con un extremo soldado

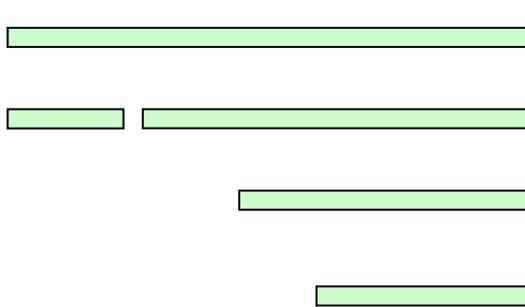
Se realiza por efecto de construcción un corte a la tubería, teniendo dos alternativas de codificación:

1. Si la tubería a cortar tiene longitud nominal, al código de la parte que queda soldada se le agrega la letra "A".

2. Si la tubería a cortar tiene longitud diferente a la nominal, al código de la parte que queda soldada se le agrega un número correlativo, que indica la cantidad de ajustes que se hizo al tubo.

Ejemplo: Si el tubo “A” se vuelve a cortar por razones constructivas, se le asigna el código “A1”, y si nuevamente se corta, se asigna el código “A2”, tal como se esquematiza

Tubería 1465 con 3 cortes



Descripción de los cortes

1. Tubería # 1465 (Longitud nominal = 12 m)
2. Tubería # 1465A (Longitud de 11,50 m soldado en la línea) y Tubería # 1465(B) (L= 0,50 m.), con código temporal
3. Tubería #1465A1 (Longitud de 11,10 m soldado en la línea)

Caso 4: Corte de tubería con extremos soldados

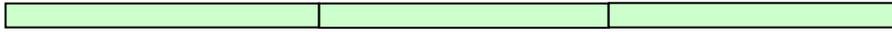
Cuando una tubería se encuentra entre dos extremos soldados y se tiene que cortar por razones constructivas, la codificación del tubo implicado tiene dos alternativas de codificación:

1. Si la tubería antes del corte, tiene longitud nominal; estas se codifican agregándole al código original la letra “A1” al tubo “a” y “A2” al tubo “b”.
2. Si la tubería antes del corte tiene longitud diferente a la nominal, al código del tubo cortado se le agrega un número correlativo que indica la cantidad de cortes de ajuste realizados en campo.

(Ejemplo: Si el tubo “B” es cortado, se le asigna al tubo resultante el código “B1” al tubo “a” y el código “B2” al tubo “b”).

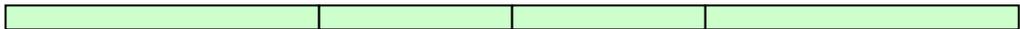
Antes del corte del tubo:

Tubo # 2156 (L= 12 m) Tubo # 3512 (L= 12 m) Tubo # 2278 (L= 12 m)



Después del corte de tubo:

Tubo # 2156 (L= 12 m) T # 3512A1 (L= 8 m) T #3512A2 (L= 4 m) Tubo # 2278 (L= 12 m)



Cuando se completa el corte y/o biselado en los extremos de una tubería, los datos relacionados con dicha actividad se registran en un formato. Ver anexo L.

4.5.2.8 Sistema de codificación de junta de soldadura

Es la forma de identificación de cada una de las juntas de soldadura que conforma la red distribución de gas natural. El sistema de codificación cumple con los siguientes criterios:

- Toda junta de soldadura tiene un código único
- El código asignado facilita en entendimiento y ubicación de la junta

En el sistema de codificación empleado es el siguiente:

Código WW/XX/YYY/ZZZ, (WW = 1^{er} grupo de identificación, XX = 2^{do} grupo de identificación, YYY = 3^{er} grupo de identificación y ZZZ = 4^{to} grupo de identificación).

Donde los grupos de identificación alfanuméricos tienen diferentes significados:

- WW: Identifica los principales frentes de acuerdo a su posición geográfica.
- XX: Identifica la línea principal y/o ramal.
- YYY: Identifica la progresiva dentro del ramal, se inicia con la progresiva 000 llegando hasta el número secuencial que permita completar la línea principal o el ramal en trabajo.
- ZZZ: Identifica el número secuencial de la junta soldada dentro del PK del trabajo.

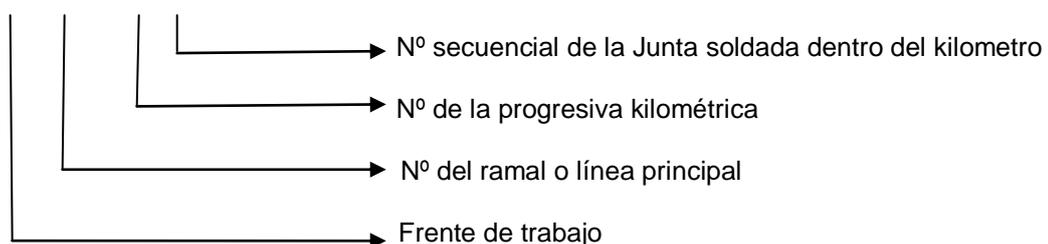
4.5.2.8.1 Código general de juntas

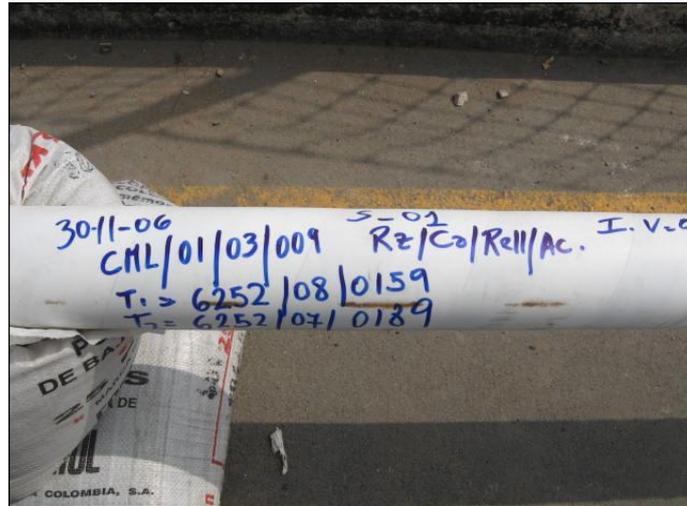
La codificación de la junta de soldadura tiene un sistema que lo hará unívoco diferenciándolo de los demás y que lo identifica durante la ejecución de todo el Proyecto y durante su vida útil.

A. Junta generada por la unión de dos tuberías

El código de la junta está formado por tres elementos

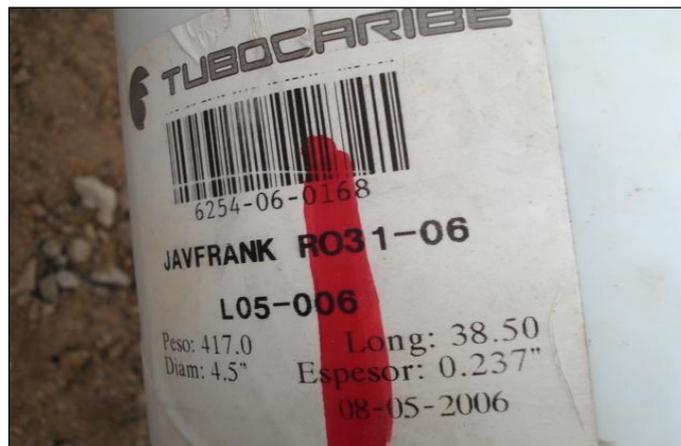
W / X / Y / Z





Fuente: Propia

Figura N° 4.38.- Codificación de junta de soldadura



Fuente: Propia

Figura 4.39.- Codificación de tubería

A. Código de junta reparada

La reparación de una junta soldada genera un código nuevo. Este código se genera aumentando al código original la letra "R".

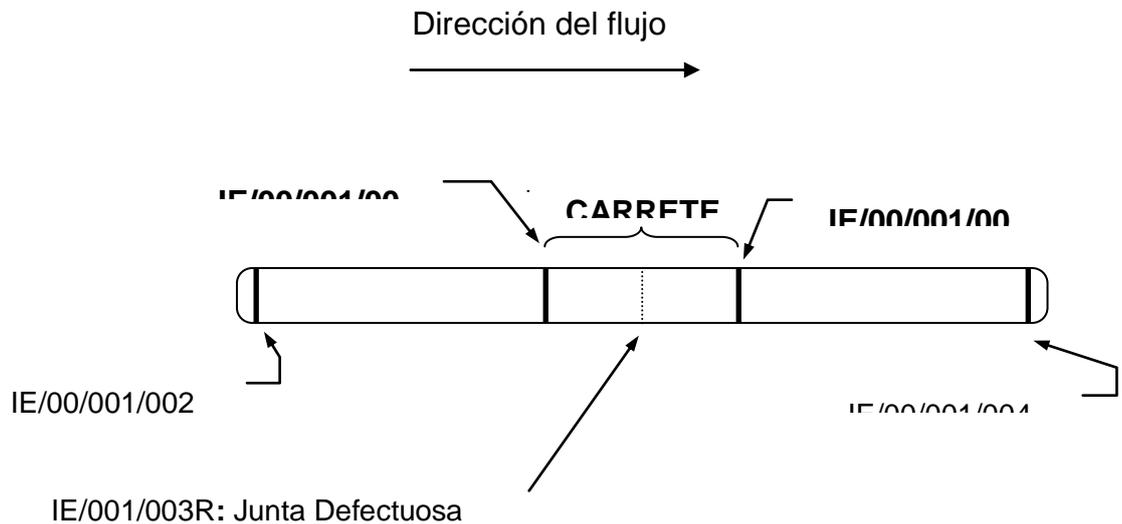
4.5.2.8.2. Juntas generadas por el corte de una unión soldada.

Debido a rechazo en la inspección por UT (ensayo No Destructivo de Ultrasonido), se presentan dos casos:

CASO 1: Inserción de un niple

En este caso se generarán dos nuevas juntas, las cuales se codifican agregándole las letras “A” o “B” al código original de la junta.

Estas dos juntas generadas son producto de la inserción de un niple en la línea de tuberías.



CASO 2: Movimiento de tuberías

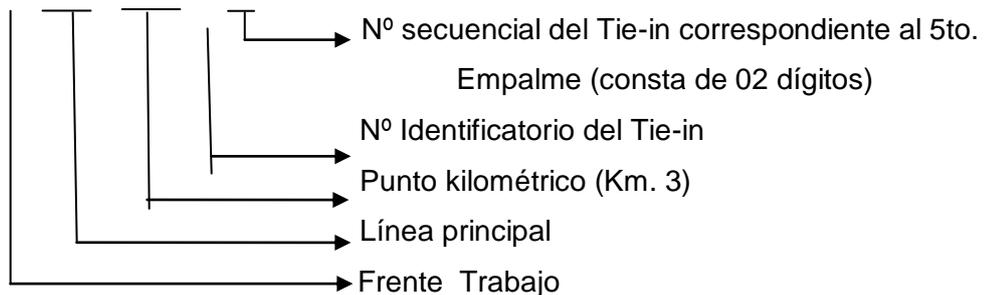
Se tiene la posibilidad de desplazar un tramo adyacente a la junta encontrada con defecto, dicha tubería se corta en una longitud de 4 pulg., como mínimo, asegurando que la junta rechazada esté en el centro del cilindro cortado, la nueva junta soldada toma el código “IE/00/001/003A”.

4.5.2.8.3. Empalme de tramos (TIE-IN)

La costura de empalme de tramos (Tie-in), se codifica manteniendo el punto kilométrico seguida del número 1, que identifica al Tie-in, más un número correlativo de dos dígitos.

Ejemplo:

IE / 00 / 003 / 105



4.5.2.9. Procedimiento para ensayos no destructivos de soldadura

Son ensayos que se utilizan para ubicar discontinuidades superficiales o internas en las uniones soldadas. Las técnicas aplicables a la ejecución de ensayos no destructivos son concordantes con lo establecido en la norma API 1104-1999.

Los cordones de soldadura en las tuberías fueron inspeccionadas desde el inicio de la preparación del bisel de tubería, hasta obtener una junta soldada que evidencie el cumplimiento de la norma API 1104-1999.

Todas las juntas son inspeccionadas al 100% .

4.5.2.9.1. Inspección por ultrasonido (UT)

Realizada la inspección visual y aprobada bajo los criterios de la norma API 1104-1999, las juntas soldadas son inspeccionadas por ultrasonido

Se realiza la inspección por ultrasonido a las juntas de soldadura, después de la inspección visual realizada previamente. Se cumple con el sentido de giro de las agujas del reloj del equipo de inspección, si se observa al tubo según el sentido del flujo del gas.

Se evalúa las discontinuidades presentes en las juntas de soldadura, de acuerdo al criterio de aceptación de la norma API 1104-1999.

Se emite el reporte de resultados y se entrega recalando las zonas que requieren reparaciones, ver anexo M.

Se re- inspecciona las juntas una vez que son reparadas y contadas con la inspección visual aceptable.



Fuente: Propia

Figura Nº 4.40.- Preparación de área a inspeccionar



Fuente: Propia

Figura Nº 4.41.- Inspección de junta de soldadura

4.5.2.9.2. Coordinaciones para la inspección por UT.

Se asigna la lista de juntas ejecutadas de cada lugar, y que son objeto de inspección por parte de la empresa de ensayos no destructivos.

Además esta lista contiene una estimación de las juntas a inspeccionar durante la misma jornada, en tanto exista tiempos disponibles dentro de la jornada de labores.

4.5.2.9.3. Seguimiento de inspección por UT

Conforme se tenga avance de los trabajos de soldadura y desde el inicio, QA/QC (control de calidad) se mantiene la trazabilidad de las juntas soldadas por soldador, basado en los reportes de ultrasonido. La información procesada por QA/QC permite evaluar el rendimiento de los soldadores. El seguimiento y control de la inspección por ultrasonido son permanentes y durante todo el proyecto.

4.5.2.10. Protección de juntas de soldadura

Elemento de protección que se instala sobre las juntas de unión soldadas o sobre las zonas dañadas del revestimiento.

Esta instalación se realiza de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

4.5.2.10.1. Ejecución

Antes de realizar el recubrimiento de las juntas de soldadura se prepara la superficie a proteger.

a) Previo al granallado

Se efectúa limpieza o retiro de grasas y/o cualquier otro material extraño, del área de metal expuesto y zona adyacente del revestimiento que fue cubierta con manta termo contraíble.

b) En el granallado

Se precalienta el metal expuesto a 60° C, siempre que las condiciones ambientales así lo ameriten.

Para la preparación de la superficie del metal de acero, se emplea escoria de cobre.

La preparación superficial del metal de acero se realiza hasta alcanzar el grado SSPC-SP 10 (Metal casi blanco).

Al realizar la limpieza con escoria de cobre, se usa un manto de plástico para receptionar la escoria residual.

Se prepara 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.



Fuente: Propia

Figura N° 4.42.- Granallado de junta de soldadura



Fuente: Propia

Figura N° 4.43.- Junta de soldadura después del granallado

La rugosidad de la superficie metálica tiene como mínimo 40 micrones.

Se controla la rugosidad mediante medidores y comparadores visuales de rugosidades que se detallan en el cuadro 4.16.

Cuadro N° 4.16.- Comparadores y medidores visuales de rugosidad

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

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

La verificación de la rugosidad por medio instrumental (2) es realizada en aquellas juntas ejecutadas durante la jornada de labor previamente seleccionada por el control de calidad (QA/QC), sea esta dentro o fuera de la zanja, y se toma en un punto cualquiera de su superficie.

Si el resultado de la prueba está dentro de lo permisible, (ver equivalencias cuadro 4.17) no se requieren realizar más pruebas por ese día, y se adosa el sticker al registro en el Item respectivo.

Cuadro N° 4.17.- Equivalencias de rugosidad de superficie

UNIDAD	RANGO DE MEDICIÓN DEL EQUIPO	VALOR MÍNIMO DE RUGOSIDAD ACEPTADO
Mills*	1,5 a 4,5 Mills	$\geq 1,6$ Mills
Micrón	37,7 a 112,5 Micrones	≥ 40 Micrones

*Mills: unidad de medida de rugosidad de la superficie.

Fuente: Manual de Construcción de Calidda



Fuente: Propia

Figura N° 4.44.- Prueba de rugosidad



Fuente: Propia

Figura N° 4.45.- Verificación de la rugosidad

Se remueve el polvo y el material remanente antes de la instalación de la manta termo contraíble.

c) Preparación del *Primer Epóxy*

Antes de colocar la manta termo contraíble se cubre la zona con un líquido llamado Primer Epóxy Raychem S 1239, para lo cual se tiene en cuenta los siguientes cuidados en su preparación:

- Se realiza el mezclado de los componentes por un tiempo aproximado de un (1) minuto, teniendo cuidado de obtener una mezcla homogénea.
- La mezcla una vez preparada tiene una duración aproximada de 30 minutos a una temperatura de 23°C.
- El Primer Epóxy se usa mientras la mezcla se encuentra líquida.
- Para un fácil mezclado y manipuleo, el primer epóxy se usa a una mínima temperatura de 18° C.
- La dosificación en el mezclado de los componentes del primer epóxy es un volumen, como lo muestra el cuadro 4.18 siguiente:

Cuadro N° 4.18

Dosificación en el mezclado de los componentes del primer epóxy

COMPONENTES	VOLUMEN
A	2
B	1

Fuente: Catálogo de instrucción de MSDS PRIMER S1239, RAYCHEM.

d) Aplicación de manta termo contraíble.

- Se precalienta la superficie del metal y del revestimiento de línea hasta alcanzar una temperatura no menor de 60° C ni mayor a 100° C para asegurar una buena adherencia.



Fuente: Propia

Figura N° 4.46.- Precalentamiento de la junta a revestir

- Se verifica la temperatura de precalentamiento con termómetro, se evita el uso de lápices o indicadores que contaminen la superficie.



Fuente: Propia

Figura N° 4.47.- Verificación de la temperatura

- Una vez obtenido la temperatura se aplica la mezcla de *primer epoxy* sobre el metal desnudo, y sobre el revestimiento de la línea adyacente a la junta, utilizando un aplicador apropiado.
- La aplicación del *primer epoxy* debe sobrepasar el ancho de la manta a instalar en aproximadamente 20 mm por lado.



Fuente: Propia

Figura N° 4.48.- Aplicación del primer epoxy a la junta a revestir

- Se verifica que la superficie donde se instala la manta termo contraíble esté totalmente recubierta y en forma homogénea con el *Primer Epoxy*.
- Inmediatamente después de la aplicación del *Primer Epoxy*, y mientras la película del *Primer* este húmeda, se coloca la manta termo contraíble, centrándola sobre la unión soldada y se envuelve flojamente, dejando una separación aproximada de 25 mm entre la tubería y la manta. El borde con los ángulos recortados debe ubicarse en las “10” o las “2”, posición del reloj en la sección de la tubería. La superposición o traslape de la junta de cierre debió ser de por lo menos 50 mm.



Fuente: Propia

Figura N° 4.49.- Colocación de la manta termo contraíble



Fuente: Propia

Figura N° 4.50.- Ajuste de la manta termo contraíble

- Se aplica el parche de cierre sobre el traslape, calentándolo en la parte del adhesivo por 1 ó 2 segundos, con fuego directo. Se coloca centrado sobre el borde expuesto en el final de la manta termo contraíble.



Fuente: Propia

Figura N° 4.51.- Aplicación del parche de cierre

- Una vez instalado en la junta de cierre (traslape) de la manta termo contraíble se calienta de un extremo a otro aplicándole una presión uniforme para asegurar una buena adherencia y eliminar el aire atrapado con el rodillo. El “tramado del tejido” del parche de cierre se muestra visible, como indicativo de que el mismo ha sido calentado hasta la temperatura mínima requerida.



Fuente: Propia

Figura N° 4.52.- Adherencia de la manta con calentamiento

- Se comienza a calentar a partir del centro de la manta termo contraíble y hacia uno de sus extremos, calentando en forma circular alrededor de la tubería en constante movimiento para evitar que la manta termo contraíble se queme y luego hacia el otro extremo. Se evita mantener la llama perpendicular a la manta termo contraíble.

(a)



Fuente: Propia

(b)



Fuente: Propia

Figura N° 4.53.- Adherencia de la manta con calentamiento

- La posibilidad de atrapar aire, se evita, pasando el rodillo sobre la manta termo contraíble, inmediatamente después de que la misma ha sido contraída sobre toda la superficie y mientras se encuentra aún caliente y blanda expulsando las burbujas de aire.



Fuente: Propia

Fuente: Propia

Figura 4.54.- Paso del rodillo por la manta termo contraíble

4.5.2.10.2. Inspección y pruebas de instalación

Se verifica la correcta instalación de la manta termo contraíble, mediante las siguientes pruebas y controles:

a) Inspección visual

La manta termo contraíble se inspecciona visualmente, comprobándose lo siguiente:

- La inspección de la junta se efectúa luego que la manta termo contraíble y la tubería han alcanzado una temperatura de 23° C.

- El perfil del contorno de la soldadura debe ser identificable a través de la manta termo contraíble.
- Los extremos de la manta termo contraíble queda firmemente adheridos al revestimiento de línea.
- No existen extremos levantados.
- Observan que el adhesivo termoplástico fluye por ambos extremos de la manta termo contraíble.
- La manta termo contraíble debe presentar un aspecto uniforme, no debiendo existir huecos, puntos fríos, burbujas, cortes, quemaduras ó agujeros.
- En los casos que se presente bolsas de aire, la instalación de la manta es aceptable cuando cumple simultáneamente las siguientes condiciones:
 - ✓ La dimensión de algunos de estos defectos no excede los 10 cm².
 - ✓ La sumatoria de dichos defectos sea menor a un 5% de la superficie cubierta por la manta.
- No existe signos de elementos extraños atrapados en el adhesivo debajo de la manta termo contraíble.
- La superposición de la manta termo contraíble sobre el revestimiento de línea adyacente es de por lo menos 50 mm en cada extremo.
- Se movilizan las secciones con mantas instaladas luego de efectuada la prueba de adherencia de modo satisfactorio, toda esta actividad se registra diario. Ver anexo N.



Fuente: Propia

Figura N° 4.55.- Manta instalada en la junta de soldadura

b) Prueba de adherencia

Para efectuar la prueba se tuvo las siguientes consideraciones:

- El ensayo se efectuó a la mañana siguiente de aplicación de la manta termo contraíble, considerando para el ensayo en el tiempo recomendado de 15 horas.
- Si por fuerza mayor se requirió manipular los varillones con revestimiento, se realiza la prueba de adherencia a una muestra del grupo afectado.
- La frecuencia del ensayo es una prueba por trabajo ejecutado en una jornada el ensayo lo realiza el revestidor calificado.
- La inspección de adherencia se verifica a una temperatura de la manta termo contraíble de 23 °C (ambos, tubería y manta termo contraíble, a la misma temperatura).

- Se cortaron 2 tiras de 25x120 mm, perpendicularmente al eje de la tubería con una navaja (posición de inicio: horaria de 9 ó 3), una en el área que se encuentra entre la soldadura circunferencial y el revestimiento de línea, y otra sobre el revestimiento de línea.
- Se removieron manualmente los primeros 30-40 mm del borde de la tira, utilizando un destornillador y donde se coloca la grapa.
- Se ajusta el dinamómetro para la realización de la prueba de adherencia, al borde de la tira de prueba y se instala la grapa para la prueba respectiva.
- Tomando el dinamómetro con ambas manos, se emplea una fuerza firme de 3 kg, con un ángulo de 90° con respecto a la circunferencia de la tubería, manteniendo la carga por 60 segundos. La distancia de desprendimiento no supera los 100 mm, siempre manteniendo el sentido del ángulo de tirado. Si el resultado es positivo, se adosa un sticker al registro, en el Ítem respectivo.
- Si la prueba de adherencia resulta con valores de desprendimiento superiores a los 100mm, esto indica que la manta queda invalidada; en estos casos se procede a realizar la prueba a otra manta de la misma jornada y del mismo equipo de instaladores, y se decide lo siguiente:
 - ✓ Si el resultado es lo mismo, se procede a efectuar el ensayo sobre todas las mantas instaladas por el mismo equipo y en la misma jornada de trabajo.
 - ✓ Si el resultado está dentro de lo permisible en la segunda manta, se validan las mantas instaladas.



Fuente: Propia

Figura N° 4.56.- Prueba de adherencia



Fuente: Propia

Figura N° 4.57.- Desprendimiento de manta



Fuente: Propia

Figura N° 4.58.- Reparación de la manta desprendida



Fuente: Propia

Figura N ° 4.59.- Reparación de la manta desprendida



Fuente: Propia

Figura N° 4.60.- Colocación del parche de reparación



Fuente: Propia

Figura N° 4.61 .- Terminación de colocación del parche de reparación

Una vez que la instalación y/o reparación de mantas este terminado, se realiza la prueba de "Holiday Detector".

4.5.2.10.3. Holiday Detector (Detector de Porosidad)

El voltaje de detección máximo recomendado es de 5kV por cada mm de espesor del recubrimiento mas 5kV.

Si existe un defecto, se marca el orificio con un marcador adecuado, como tiza, crayola, para identificar el área que luego será reparada. Se confirma que la reparación es aceptable utilizando un Holiday Detector.



Fuente: Propia



Fuente: Propia

Figura N° 4.62.- Revisión del revestimiento con holiday detector

4.5.2.11. Reparación de recubrimiento

Todos los tubos que salen de la planta deben tener un recubrimiento sano, sin defectos o poros en el 100% de su superficie. Los tubos que durante el proceso de recubrimiento u operaciones de manipulación y almacenamiento muestren daños en el recubrimiento, son sometidos a reparación.

En las reparaciones del recubrimiento se debe tener cuidado, que la zona a ser reparada debe presentar una superficie rugosa sin brillo, tal que permita una buena adherencia, la que se obtiene por medios mecánicos (lijado, limado, y/o esmerilado) especialmente cuando se aplique parche.

4.5.2.11.1. Sistema de reparación de SOCORIL

Los daños y defectos que se encuentran en el revestimiento son evaluados según los criterios mostrados en los cuadros N° 4.19 y 4.20.

Cuadro N° 4.19

I. DEFECTOS QUE NO ALCANZAN AL METAL			
TAMAÑO DEL DEFECTO	LONGITUD DEL DEFECTO	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	TIPO DE REPARACIÓN
Menores de 100 cm ²	-	≥ 70% de lo especificado	Ninguno
Hasta 300 cm ²	Máximo: 50 cm	< 70% de lo especificado	Perp Melt Stick
Hasta 2 cm de ancho	Perímetro <ul style="list-style-type: none"> Máximo todo el perímetro. Longitudinal <ul style="list-style-type: none"> 30 cm de longitud máxima 	< 70% de lo especificado	Manta termocontraible-Raychem

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

Cuadro N° 4.20

II. DEFECTOS CON EXPOSICIÓN DE METAL			
TAMAÑO DEL DEFECTO	LONGITUD DEL DEFECTO	ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	TIPO DE REPARACIÓN
Hasta 200 cm ²	Máximo: 15 cm	< 70% de lo especificado	Perp de reparación y Mastic N° S1137
De 200 cm ² a más	Perímetro <ul style="list-style-type: none"> Máximo todo el perímetro. Longitudinal <ul style="list-style-type: none"> 30 cm de longitud máxima 	< 70% de lo especificado	Manta termocontraible-Raychem

Fuente: Manual de Construcción de Calidda

Se inicia el proceso de reparación limpiando el área dañada de grasa, aceite, agua o polvo y/o como indica el fabricante en su instrucción técnica del producto que se utiliza en la reparación. Una vez terminado, se prueba el área con un Holiday Detector, ver anexo F.



Fuente: Propia

Figura N° 4.63.- Daños detectados en el revestimiento

(a)



Fuente: Propia

(b)



Fuente: Propia

Figura N° 4.64.- Reparación de los daños encontrados en el revestimiento

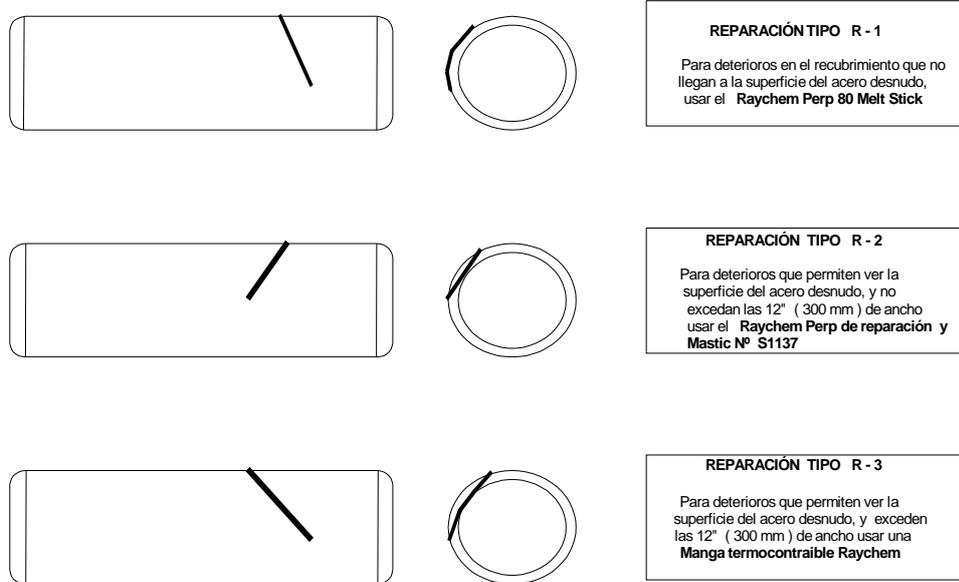
4.5.2.11.2. Sistema de reparación RAYCHEM

Para ejecutar la reparación sobre el revestimiento de polietileno deteriorado se realiza los siguientes pasos:

- Para deterioros pequeños que no llegan a la superficie de acero desnudo, usar el Raychem PERP MELT STICK.
- Para deterioros prolongando al metal desnudo y no excediendo 12” (300mm.) de ancho, usar el SISTEMA Raychem PERP de Reparación y mastic S 1137.
- Para deterioros mayores a 12” (300 mm), se usa una Manta termocontraíble Raychem.

Analizando el tamaño del deterioro por diámetro del tubo, se recomienda usar Raychem PERP Sistema de Reparación, si el deterioro es hasta 25% del perímetro del tubo. Si es más grande, entonces se utiliza una manta termo contraíble, ver en el dibujo siguiente (figura 4.66 (a,b,c)).

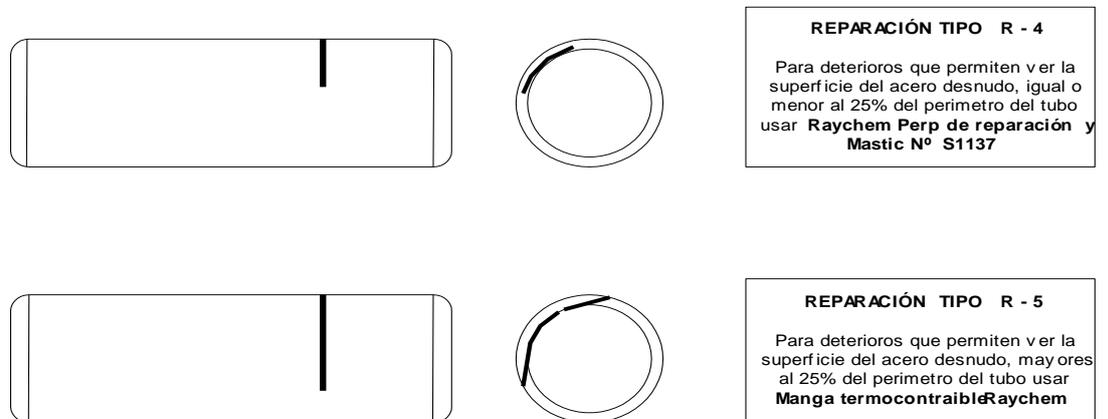
**CRITERIO PARA REPARAR RECUBRIMIENTO DE TUBERIA
EN RELACIÓN A LA EXPOSICIÓN DEL ACERO DESNUDO**



Fuente: propia

Figura N° 4.65 (a) .- Sistema de reparación raychem

**CRITERIO PARA REPARAR RECUBRIMIENTO DE TUBERIA
EN RELACIÓN AL DIAMETRO DEL TUBO**



Fuente: propia

Figura N° 4.65 (b).- Sistema de Reparación Raychem

**CRITERIO PARA REPARAR RECUBRIMIENTO DE TUBERIA
EN RELACIÓN A LA EXPOSICIÓN DEL ACERO DESNUDO**

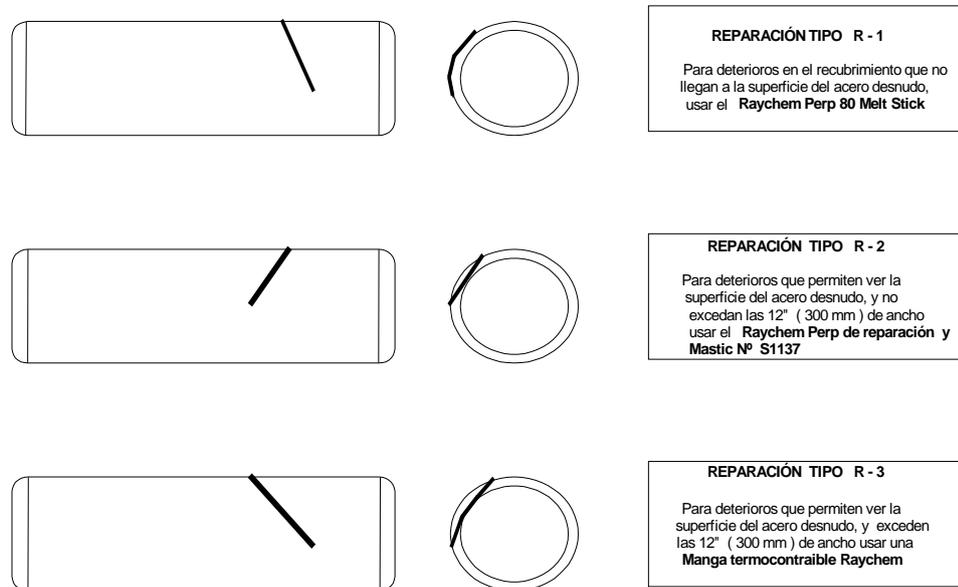


Figura Nº 4.65 (c).- Sistema de Reparación Raychem

Los mismos criterios son usados en el caso de análisis del deterioro por su área. Si el deterioro es de un 25% de la superficie del tubo para una longitud de tubo dado, se recomienda usar el Raychem PERP Sistema de Reparación. Si es más grande, entonces una manta termo contraíble es utilizada.

Realizadas las reparaciones el tiempo necesario para proceder a manipular o bajar la tubería fue el siguiente:

- Pert melt Stick y/o Mastic S 1137 (parche): se deja enfriar en forma natural hasta que se alcance la temperatura de 45C^o, y luego proceder a enfriar con agua hasta reducirla a 30 C^o, logrado ese objetivo la tubería puede ser manipulada.
- Manta: Para proceder a tapan la tubería se debe contar con los ensayos de adherencia aprobados.

4.5.2.11.3. Registro de datos

Las instalaciones de mantas termo contraíble efectuadas diariamente son verificadas y registradas (ver anexo J), manteniendo de esta manera un control sobre todas las juntas de soldadura protegidas.

Las reparaciones de tuberías o líneas efectuadas en el día son registradas (ver anexo F), indicando en el recuadro de observaciones la progresiva referencial del tramo inspeccionado (Holiday Detector).

4.5.2.12. Reparación de juntas

Es el trabajo mediante el cual se procede a sustituir aquellas zonas del cordón de soldadura que por las evidencias objetivas ha sido indicada como no conforme.

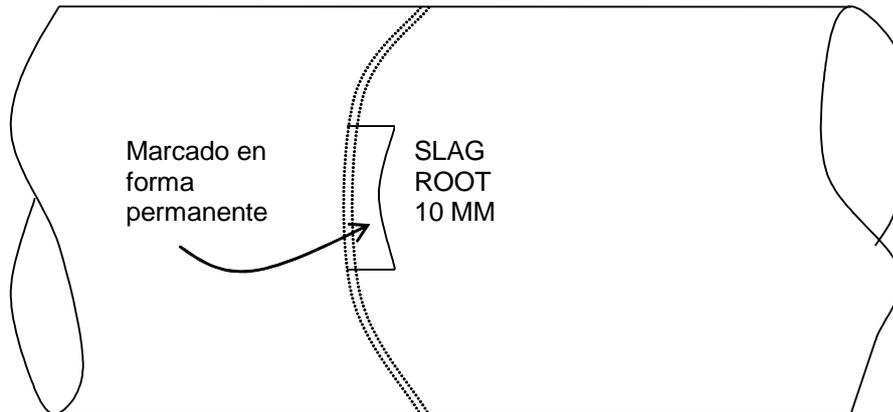
4.5.2.12.1. Ejecución

El personal de END (ensayos no destructivos), que identifique defectos de soldadura, marca con marcador de metal la zona con defecto indicando:

- El tipo de defecto (escoria, falta de fusión, etc)
- La Ubicación y longitud del defecto.
- La profundidad y el cordón donde se encuentre (raíz, caliente, relleno o acabado)

La figura N°4.65, muestra un ejemplo del marcado de defectos.

El soldador que realiza la reparación se guía de las marcas dejadas en las tuberías a reparar teniendo en cuenta los reportes de END. Además todos los datos de reparación se consignan en los reportes de END.



Fuente: A partir de la norma API 1104-1999.

Figura N° 4.66.-

Forma de dejar marcado cuando se detecta un defecto en la soldadura

4.5.2.12.2. Remoción del defecto

Es el proceso de eliminación de la zona que ha sido calificada como defecto.

a. Defectos en el relleno o refuerzo

a.1 Defectos con longitudes superiores al 30% del perímetro

Si la extensión de la reparación excede el 30% del perímetro de la costura soldada se efectúa un corte completo del cordón de soldadura. Se coloca un injerto de un tramo de tubería cuidando que su longitud sea 2 veces el diámetro de tubería como mínimo.

a.2 Defectos con longitudes inferiores al 30% del perímetro

En estos casos se procede a remoción localizada para lo cual se usa piedras de disco esmeril, esta acción es en un sector que asegure que se ha eliminado la zona defectuosa.

Se procede al precalentamiento del acero a 120°C.

Seguidamente se procede con la soldadura de acuerdo con el EPS (Especificación de Procedimiento de Soldadura) de reparación correspondiente.

b. Defectos en la raíz

b.1 Defectos con longitudes superiores al 20% del perímetro

Si la longitud acumulada de defectos supera el 20% del perímetro de la junta, se procede tal como indica el punto a.1.

b.2 Defectos con longitudes inferiores al 20% del perímetro

En los casos de defectos cuya longitud acumulada es inferior al 20% del perímetro, se abren con discos de piedra de $\varnothing 7''$ x 4 mm hasta alcanzar una profundidad que quede un espesor de pared de aproximadamente 2mm, luego se termina de abrir la raíz utilizando una sierra de mano o disco de piedra de espesor no mayor de 2 mm.

c. Restricciones

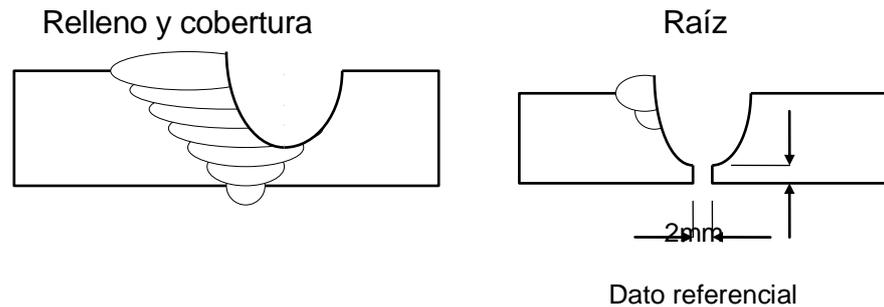
c.1 La separación entre 2 reparaciones consecutivas debe ser como mínimo 50mm para ser reparadas individualmente.

c.2 Toda la reparación es soldada en un sólo ciclo térmico.

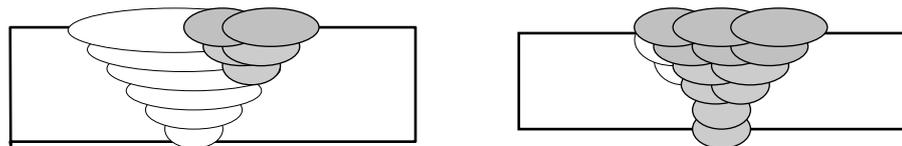
c.3 Todas las pasadas de soldadura se realizan en forma totalmente acordonada

c.4 No está permitido una segunda reparación. Si en la inspección por END de la primera reparación, persiste el defecto, entonces se procede al corte de la junta.

a. Esquema de la preparación



b. Secuencia de pasadas



Fuente: A partir de la norma API 1104-1999.

Figura N° 4.67.- Detalle de la preparación y reparación

Si se tiene la posibilidad de desplazar un tramo adyacente a la junta encontrada, con defecto dicha tubería es cortada en un cilindro de 4 pulgadas de longitud como mínimo, asegurándose que la junta rechazada esté en el centro del cilindro cortado.

La reparación de juntas se reporta mediante un registro, ver anexo O.

4.5.2.13. Procedimiento de Pearson Test

Ensayo no destructivo para detectar fallas en el recubrimiento de tuberías y accesorios. Se basa en el envío de señales eléctricas hacia el objeto metálico. La energía de la señal pasa al suelo por medio de “fugas de energía” a través del metal desnudo o contacto del tubo con metales en el relleno de tapada. La ubicación de estas “fugas” es detectada por un equipo adecuado. Cada “fuga de energía” indica una falla en el revestimiento.

4.5.2.13.1. Ejecución

Inspección de la protección del recubrimiento de tubería, después de un relleno.

- Después de un relleno parcial (primera capa de arena) de la zanja sobre el conducto y antes de la restauración del sitio (pavimentación), se lleva a cabo la inspección del recubrimiento de tubería, empleando el método denominado “Pearson Test”.
- Para que éste método pueda aplicarse con continuidad y sin inconvenientes, se deja libre los extremos de las secciones a ser verificadas y asegurar la posibilidad de realizar conexiones eléctricas. Además de asegurar el acceso y la estabilidad de las zanjas.
- Se humedece el relleno de zanja (arena) con el empleo de agua.
- A través de esta prueba se verifica que no exista fallas de cobertura, en donde se presenta el metal desnudo, en contacto con el suelo circundante o con metales de objetos extraños.
- La falla de cobertura (metal desnudo), una vez detectada, es marcada en el terreno con pintura y/o estacas apropiadas, las referencias son

reportadas (ver anexo P), en este se sustenta la excavación de la zanja para efectos de reparación.

- Las secciones de tubería a ser inspeccionados son definidas en terreno por el operador a partir del alcance del receptor de la señal emitida y no supera los 2000 m de longitud.



Fuente: Propia

Figura N° 4.68.- Inspección del recubrimiento de tubería mediante el Pearson Test



Fuente: Propia

Figura N° 4.69.- Equipo Pearson Test

4.5.2.14. Instalación de puntos de control.

Para monitorear el potencial de la tubería, se instalan estaciones cada 500 m. a lo largo de la línea de tubería.

Cada punto de control se identifica con un código y se verifica que se construya y realicen las pruebas de acuerdo a con las siguientes especificaciones. Ver anexo Q:

a. Cajas de toma de potencial

Se verifica que las cajas de toma de potencial sean instaladas en todos los puntos indicados. Estas cajas son instaladas en estructuras de concreto a lo largo de la línea.

b. Conexión de cables

Se emplean cables # 8 AWG (1 x 10 mm²), de aislamiento doble.

c. Soldadura entre el cable y tubería de gasoducto

La unión entre cable y tubería es a través de soldadura exotérmica de cobre/aluminio, tipo cadweld brand usando un molde de grafito N° CAHM-IG y CA15. Se procede con la soldadura de acuerdo a las recomendaciones del proveedor del cadweld.

d. Aislamiento de la soldadura

Es un compuesto de material dieléctrico tipo Royston Handy Cap2, impregnado con adhesivo Rosyton roybond 747, para asegurar un perfecto aislamiento entre la soldadura y la tierra, para un periodo de vida útil de 20 años.

e. Soldadura exotérmica

La soldadura exotérmica se basa en un proceso fuertemente exotérmico, de reducción del óxido de hierro por el aluminio, el óxido de hierro y el aluminio, finamente molidos, que integran la porción de soldadura, la cual se dispone dentro de un crisol situado encima de la tubería mediante un molde refractario colocado en los extremos del cable y la superficie de la tubería, la cual estaba limpia y libre del recubrimiento. Una vez iniciada la reacción el proceso es muy rápido, y el material fundido fluye dentro del molde, de manera rápida, quedando tanto el extremo del cable como la tubería unidos firmemente.

Para el proceso de soldadura se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El molde debe ser el adecuado para el cable que se está instalando.
- Cuidar que el extremo del molde no tenga hebras sueltas.
- Se coloca el cable dentro del molde, y queda cerrado perfectamente.
- Verter el polvo de soldadura en la abertura superior del molde según lo indicado por el fabricante. Se recomienda 15 g de carga.
- Encender el fósforo y echar dentro de la abertura superior del molde y cerrarlo inmediatamente.
- Esperar de 15 a 30 segundos antes de abrir completamente el molde, se cubre la soldadura con HANDICAPS y se retira la escoria.

f. Protección catódica

Es el método de reducir o eliminar la corrosión de un metal, haciendo que, la superficie de éste, funcione completamente como cátodo cuando se encuentra sumergido o enterrado en un electrolito. Dentro del presente

proyecto esto se logra haciendo que el potencial eléctrico del metal a proteger se vuelva más electronegativo mediante la aplicación de una corriente directa a través de una fuente DC externa (corriente impresa).



Fuente: Propia

Figura N°4.70.- Soldadura Cadweld



Fuente: Propia

Figura N° 4.71.- Poste de protección catódica



Fuente: Propia

Figura 4.72.- Poste de señalización

4.5.2.15. Procedimiento de prueba hidráulica

La prueba hidráulica se realiza según la norma ASME B31.8- 1999 (ver anexo A), esta prueba se divide en dos etapas: prueba de resistencia y prueba de hermeticidad.

Se mantiene la presión interna superior a la presión normal o máxima de operación en toda la tubería, correspondiente a 30 bar, en condiciones de no flujo y durante un periodo de 32 horas, utilizando agua como medio de prueba.

La finalidad de esta prueba es demostrar la inexistencia de fugas así como de asegurarse que la tubería es lo suficientemente resistente para funcionar bajo las condiciones normales de operación.

La prueba consiste en un ensayo de presión controlada con manómetros e instrumentos registradores de presión y temperatura, los cuales tienen certificado de calidad.

Para realizar la prueba hidráulica se suelda los cabezales con sus accesorios (bridas, nipples), en ambos extremos de la línea. El valor de la presión de prueba del cabezal y accesorios es de 1,25 veces la presión máxima de prueba programada para la tubería (37,5 bar) de acuerdo al código ASME B31.8.

Al agua que ingresa y sale de la tubería, se le realiza los siguientes análisis:

- P.H., rango de aceptación de 6 a 8.
- Cloruros máximos, aceptación 200 p.p.m.
- Sulfatos máximos, aceptación 250 p.p.m.
- Sólidos en suspensión máxima, aceptación 50 p.p.m.

Esto conforme con el Estudio de impacto ambiental (EIA) y el plan específico de Gestión Ambiental de obra (PEGAO).

4.5.2.15.1. Limpieza preliminar

Antes de la prueba hidráulica se realiza una limpieza previa, para expulsar, cualquier material extraño que haya quedado dentro de la línea, durante la etapa de construcción. Teniendo en cuenta el perfil de elevación de la línea de tal forma que el cabezal de envío este instalada en el extremo más bajo y la de recibo en el otro extremo del tramo.

Una vez montados los cabezales se inyecta aire mediante un compresor, con la finalidad de desplazar los diferentes pigs correspondientes a esta etapa, controlando su velocidad mediante la apertura y cierre de las válvulas para asegurar el desplazamiento controlado de los elementos de limpieza. Los pasajes de los pigs son tantas veces como sea necesario para obtener un

grado de limpieza aceptable del aire expulsado. Una vez terminado cada pasaje de estos pigs, se retiran todos los objetos que este pudiera haber arrastrado, y se continúa con el proceso.

El paso de estas espumas son registradas.



Fuente: Propia

Figura N° 4.73.- Limpieza preliminar

4.5.2.15.2. Prueba de resistencia

La prueba de resistencia tiene una duración de 8 horas. Es una prueba que se realiza con la finalidad de comprobar el comportamiento mecánico del tramo liberado.

La presión de prueba hidráulica máxima es 1,5 veces la presión de diseño. Dicho valor se registra en el punto de mayor cota. Según la siguiente fórmula, donde P1 es la presión registrada en el cabezal de prueba.

$$P_{\text{máximo}} = P1 + \gamma \times \Delta h \text{ (bar)}$$

El valor mínimo de la presión es calculado en el punto más alto.

4.5.2.15.3. 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, de demostrar la inexistencia de fugas en la tubería. La presión de prueba se mantiene durante veinticuatro (24) horas. Ningún tramo de tubería es sometido a prueba de hermeticidad si es que antes no es sometido a la prueba de resistencia

4.6. SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE

Este manual forma parte del requerimiento para la ejecución del ramal de gas para la empresa Minera Luren. Para la evaluación del Manual se toma en cuenta lo establecido en el Manual de Seguridad, Salud y Medio Ambiente de CALIDDA.

4.6.1 Responsabilidades y funciones:

Durante la ejecución del proyecto cada persona está involucrada según el cargo que ocupa, y debe cumplir con ciertas responsabilidades y funciones.

Están involucrados:

GERENCIA GENERAL

- Asignar los recursos necesarios para el desarrollo del programa.
- Liderar en forma visual en compromiso de la prevención en obra.
- Realizar las reuniones de coordinación con la supervisión del proyecto para mantener la efectividad del programa.

- Conocimiento y aplicación de normativas y leyes, en el desarrollo del Proyecto.

DIRECTOR DE OBRA

- Liderar y hacer cumplir el contenido del programa, manifestando un compromiso visible con las políticas de Seguridad, Salud y Preservación del Medio Ambiente
- Realizar reuniones con los supervisores diariamente, para examinar las condiciones preventivas, políticas generales y situaciones específicas del desarrollo del Proyecto.
- Brindar un liderazgo y directivas para el desarrollo de actividades preventivas.
- Realizar en conjunto con la supervisión, auditorías del área de trabajo.
- Examinar los informes de accidentes para mantenerse informado del récord del trabajo e insistir de que se tomen las medidas apropiadas cuando las tendencias son desfavorables.

INGENIERÍA Y DISEÑO

- Conocer las normativas nacionales relacionadas al proyecto y aplicarlas en el diseño.
- Verificar el cumplimiento de la normativa a través de los procedimientos de tarea.

INGENIERO DE CAMPO

- Liderar con el ejemplo visual el compromiso por la prevención de riesgos durante el desarrollo del proyecto
- Verificar el cumplimiento de los AST en la realización de las tareas

- Dirigir las reuniones diarias de cinco minutos
- Mantener la existencia los recursos necesarios para el control de riesgos.
- Responsable del cumplimiento del programa de capacitación.

SUPERVISOR DE INSTALACIONES MECÁNICAS/CIVILES

- Liderar con el ejemplo visual una actitud proactiva en la prevención de riesgos.
- Capacitar en las tareas al personal para que el trabajo salga bien hecho.
- Mantener una comunicación activa durante el desarrollo de los trabajos.
- Investigar de inmediato la ocurrencia de todo tipo de incidentes y elaborar el reporte respectivo.

SUPERVISOR DE SEGURIDAD

- Monitorear y asesorar a los líderes del proyecto para el desarrollo efectivo de los planes preventivos.
- Verificar a través de observaciones el cumplimiento de procedimientos, prácticas, reglas y normativas legales durante el desarrollo de los trabajos.
- Coordinar con el Ingeniero de Campo todas las actividades consideradas en el plan de prevención.

SUPERVISOR DE CALIDAD

- Participar activamente en la identificación y control de los riesgos y coordinar las tareas de calidad con los líderes del Proyecto.
- Comunicar al Ingeniero de Campo la presencia de condiciones sub estándares detectadas para su corrección oportuna.

TRABAJADORES

- Son responsables de observar los procedimientos y prácticas estandarizadas para cada tarea, de igual manera los procedimientos de trabajo sugeridos por la empleadora, previa evaluación.
- Se aplican la prevención a través de un análisis grupal previo a cada tarea asignada, para ello se requiere conocimientos, habilidad, motivación, compromiso y responsabilidad dinámica
- Para el análisis previo a la tarea se requiere de cada uno de los miembros del equipo de trabajo tengan creatividad, iniciativa, experiencia, optimismo y pro actividad.
- El trabajador está comprometido con el mejoramiento continuo de sus conocimientos para el desarrollo de las tareas.
- Se utiliza los equipos de protección personal de acuerdo al tipo de tarea a ejecutar y mantenerlos en condiciones óptimas de uso.

4.6.2. Seguridad industrial – prevención de accidentes

Una investigación efectiva nos permitió establecer con precisión lo que exactamente aconteció, identificando las causas reales, además nos proporciona la base para decidir la probabilidad de recurrencia y el potencial de pérdida. El desarrollo de controles nos permite minimizar o eliminar un problema.

Se hace la investigación de cualquier pérdida de forma oportuna y exhaustiva, esto incluye lesiones, daño de materiales, daño a la propiedad, daños ambientales, de incendios, paralización de los procesos.

El supervisor inmediato es el responsable de la investigación de accidentes/incidentes, tan pronto sea comunicado del caso, de igual manera el trabajador tiene la obligación de informar a su supervisor, de inmediato todo tipo de incidentes.

PROCEDIMIENTO DE INTERVENCIÓN EN CASO DE ACCIDENTE

- La persona que observo la emergencia debe proceder a comunicar el evento
- Activar el plan de contingencias según sea el caso
- Al ver o recibir información de un incidente el supervisor debe concurrir de inmediato al lugar, hacerse cargo de la situación y dar instrucciones precisas al personal correspondiente.

INVESTIGACIÓN DE LOS ACCIDENTES:

- Reunir toda la información pertinente relacionada con el incidente.
- Analizar las causas inmediatas (actos y condiciones sub estándares) que permitieron el contacto, las causa básicas (factores personales y de trabajo) que intervinieron en cada acción y condición.
- Desarrollar y tomar medidas correctivas de tipo preventivo que comprenda la falta de control.
- Cada investigación es revisada por el nivel superior de la administración, para que sea resuelto los problemas.
- Seguimiento para velar que las acciones tomadas se cumplan.
- Detalles de las circunstancias del accidente.
- Determinar las causas inmediatas (actos y condiciones sub estándares).

- Se analiza las causas básicas del incidente (factores personales y factores de trabajo).
- Verificar la efectividad de los elementos de control aplicados.
- Determinar las medidas correctivas apropiadas y asignar la responsabilidad a quien corresponde, con la finalidad de controlar su repetición.

MANEJO A LA DEFENSIVA

- Condujeron vehículos de la empresa solo aquellas personas autorizadas.
- Constituye un acto sub estándar de posibles graves consecuencias el subir o bajar de un vehículo en movimiento así mismo, está prohibido bajar del vehículo cuando no está completamente detenido.
- El chofer de un vehículo es responsable de la condición del mismo y debe reportar cualquier defecto que encuentre en el vehículo al Ingeniero de campo, quién se encarga de ordenar las reparaciones que sean requeridas. Solo se permite conducir vehículos que se encuentren en perfecto estado de operación.
- Si tuviera necesidad de estacionarse a un costado de la carretera hágalo en un lugar seguro donde no haya peligro para otros vehículos.

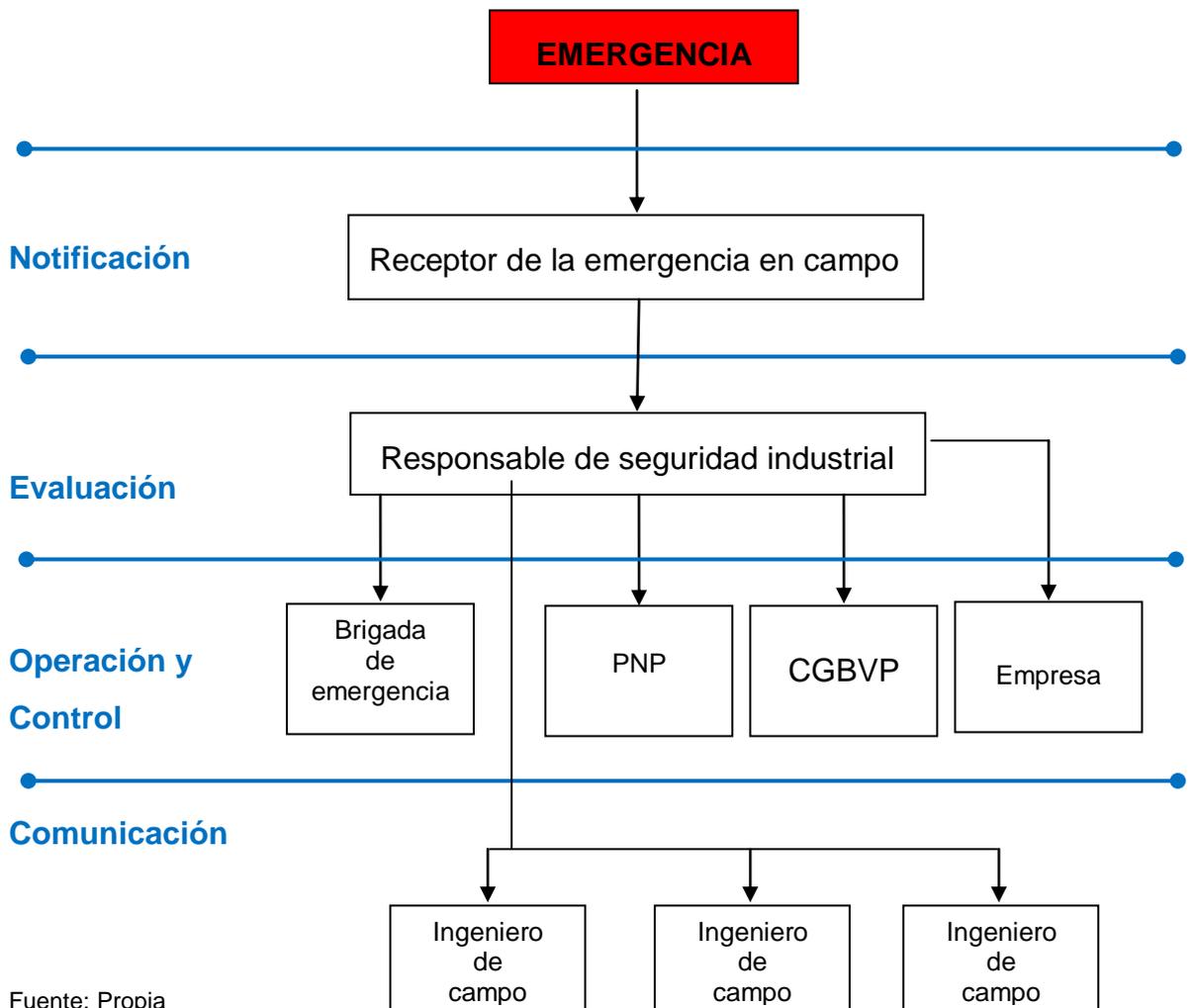


Figura N° 4.74.- Flujograma para Accidentes e Incidentes

4.6.3. Índices de seguridad

Mensualmente dentro de los 15 primeros días calendarios de cada mes, se realiza el informe de índice de seguridad.

Índice de Frecuencia (IF). Número de accidentes de trabajo multiplicado por un millón, dividido por el número de horas efectivamente trabajadas

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ Accidentes} \times 1',000,000}{\text{Horas Hombre Trabajadas}}$$

Índice de Severidad (IS). Número de días de ausencia luego de un accidente de trabajo multiplicado por un millón, dividido por el número de horas efectivamente trabajadas.

$$IS = \frac{N^{\circ} \text{ Días perdidas o Cargados} \times 1'000,000}{\text{Horas Hombre Trabajadas}}$$

Índice de Accidentabilidad (IA). Es el producto del índice de frecuencia con el índice de severidad, dividido entre mil.

$$IA = \frac{IF \times IS}{1000}$$

4.6.4. Higiene industrial, prevención y control de enfermedades

Se identifica los posibles riesgos que se originan en el trabajo dentro de los diferentes actividades que se realizaron.

4.6.4.1. Identificación y Evaluación de Riesgos a la Salud

Los métodos empleados para la identificación de estos riesgos son a través de las inspecciones, observación del trabajo, comunicaciones interpersonales y grupales en todas las áreas de operaciones.

4.6.4.1. Identificación de Peligros Químicos. Se considera los siguientes:

- Presencia y cantidad de cualquier sustancia química
- Rotulado con etiqueta, rombo de peligros y disponer de Hoja de datos de seguridad (MSDS)

- Almacenamiento de envases a presión, tanques de líquidos o gases tóxicos e inflamables separados de fuentes de ignición, metales calientes u otras superficies artificialmente calientes.
- Tanques y barriles deben estar contruidos de material apropiado
- Disponer de ambientes que eviten la corrosión de recipientes.
- Los gabinetes de almacenamiento de estos materiales deben ser ventilados y resistentes al fuego.
- Separación de materiales para evitar reacciones por incompatibilidad.

4.6.4.2. Identificación de peligros físicos. Se considera los siguientes:

- Una medición técnica del nivel de ruido en todas las áreas, para verificar exposiciones superiores al valor límite de exposición de los trabajadores.
- Las medidas de control contra fuentes de radiación ultravioleta de la soldadura, como pantallas de protección ignífugas.
- El nivel de iluminación apropiada.
- La vibración total de cuerpo, así como la vibración parcial, determinando la fuente que puede ser operación de equipo móvil, herramientas manuales como esmeriles, taladros.
- Las temperaturas extremas que pueden causar reacciones físicas adversas.

4.6.4.3. Identificación de peligros ergonómicos. Se considera los siguientes:

- Control de movimientos direccionales.
- Diseño del lugar de trabajo.

- Riesgos psicosociales asociados al ambiente laboral.

4.6.5. Prevención y control de incendios

Se adopta un enfoque hacia la prevención de incendios, propiciando la participación activa de todos a fin de estar protegidos contra un incendio potencialmente devastador.

4.6.5.1. Gestión de riesgos

El solo hecho de estar alerta a las situaciones comunes que puede dar lugar a un incendio en el trabajo y tener en cuenta las responsabilidades siguientes, ayuda a garantizar la seguridad de todos los trabajadores del proyecto.

4.6.5.2. Prevención y fuentes de ignición

Se especifica las actividades a tomar en cuenta en los trabajos de riesgo.

- Soldadura y Corte
- Llamas abiertas
- Superficies calientes
- Electricidad estática
- Orden y limpieza

4.6.5.3. Factores de incendio

En caso de incendios se debe tener en cuenta los procedimientos de seguridad siguientes.

Como apagar incendios menores

- Clase A: apagar el fuego de combustibles comunes usando extintor de agua y polvo químico seco de uso múltiple.
- Clase B: apagar todo fuego de líquidos inflamables, grasas, aceites o gases, usando extintor de polvo químico seco de uso múltiple y CO₂
- Clase C: apague todo fuego en equipos eléctricos energizados utilizando un agente extintor que no conduzca la corriente eléctrica. Usando extintor de dióxido de carbono.

Cuando no debe combatir un fuego

- Si el fuego esta descontrolado
- Si se encuentra de espaldas a una salida de emergencia.
- Si no tiene equipo adecuado para combatir fuegos.
- En cualquiera de estas situaciones “no combatir el fuego usted mismo, pida ayuda inmediatamente”

En este caso proceder a:

- Activar el plan de contingencias en caso de incendio
- Evacuar

4.6.6. Actividades de prevención de riesgo

4.6.6.1. Inspección de seguridad

Las inspecciones de prevención son procesos de observación metódica y sistemática que se realiza con la finalidad de detectar de forma temprana los peligros y evaluar sus riesgos antes de que ocurran las pérdidas.

Cuadro N° 4.21.- Tipos de peligro

<p>Peligro</p> <p>Clase A</p>	<p>Una condición o práctica capaz de causar incapacidad permanente, pérdida de la vida o de alguna parte del cuerpo, y/o pérdida considerable de estructuras, equipos o materiales.</p>
<p>Peligro</p> <p>Clase B</p>	<p>Una condición o práctica capaz de causar lesión o enfermedad grave, dando como resultado, incapacidad temporal o daño a la propiedad de tipo destructivo, pero no muy extenso.</p>
<p>Peligro</p> <p>Clase C</p>	<p>Una condición o práctica capaz de causar lesiones menores no incapacitantes, enfermedad leve o daño menor a la propiedad.</p>

Fuente: Manual de Seguridad, Salud y Medio Ambiente de CALIDDA

4.6.6.2. Análisis de trabajo seguro

AST es un proceso que se usa para desarrollar prácticas o procedimientos de tareas. Es un análisis sistemático de cada tarea de una actividad laboral que especifica un procedimiento detallado que los empleados puedan seguir paso a paso e identificar los peligros potenciales y la manera cómo evitarlos.

La cantidad de detalles contenida en un AST debe ser compatible con la tarea que se va a realizar.

Los AST pueden puntualizar los peligros asociados con las tareas específicas y desarrollar procedimientos que ayuden a reducir o eliminar cualquier riesgo identificado.

Un AST es básicamente un proceso que comprende cuatro pasos:

- Selecciona el trabajo o la tarea que se desea revisar
- Separa la tarea en sus componentes específicos, observa y documenta cada paso.
- Identifica todos las pérdidas potenciales
- Desarrolla una solución y los procedimientos apropiados para eliminar cada pérdida

4.6.6.3. Reuniones de seguridad

Los supervisores de primera línea efectúan reuniones breves de Seguridad.

En las cuales se aplican las siguientes pautas:

- Los supervisores de primera línea conducen cada día una reunión breve de Seguridad con los trabajadores bajo su supervisión antes de comenzar el trabajo. (Reuniones diarias de seguridad – 5 minutos).
- Repasan las actividades y tareas de trabajo planeadas para el día.
- Esta revisión incluye los procedimientos de seguridad a seguirse, equipo requerido y cualquier otra información de seguridad relacionada al trabajo que desempeñan sus trabajadores.
- Todo empleado debe tener presente que es su obligación tomar parte activa en el trabajo de prevención, y que debe insistir para que sus compañeros de trabajo cumplan las normas de seguridad.

4.6.6.4. Incumplimiento de normas / sanciones:

Los trabajadores en general están obligados a realizar toda acción para prevenir o afrontar cualquier accidente y a informar dichos hechos, en el acto, a su jefe inmediato o al representante del empleador.

Sus principales obligaciones son:

- Cumplir con los estándares, procedimientos y prácticas de trabajo seguro establecidos dentro del sistema de gestión de seguridad y salud.
- Ser responsables por su seguridad personal y la de sus compañeros de trabajo.
- No manipular u operar máquinas, válvulas, tuberías, conductores eléctricos, si no se encuentran capacitados y hayan sido debidamente autorizados.
- Reportar de forma inmediata cualquier incidente o accidente.
- Participar en la investigación de los incidentes y accidentes.
- Utilizar correctamente las máquinas, equipos, herramientas y unidades de transporte.
- No ingresar al trabajo bajo la influencia de alcohol ni de drogas, ni introducir dichos productos a estos lugares.
- Cumplir estrictamente las instrucciones y reglamentos internos de seguridad establecidos.
- Participar activamente en toda capacitación programada.

4.6.6.5. Orden y limpieza.

Es obligación del trabajador asegurar que la zona donde realiza sus tareas se encuentra libre de condiciones sub-estándares, si no está en posición de dar una solución, se informa a su supervisor para que éste adopte la medida correctiva correspondiente.

El lugar de trabajo cuenta con una pizarra donde el personal se informa de los riesgos existentes en el lugar de trabajo mediante los:

- Mapas de Riesgos.
- Hojas de Seguridad de los Materiales Peligrosos (MSDS).
- Normas generales de seguridad.
- Normas de seguridad propias de la sección o departamento.
- Políticas de la empresa.
- Instructivas de trabajo, etc.

4.6.7. Manejo de productos químicos

Todo el personal que utilice productos químicos dentro del proyecto tiene que estar capacitados para el manipuleo de dichos productos.

- Almacenamiento de cilindros
- Manejo de cilindros

4.6.8. Equipos de protección personal.

Existen tres métodos para controlar los riesgos ocupacionales, son:

- Controles de ingeniería
- controles administrativos
- Uso de equipos de protección personal (EPP).

Los controles Ingeniería y administrativos se evaluaron y consideraron en su totalidad antes del uso del equipo. El EPP es la “última línea de defensa”, es importante que sea usado apropiadamente y de acuerdo con los estándares establecidos.

4.6.8.1. Identificación de necesidades de EPP:

La decisión para el uso de EPP se basa en evaluaciones formales, donde se incluye: análisis y revisión de las tareas, análisis de riesgos, análisis de

peligros físicos, análisis de accidentes y revisión de regulaciones, códigos y estándares vigentes.

Los equipos de protección personal que se usaron son los siguientes:

- Cascos de seguridad.
- Guantes de cuero o de acuerdo a la actividad que se realice,
- Protección ocular (lentes de seguridad),
- Zapatos de seguridad o botas de jebe si así lo requiere el trabajo a realizarse,
- Arnéses de seguridad y equipo protector similar suministrados de acuerdo a las necesidades.
- Estos equipos cumplen las normas ANSI.
- Ropa protectora para los soldadores o ropa especial

El equipo general de protección personal fue usado durante las horas de trabajo.

El trabajador no debe cambiar, desplazar, sustraer, dañar, destruir o realizar un uso indebido de su equipo o dispositivo de protección personal. Así mismo debe velar por el buen estado de conservación y mantenimiento del mismo, pudiendo proceder a cambiarlo con su supervisión cuando sea necesario.

Tampoco modificaron los métodos y procedimientos de seguridad adoptados o establecidos sin aprobación del Ingeniero de Seguridad.

El Supervisor repone el EPP sin costo, al término del período de duración del mismo, por deterioro producto del trabajo o en caso de pérdida que no denote negligencia o incumplimiento de normas del trabajador. En caso contrario, la reposición es por cuenta del trabajador.

4.6.9. Programa de señalización en obra.

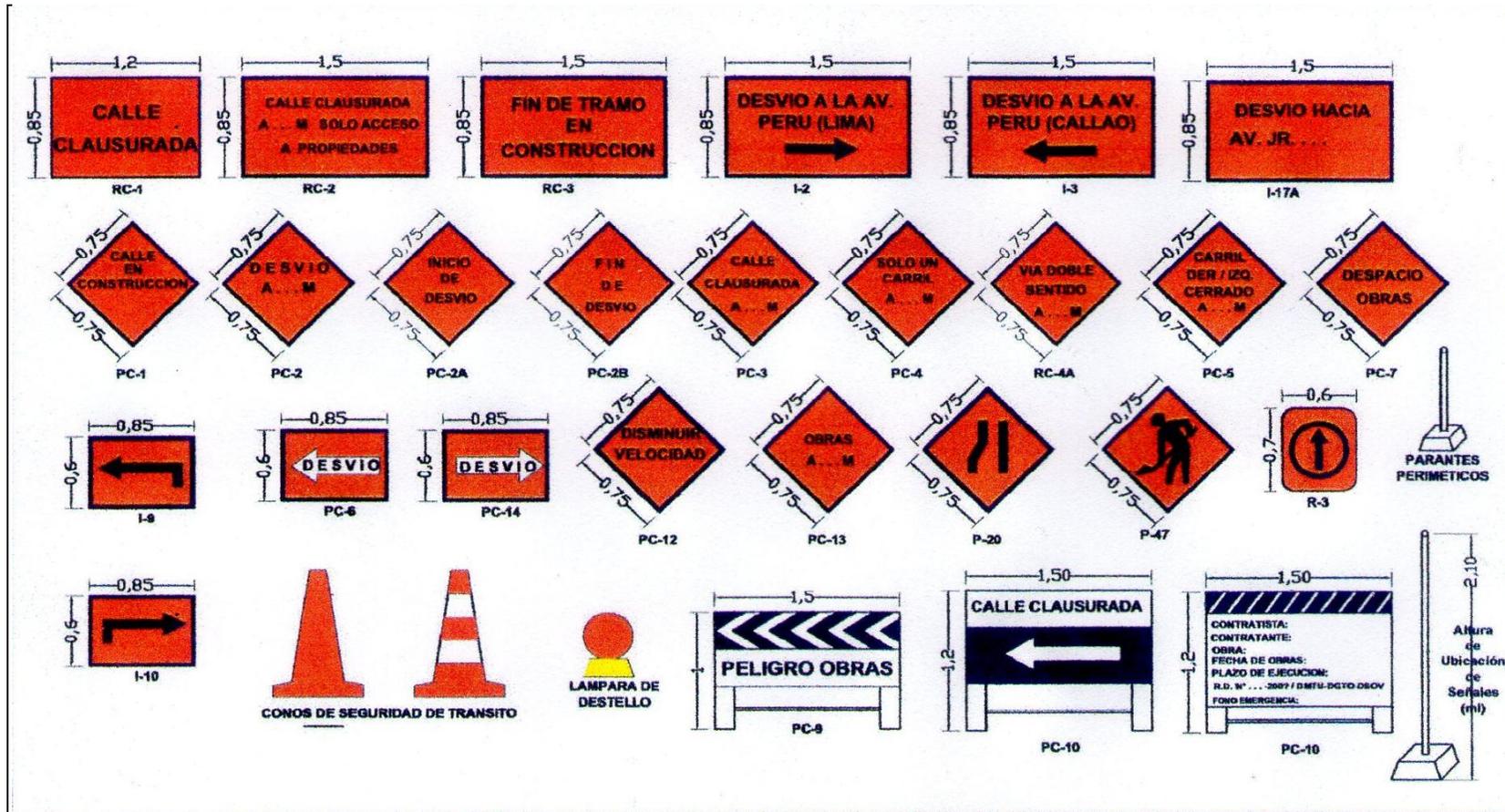
La señalización en obra se planifico elaborando un plano de señalización según los desvíos de transito, según el lugar de trabajo (existe mayor o menor flujo vehicular).

Estos letreros de señalización están definidos según la norma de tránsito (Ver figura N° 4.75)

4.6.10. Manual de gestión ambiental

La monitorización y el control es el medio por el que se identifica su progreso hacia la minimización del impacto medioambiental de las actividades, productos y servicios. Para lo cual:

- Se estableció y mantuvo procedimientos para monitorear los aspectos ambientales significativos y reducir el riesgo ambiental asociado.
- Se documento lo que se ha monitoreado y medido.
- Se registró los resultados de la monitorización y control como punto de referencia de la mejora ambiental y evaluó nuestra actuación con respecto a nuestra política, objetivos y metas.



Fuente: Manual de Seguridad, Salud y Medio Ambiente de CALIDDA

Figura Nº 4.75.- Letreros de señalización

- Se estableció y documentó la acción que se tomó si los resultados de monitorización y medición son insatisfactorios.

Medidas de mitigación

Manejo de residuos sólidos:

Los residuos sólidos que son generados como consecuencia del desarrollo del proyecto, fueron analizados para ser reducidos en su fuente de origen, reutilizados en otra tarea y reciclados apropiadamente.

Cuadro 4.22

Lista de residuos y el responsable

Residuos	Deposito Codificado	Responsable
Aceites usados	Negro	Ing. de campo
Plásticos	Celeste	Ing. de campo
Chatarra	Azul	Ing. de campo
Domiciliario	Verde	Ing. de campo
Especiales(Tierra contaminada con hidrocarburo)	Amarillo	Ing. de campo

Fuente: Propia

4.6.11. Plan de contingencias

El Plan de Contingencias, describe los procedimientos para afrontar de manera oportuna, adecuada y efectiva los estados de emergencia que podrían presentarse durante la construcción del gasoducto.

La elaboración de este plan toma en cuenta lo siguiente: características técnicas del proyecto, condiciones geográficas, organización del personal y experiencias anteriores en ejecución de proyectos similares.

Este plan se aplica a todas las actividades que se desarrollan en la construcción y deben ser cumplidos por todos los trabajadores y visitantes que se encuentren en obra.

CAPÍTULO 5

EJECUCIÓN DE OBRA Y PROTOCOLO DE PRUEBAS.

5.1. ORGANIGRAMA DE PLANEAMIENTO DE OBRA.

Se tiene definido la autoridad, responsabilidad y función de cada trabajador para luego desarrollar un organigrama el cual será fundamental dentro de la organización y ejecución de dicho proyecto.(ver Figura N° 5.0)

5.1.1. Funciones

Gerencia general:

Definir y liderar el Direccionamiento estratégico de la empresa, establecer políticas de contratación de personal, planificar todos los cambios que ocurran y que puedan afectar a la empresa, programar pago a proveedores, manejar la relación contractual con el representante de la entidad contratante, obtener los recursos financieros necesarios para la ejecución del proyecto, velar por el cumplimiento de las especificaciones técnicas del cliente, liderar las reuniones de comité de obra, hacer seguimiento al pago de la facturación, negociar las condiciones de pago de proveedores, controlar los estados financieros de la empresa, verificar por el cumplimiento legal y contractual de las actividades de seguridad y salud ocupacional de la empresa, realizar seguimiento a la

evaluación del desempeño, cumplir y hacer cumplir los procedimientos, reglamentos e instrucciones del programa de salud ocupacional de la empresa.

Director administrativo/a

- Programar y coordinar el plan anual de capacitación.
- Programar y coordinar las evaluaciones del desempeño.
- Programar y coordinar la medición del clima organizacional.
- Realizar las afiliaciones del personal al seguro de riesgo, a ESSALUD y a la Administradora de Fondos de pensiones.
- Realizar apertura de cuentas en bancos para el pago de planilla.
- Elaborar los contratos de trabajo.
- Verificar los documentos solicitados en el ingreso de personal.
- Elaborar y distribuir planillas de asistencia.
- Realizar la compra de los seguros solicitados contractualmente y hacer su respectivo seguimiento.
- Resolver problemas con el personal sobre temas laborales.
- Analizar y revisar la información proporcionada por el asistente administrativo como son: planillas semanales, planillas quincenales, planillas mensuales y resúmenes para declaraciones.
- Presentar planillas AFP para su pago.
- Elaborar estadísticas mensuales para el Ministerio de Trabajo.
- Controlar la asignación de los equipos de comunicación.
- Controlar ingresos de choferes de vehículos para su respectiva afiliación al seguro.

Director de obra

- Planificar la ejecución de los proyectos asignados por el cliente.
- Administrar la unidad de negocios: recurso humano, equipos, insumos, transporte, velando en todo momento por la eficiencia y la eficacia.
- Coordinar con la Ing. residente, las actividades diarias.
- Aprobar órdenes de compra.
- Revisar facturas y liquidaciones de servicios.
- Atender las solicitudes, quejas y reclamos de la supervisión oportunamente.
- Firmar documentación técnica.
- Realizar análisis de precios unitarios.
- Dar las indicaciones para la gestión de permisos ante municipalidades.
- Realizar las valorizaciones de los proyectos.
- Entregar cada uno de los proyectos gasificados, completamente terminados, inspeccionados y aprobados por la supervisión.
- Velar por que en cada frente de trabajo se tengan los recursos asignados, para el desarrollo eficiente de las labores asignadas.
- Informar sobre las no conformidades encontradas en los frentes de trabajo y proponer acciones para la mejora.

Ingeniero/a residente

- Programar actividades de cada grupo (civil y mecánico) con los coordinadores respectivos.
- Preveer y solicitar recursos y materiales en cada obra.
- Coordinar y proponer soluciones al cliente si se presentan inconvenientes durante el desarrollo de la obra.

- Coordinar durante la ejecución de la obra con las entidades competentes obras que afectan a su jurisdicción.
- Coordinar las habilitaciones en cada proyecto.
- Realizar inventario de tubería.
- Realizar informes de avance de obra.
- Verificar la vigencia de los permisos.
- Verificar la versión actualizada del plano en construcción.
- Verificar uso de EEPS del personal de obra.
- Usar elementos de protección de personal.
- Verificar que se realicen los registros que integran el Dossier.
- Asistir a comités programados por la empresa y el cliente.

Coordinador de obra mecánica

- Verificar vía telefónica a los diferentes encargados la programación de la obra.
- Realizar visitas a cada uno de los frentes de trabajo.
- Identificar y corregir cualquier anomalía en el transcurso de la obra.
- Realizar informes de avance de obra.
- Programar actividades y ejecutar aquellas que resulten como urgencias y/o prioridades.
- Informar al Ingeniero residente sobre las actividades programadas y evolución de los trabajos.
- Informar al Director de Obra y a la Gerencia General aspectos relacionados con la obra.
- Coordinar la entrega de recursos necesarios para la ejecución del proyecto.

- Realizar la entrega de la obra.
- Verificar permisos en obra.
- Verificar la versión actualizada del plano en construcción.
- Verificar que el personal de la obra utilice los EPP.
- Usar los elementos de protección de personal.
- Solicitar pruebas y ensayos no destructivos.

Coordinador de obra civil

- Elaborar el plan diario de ubicación del personal y maquinaria
- Supervisar los proyectos civiles.
- Solicitar reporte de la obra al encargado durante el día.
- Monitorear los avances de los proyectos.
- Vigilar el estado de la maquinaria con los encargados de cuadrilla.
- Distribuir la maquinaria para los diversos proyectos.
- Coordinar con almacén todo lo relacionado con la ubicación de los materiales.
- Realizar informes de avance de obra.
- Revisar vigencia de los permisos.
- Coordinar con la policía la seguridad de la obra.
- Verificar la versión actualizada del plano en construcción.
- Usar elementos de protección de personal.

Superintendente

- Verificar vía telefónica a los diferentes encargados la programación de la obra.
- Realizar visitas a cada uno de los frentes de trabajo.

- Identificar y corregir cualquier anomalía en el transcurso de la obra.
- Realizar informes de avance de obra.
- Programar actividades y ejecutar aquellas que resulten como urgencias y/o prioridades.
- Informar al Ingeniero residente sobre las actividades programadas y evolución de los trabajos.
- Coordinar la entrega de recursos necesarios para la ejecución del proyecto.
- Coordinar el trabajo de los manteros.
- Realizar el reporte de avance de las juntas soldadas y metraje de la tubería bajada a zanja.
- Mantener coordinada las movilidades para los grupos mecánicos.
- Revisar vigencia de permisos.
- Usar los elementos de protección de personal.
- Verificar uso de EPP al personal de obra.
- Solicitar pruebas y ensayos no destructivos.
- Firmar planilla de asistencia

Operario – jefe de cuadrilla

- Realizar charla de 5 minutos diaria y Análisis de trabajo seguro al personal de obra.
- Coordinar con el personal el trabajo que va a realizar.
- Coordinar con el topógrafo para hacer los trazos y calicatas.
- Coordinar apertura, colocación de tubería , cierre de zanja y limpieza de la zona de trabajo.

- Programar con el coordinador de obra civil para la seguridad de la obra y apoyo en tránsito.
- Elaborar informes sobre los trabajos que se están ejecutando (avances de obra y utilización de materiales) y del trabajo realizado.
- Hacer las planillas de la semana.
- Hacer seguimiento al cumplimiento de las especificaciones técnicas del contrato.
- Supervisar el desarrollo de las labores y solucionar los problemas que se presenten.
- Coordinar con el vigilante y el prevencionista las condiciones de seguridad de la obra.
- Verificar la existencia de interferencias en el terreno antes del inicio de las excavaciones.
- Firmar planilla de asistencia.
- Verificar uso de EPP en el personal de obra, Verificar señalización y estado del tramo.
- Coordinar con el encargado de reposición para que realice trabajos.
- Usar los elementos de protección personal necesarios en la obra.

Tubero alineador- jefe de cuadrilla

- Realizar charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Ordenar sitio de trabajo teniendo en cuenta seguridad y limpieza, revisar equipos y maquinarias.
- Realizar el montaje de las tuberías.
- Coordinar un día antes las labores del día siguiente.

- Controlar los horarios, asistencias, herramientas y equipos de trabajo.
- Firmar planilla de asistencia.

Coordinador de mantenimiento

- Ejecutar el plan de mantenimiento preventivo.
- Revisar que se hayan realizado las actividades de mantenimiento preventivo.
- Apoyar actividades de mecánica en maquinaria liviana.
- Realizar control al mantenimiento preventivo a través de las facturas y la verificación en campo.
- Firmar planilla de asistencia.
- Utilizar los elementos de protección de personal necesarios.
- Diligenciar y custodiar la información relacionada con el mantenimiento de las máquinas.

Operario

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Operar Minicargador, retroexcavadora y compresor.
- Responder por el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria pesada y la maquinaria pequeña (electrógenos, cortadores, compactadores y otros)
- Coordinar con los encargados requerimiento de maquinaria para obras civiles.
- Llevar registros de mantenimiento de la maquinaria.
- Enviar informe de mantenimiento al coordinador de obra civil.

- Informar al coordinador de mantenimiento sobre cualquier anomalía en el equipo que esté operando.
- Firmar planillas de asistencia.
- Utilizar elemento de protección personal necesario.

Oficial

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Cortar el trazo de la zanja.
- Llenar, tapar y compactar el terreno.
- Realizar reposición del terreno y averías.
- Atender reclamos de los vecinos orientador por el encargado.
- Realizar limpieza general del terreno para entregar el proyecto.
- Firmar planilla de asistencia.
- Utilizar elemento de protección personal necesario.

Peón

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Excavar y cerrar la zanja.
- Limpiar pavimentos ya demolidos.
- Identificar interferencias y avisar en caso de averías a su jefe inmediato.
- Limpiar la zanja y el terreno.
- Señalizar la obra.
- Firmar planilla de asistencia.
- Utilizar elemento de protección personal necesario.

- Ejercer el rol de auxiliar de pruebas hidráulicas cuando sea necesario y realizar las lecturas a los manómetros.

Soldador

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Recibir instrucciones de trabajo por parte del encargado de cuadrilla.
- Preparar juntas, biseles: limpiar con escobillas y pasar lima.
- Aplicar la soldadura (Argón y electrodos).
- Revisar el trabajo de soldadura.
- Coordinar con el ayudante de soldadura la limpieza de la escoria de la soldadura.
- Firmar planilla de asistencia.
- Usar elemento de protección personal necesario.

Esmerilador

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Recibir instrucciones de trabajo por parte del encargado de cuadrilla.
- Alistar y organizar la herramienta de trabajo.
- Efectuar las labores del esmerilador (Cortes y biselados).
- Revisar el trabajo de esmerilado.
- Usar los elementos de protección personal necesarios.
- Firmar planilla de asistencia.

Técnico de pruebas

- Recibir charla de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Preveer los recursos necesarios para efectuar las pruebas.
- Realizar las pruebas hidráulicas y neumáticas de las obras, tanto en líneas de alta y baja presión.
- Realizar pre limpieza de la línea de tubería.
- Realizar secado y limpieza de la línea de tubería.
- Inertizar la línea.
- Llenar la línea con nitrógeno para el punto de rocío.
- Usar los elementos de protección personal necesarios en la obra.

Arenador

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Recibir instrucciones de trabajo por parte del encargado de cuadrilla.
- Instalar en campo el equipo de arenado (Tolva y dos pulmones) y el material.
- Arenar las juntas con el material de arenado (escoria o granalla).
- En algunos casos realizan el ensayo de Pearson test.
- Firmar planillas de asistencia.
- Es necesario usar elementos de protección personal.
- Cumplir los procedimientos establecidos por la empresa.

Revestidor

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Recibir instrucciones de trabajo por parte del encargado de cuadrilla.
- Alistar el equipo necesario para el revestimiento: soplete, balón de gas, mangueras, mantas termocontraíbles y extintor
- Pintar las juntas y válvulas y realizar medición de espesores.
- Instalar mantas termocontraíbles según el procedimiento.
- Identificar las mantas con datos de fecha de aplicación, hora y temperatura, equipo usado, nombre de obra y juntas reparadas.
- Apoyar en la realización de pruebas de revestimiento utilizando el equipo holiday detector.
- Apoyar en la realización de ensayos de pearson test
- Apoyar en la realización ensayos de adherencia
- Realizar la limpieza de tubería.
- Realizar soldadura exotérmicas.
- En los casos que aplique realizar pruebas de presión y hermeticidad.
- Es necesario usar elementos de protección personal.

Doblador

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional.
- Recibir instrucciones de trabajo por parte del encargado de cuadrilla.
- Inspeccionar el área de trabajo y tomar medidas a la tubería y datos pertinentes para identificar los tubos.

- Tomar ángulos de curva y marcar donde comienza y donde termina el tubo que se va a doblar.
- Analizar la curva a realizar y llevar a cabo el trazado.
- Realizar el doblado del tubo.
- Usar elementos de protección personal necesario.
- Firmar planilla de asistencia.
- Cumplir los procedimientos establecidos por la empresa.

Maniobrista

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional. (leer el ATS).
- Recibir instrucciones de trabajo por parte del encargado de cuadrilla.
- Aislar la zona para que la maniobra no represente accidentes en la maniobra.
- Inspeccionar que las eslingas de las grúas estén en buen estado.
- Trasladar a la obra tuberías de acero, cajas de concreto y otros elementos.
- Bajar la tubería a la zanja y dejarlo en su punto de alineación y nivelación.
- Usar elementos de protección personal necesario.
- Control de horas trabajadas del equipo a su cargo.
- Firmar planilla de asistencia.

Almacenista

- Recibir charlas de 5 minutos diarios sobre seguridad industrial y salud ocupacional. (leer el ATS)
- Despachar materiales a los grupos de trabajo.

- Solicitar al almacén general los materiales necesarios garantizando stock de mercancía.
- Llevar control sobre entradas y salidas de almacén.
- Elaborar reportes quincenales sobre los consumos.

Jefe de diseño

- Visitar la zona de los proyectos asignados.
- Elaborar la traza o ruta de los proyectos asignados.
- Elaborar y revisar expedientes.
- Elaborar y revisar metrados para valorizaciones.
- Revisar y corregir planos diversos.
- Revisar los proyectos asignados.
- Custodiar los planos aprobados.
- Enviar a los distintos interesados el plano aprobado del proyecto.
- Distribuir nuevas versiones de los planos.
- Enviar a control de calidad plano as built.

Asistente de jefatura de diseño

- Elaborar planos constructivos.
- Abastecer de planos a personal de campo.
- Elaborar planos as built preliminar para las pruebas y actas para su gasificación.
- Supervisar el reporte de acometidas del día.
- Seguimiento de la aprobación de proyectos enviados al cliente.
- Ordenar el sistema digital de los planos elaborados.
- Enviar planos a campo.

- Enviar documentos físicos para revisión y aprobación al cliente.
- Firmar planillas de asistencia.

Asistente de diseño

- Reportar al cliente el avance diario de trabajo en campo.
- Actualizar la información de la base de datos.
- Traspasar la información entregada a los planos.
- Replantear los planos o la información traída de campo a informes finales para entregar al cliente.
- Elaborar informes semanales para el cliente sobre el trabajo de la semana en campo.
- Elaborar el cuadro de acometidas realizadas en el mes para su valorización.
- Elaborar planos constructivos, as built y otros.
- Dibujar interferencias.
- Elaborar expedientes y memorias.

Topógrafo

- Realizar un planteamiento de cómo se llevarán a cabo los trabajos de canalización.
- Realizar los trazos respectivos para la excavación de la zanja.
- Marcar las progresivas de toda la red.
- Plantear la mejor forma de realizar la canalización en caso de cambios por trazos por distintos tipos de interferencias.
- Guiar a los encargados de obras civiles de cómo se realizará la canalización (curvas, profundidades, etc.)

- Indicar a los mecánicos información sobre la traza de la red.
- Realizar el levantamiento topográfico de las juntas para realizar el perfil longitudinal de la red.
- Enviar los reportes de avance físico.
- Firmar planillas de asistencia.
- Usar los elementos de protección de personal

Jefe de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente

- Coordinar en todas las unidades el cumplimiento de las normas de seguridad internas y de las definidas por la entidad contratante, así como las de cumplimiento obligatorio de los dispositivos legales vigentes
- Coordinar las actividades de prevención de riesgos con los respectivos directores de las unidades de negocio.
- Programar y ejecutar las inspecciones de seguridad.
- Coordinar la programación de los recorridos informativos, sondeos, mapeos y gasificaciones.
- Solicitar a los respectivos directores de las unidades de negocio todos aquellos recursos que necesite para la gestión de las actividades de prevención de riesgos.
- Difundir e implementar los planes de acción generados por seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.
- Coordinar y velar por cumplimiento del programa de seguridad y salud ocupacional de la empresa.
- Sensibilizar al personal en asuntos relacionados con seguridad, impacto comunitario y la salud ocupacional y medio ambiente de la obra, a través de programas de capacitación.

- Gestionar la entrega al personal de los elementos de protección personal según el riesgo al que estén expuestos e inspeccionar su adecuada utilización.
- Investigar y analizar las causas de los accidentes de trabajo e implementar las acciones de mejoramiento para evitar su ocurrencia.
- Realizar seguimiento y control a los reclamos por parte del cliente.
- Realizar mensualmente comités de seguridad y salud ocupacional.
- Verificar que todo el personal asista a la charla de inducción del cliente.
- Verificar en obra la señalización y planes de desvío a utilizar.

Prevencionista

- Supervisar el cumplimiento de las normas y reglamentos de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente
- Velar por la señalización en obras en vías públicas.
- Elaborar a diario el plan de señalización y desvíos en vías públicas.
- Realizar inspecciones de seguridad y observaciones de tarea.
- Realizar levantamiento de observaciones en campo.
- Revisar y registrar el estado de las movilidades.
- Asistir al personal en caso de accidentes.
- Realizar investigación de accidentes e incidentes.
- Realizar el seguimiento de las observaciones encontradas en las inspecciones de campo.
- Verificar la señalización en obra y reportar las inconsistencias encontradas por pérdidas, cambios o mantenimiento.
- Realizar la constatación policial de las afectaciones de interferencias.
- Apoyar en la atención de reclamos por parte del usuario.

- Firmar planillas de asistencia.
- Usar elementos de protección personal.

Asistente de seguridad

- Registrar los reportes de Análisis de trabajo seguro y charlas de 5 minutos.
- Visitar campo, hacer prueba de medición de ruido ambiental y elabora informe respectivo.
- Ingresar a la base de datos las observaciones reportadas por los prevencionistas y hacer seguimiento.
- Elaborar informe mensual de HSE.
- Realizar informe del recorrido informativo y enviar al cliente.
- Registrar e informar sobre el inventario de la señalización.
- Enviar informe de reclamos solucionados al cliente.
- Hacer seguimiento y control a los baños instalados en obra de cada cuadrilla.
- Enviar mensualmente seguro complementario de trabajo de riesgo y registros de inspecciones y permisos de trabajo de HSE.
- Firmar planillas de asistencia.
- Usar elementos de protección personal.

Relacionista comunitaria

- Realizar recorrido informativo de inicio de obra.
- Atención de los reclamos de trabajos de redes y acometidas.
- Filmar la zona de trabajo antes del inicio de los mismos, con el fin de tener evidencias ante reclamos del cliente y del usuario.

- Realizar la difusión de la gasificación.
- Mapear socialmente las zonas futuras a trabajar.
- Registrar el check list ambiental antes del inicio de la obra.
- Comunicar a los encargados de obra sobre los reclamos que llegan por parte del cliente y de los usuarios.
- Firmar planillas de asistencia.
- Usar elementos de protección personal.

Jefe de control de calidad

- Recopilar y verificar diariamente los datos de las inspecciones visuales que hace el supervisor de Control de Calidad.
- Recopilar y verificar los certificados de los materiales.
- Recopilar y hacer seguimiento al informe de los ensayos no destructivos por parte del contratista.
- Coordinar las actividades de los supervisores de control de calidad.
- Elaborar y liberar al cliente el informe dossier.
- Coordinar la calibración de los equipos y verificar sus fechas de vencimiento.
- Preveer recursos necesarios para la realización de pruebas y ensayos.
- Hacer solicitudes de equipos requeridos y hacer su respectiva verificación.
- Verificar el apilamiento de los materiales.
- Verificar fechas de vencimiento de certificado de soldadores.
- Realizar visitas esporádicas a las obras para verificar cumplimiento de los procesos.

Asistente de control de calidad

- Apoyar la recopilación y verificación diaria de los datos de las inspecciones visuales que hace el supervisor de Control de Calidad.
- Apoyar la recopilación y verificación de los certificados de materiales.
- Apoyar la recopilación y el seguimiento al informe de los ensayos no destructivos por parte del contratista.
- Apoyar la verificación de fechas de vencimiento de calibración de equipos.
- Coordina recursos necesarios para la realización de pruebas y ensayos.
- Realizar el preliminar del dossier.
- Apoyar en la verificación de fechas de vencimiento de certificado de soldadores.
- Visitar la obra en coordinación con el Jefe de Control de Calidad para verificar cumplimiento de los procesos.
- Elaborar informe de juntas producidas periódicamente.
- Firmar planillas de asistencia.

Supervisor de control de calidad

- Inspeccionar la actividad de manipulación de tuberías y accesorios en su traslado.
- Efectuar inspecciones a la soldadura: Amperaje y voltaje de la junta e inspecciones al cordón final de la soldadura.
- Medir la porosidad de la tubería antes de revestir.
- Verificar la limpieza total de la tubería antes del revestimiento.
- Verificar distancias de interferencia.
- Medir/probar daños en revestimiento de tubería.
- Verificar la medición de pintura.

- Revisar las condiciones óptimas de la limpieza de la tubería.
- Coordinar con los laboratorios aprobados las pruebas de punto de rocío y los ensayos no destructivos.
- Registrar en los formatos establecidos todos los datos obtenidos de las pruebas y mediciones.
- Supervisar las pruebas de resistencias y hermeticidad y elaborar el acta respectiva.
- Elaborar y presentar el welding book "Libro de soldadura"
- Verificar que el soldador se encuentre habilitado.
- Supervisar trabajos de soldadura a soldadores en proceso de calificación o cuando haya cambiado el procedimiento.
- Tomar fotos como registros del proceso.

Jefe de almacén

- Preveer la adquisición de productos o servicios.
- Programación semanal de la ruta de los transportistas.
- Solicitar cotizaciones.
- Seleccionar y evaluar proveedores.
- Coordinar pedidos de materiales.
- Actualizar lista de proveedores aceptados.
- Reevaluar proveedores.
- Tramitar y controlar documentación de la compra: Facturas y guías
- Despachar productos y/o servicios
- Realizar inventarios.
- Verificación de los materiales al ingreso a través de la orden de compra.
- Velar por el correcto almacenamiento de la mercadería.

- Verificar que los productos cumplan con la especificación solicitada tanto en el ingreso como en el despacho.

5.2. RECURSOS Y PERSONAL DE OBRA

La empresa cuenta con personal capacitado para llevar a cabo obras civiles: trazado de ruta, corte, excavación, tapado, reposición, señalización.

Obras mecánicas: desfile de tubería, soldadura, revestimiento, bajado de tubería, tapado de zanja, prueba hidráulica y neumática.

5.2.1. Recursos materiales.

Todos los pedidos de materiales se solicitan a logística de la empresa, la cual provee y hace que los recursos materiales estén a tiempo y en lugar donde se les ha indicado.

5.2.1.1. Recurso material civil.

Se solicita la maquinaria tomando en cuenta el tipo de terreno a trabajar, la profundidad y ancho de excavación. Los materiales civiles son proveídos en marca y cantidad, previamente solicitados.

El cuadro N° 5.1 muestra la lista de todos los materiales civiles utilizados en obra.

Cuadro N° 5.1.- Lista de materiales en la actividad civil

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT
	EQUIPOS DE TOPOGRAFIA, MOVIMIENTO DE TIERRAS Y OTROS		
1	Cargador frontal modelo 920. Eliminación de desmonte	Un	1,00
2	Volquetes de 10 m3. Eliminación de desmonte	Un	1,00
3	Retroexcavadora (1) caterpillar de 56 hp	Un	1,00
4	Retroexcavadora (2) caterpillar de 56 hp	Un	1,00
5	Compactadora de plancha de 7 hp	Un	1,00
6	Mezcladora tipo trompo de 9 pies cubicos	Un	1,00
7	Vibrador de aguja cabezote de 1 1/2"	Un	1,00
8	Cortadora de pavimentos de hasta 8"	Un	1,00
9	Bellmorel aplicación. Curador	Un	1,00
10	Teodolito con trípode	Un	1,00
11	Nivel semiautomático con trípode y mira	Un	1,00
12	Cocina asfalto con boquilla	Un	1,00
13	Rodillo liso autopropulsado rola 80 cm	Un	1,00
	HERRAMIENTAS Y OTROS		
14	Palanas de cuchara con mango madera	pz	48
15	Picos de punta con mango de madera	pz	36
16	Bugües de 3 pies cubicos, con llanta neumática	pz	6
17	Latas concreteras de 1 pie cubico	pz	20
18	Rastrillo metálico 60 cm 3/8"x2" x.04 cm	pz	4
19	Barreta de 2" x 1.20 m corrugado	pz	2
20	Comba de 20 lb con mango	pz	2
21	Comba de 6 lb con mango	pz	2
22	Chalecos con cinta reflectiva	Un	10
23	Zapatos de seguridad	Par	48
24	Cascos de seguridad	un	48
25	Tapones de oído, ,	un	48
26	Guantes de maniobra	un	48
27	Lentes de seguridad)	un	48
28	Cinceles de 3/4"x 30 cm corrugado	pz	2
29	Puntas de 3/4"x30 cm corrugado	pz	2
30	Escobas de paja domésticos	pz	12
31	Fierro corrugado de 3/8" para estacas	pz	2
32	Machete de 70 cm domestico	pz	1
33	SERRUCHO de 22" Stanley para madera	pz	1
34	Cilindro vacío para combustible	pz	2
35	Tela paño (rojo-verde-amarillo)	mt	3
36	Wincha de tela de 50 m	pz	1
37	Martillo carpintero	pz	1
	MATERIALES PARA PREFABRICADO POSTES		

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT
38	Cemento portland tipo I	bl	12
39	Hormigón de río fino	m3	3
40	Madera tornillo de 1"x6"x8' c1c	pz	20
41	Madera tornillo de 2"x2"x4' c4c	pz	120
42	Clavos c/c de 2"	kg	2
	PARA CANCHA DE TUBOS		
43	Madera tornillo de 4"x4"x5' c4c	pz	34
44	Alambre púa galvanizado #12x14	ml	250
45	Clavos de 1" c/c	kg	0,5
	PARA LETREROS DE SEÑALIZACION DE TRANSITO		
46	Madera tornillo de 2"x4"x8'	pz	24
47	Plancha de tryplay lupuna BB de 6mmx4'x8'	pl	4
48	Clavos de 2 1/2" c/c	kg	2
49	Clavos de 1" c/c (global)	kg	2
50	Pintura esmalte blanco anypsa	gl	2
51	Pintura esmalte rojo anypsa	gl	2
	ARTEFACTOS SEÑALIZACION -PASO PROVISIONAL		
52	Cono de seguridad de transito(muestra)	Un	50
53	Lámparas de destello a batería (ámbar)	Un	4
54	Madera tornillo de 2"x3"x8' c4c	pz	10
55	Madera tornillo 1 1/2"x8"x8' c4c	pz	10
56	Clavos de 2 1/2"-3" -4" (1 cada uno)	kg	2
57	Cinta seguridad amarilla 20 cm	kg	50
58	Cinta protección calada naranja h= 1 m	mts	1000
	MATERIALES PARA REPOSICION PAVIMENTOS-OTROS		
59	Arena fina para relleno zanja	m3	1400
60	Cinta señalización "Peligro-Línea de gas" 60 cm	mts	6500
	REPOSICION ASFALTO		
61	Arena gruesa grano duro	m3	35
62	Piedra de 1/2"	m3	28
63	Asfalto RC-250 pen 85	gl	360
64	Kerosene Industrial	gl	50
	REPOSICION PAVIMENTOS CONCRETO		
65	Cemento portland tipo I	bl	360
66	Piedra chancada de 3/4"	m3	36
67	Arena gruesa modulo fineza 2.00	m3	16
68	Curador Membranil A	gl	2
69	Agua potable	m3	200

Fuente: Propia

Lo mostrado en el cuadro N° 5.1 son los necesarios para iniciar la ejecución del proyecto. La arena fina es utilizada en el tapado y cama para el tendido de tuberías. la cinta de señalización, no se escatima en su uso, pues se trata de la seguridad para los transeúntes y los trabajadores. Estas son la razones por las cuales las cantidades utilizadas son grandes.

5.2.1.2 Recurso material mecánico.

El cuadro N° 5.2 muestra la lista de materiales utilizados en la actividad mecánica

Cuadro N° 5.2.- Lista de materiales en la actividad mecánica

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT
	EQUIPOS Y ACCESORIOS		
1	Motosoldadora de 47 hp con carreta (Petrolera)	Un	1,00
2	Motosoldadora de 47 hp con carreta (Petrolera)	Un	1,00
3	Pinzas para tierra (30 mts)	Un	2,00
4	Extensiones de corriente (30 mts)	Un	2,00
5	Extensiones de corriente (50 mts)	Un	1,00
6	Cortadura de tubos de 4" Ridgid	Un	1,00
7	Portaelectrodos	Un	2,00
8	Caretas para soldador	Un	6,00
9	Lentes oscuros	Un	8,00
10	Mandiles de cuero para soldador	Un	6,00
11	Varilla de cobre de 1/2" para tierra	mt	2,00
12	Equipo de arenado-compresora-tolva-boquilla diamante	Jgo	1,00
13	Grúa de 1Tonelada capacidad para descargue tubos	Und	1,00
14	Camión grúa de 1Tonelada	Un	1,00
15	Equipo Holyday Detector, para detectar daños en el revestimiento de la tubería	Pz	1,00
16	Polly pig de 4", para retirar las obstrucciones dentro de la tubería	Un	8,00
17	Cleaning Pig de 4" para limpiar la parte interna de la tubería	Un	2,00
18	Conical Cup pig de 4", para detectar abolladuras en la tubería, y que llegan a la parte interna	Un	2,00
19	Equipo para prueba hidráulica-Manómetro 100 lbs	Un	1,00
20	Equipo para inertizar. Utiliza nitrógeno	Un	1,00
21	Tecles de 1 tonelada	Un	1,00
22	Tecles de 2 toneladas	Un	1,00
	PARA DESFILE Y DOBLADO		
1	Barretas de 1" x 1.20 mts fierro liso	pz	2,00
2	Soga de Bylon de 1/2"	mt	20,00
3	Machete de 70 cm	pz	1,00
4	Palanca de cuchara	pz	2,00
5	Picos de punta	pz	2,00
6	Cordel No 16 (grueso)	mt	50,00
7	Marcadores de metal	Un	2,00
8	Llave francesa de 12"	pz	2,00
9	Sacos de polietileno vacíos blancos	un	500,00
10	Dobladora de tubos de 4"	un	1,00
	PARA SOLDADURA		
11	Comba de 6 lbs con mango	pz	3,00
12	Barreta de 1"x 1.20 mts fierro liso	pz	1,00
13	Palanas de cuchara con mango	pz	2,00
14	Picos de punta con mango	pz	2,00
15	Machetes de 70 cm	pz	2,00

16	Balón de gas propano con boquilla	Uin	1,00
17	Equipo de corte oxi-acetileno, soplete y mangueras	Un	1,00
18	Balón de oxígeno	m3	20,00
19	Balón de acetileno	m3	20,00
20	Amoladora para disco de 7"	pz	3,00
21	Limas de media caña de 12"	Un	6,00
22	Martillo de bola	pz	3,00
23	Cinceles de 1/2"x 8" liso o corrugado	pz	3,00
24	Baldes de fierro galvanizado de 1 p3	Un	3,00
25	Chalecos para soldador(indura)	Un	8,00
26	Guantes de cuero flexibles(Indura)	Par	8,00
27	Pulidora pequeña (Baby)	pz	1,00
28	Cepillos de metal de mano	pz	6,00
29	Discos de 1/16"x4" diámetro para pulidora pequeña (Baby)	pz	6,00
30	Cepillo de metal 1/2"x4"	pz	4,00
31	Discos de desbaste de 3/16"x7"	pz	20,00
32	Cepillos de metal de 1/8"x7"	pz	20,00
33	Mamparas de protección de 80x1.50	pz	12,00
34	Conector hembra y macho para soldadora	pz	2,00
	PARA DESCARGUE TUBOS		
35	Barrote de madera tornillo de 4"x4"x12'	pz	24,00
36	Eslinga tiro largo	Un	3,00
	ELECTRODOS		
37	Electrodo E6010 1/8" para raíz(Caja de 4 kg)	kg	48,00
38	Electrodo E7010 de 5/32" para relleno (Caja de 4 kg)	kg	144,00
	IMPLEMENTOS PERSONALES		
39	Camisa de trabajo (Jeans)	Un	10,00
40	Casco de Seguridad	Un	10,00
41	Zapatos de seguridad	Un	10,00
42	Pantalón de trabajo (Jeans)	Un	10,00
43	Protectores contra ruido	Un	10,00
44	Guantes de cuero	Un	8,00
45	Caretas para esmerilador	Un	2,00
	COMBUSTIBLES		
46	Petróleo para moto soldadora (2 unidades)	gl	420,00
	PARA PRUEBA HIDRAULICA-INERTIZACION-OTROS		
47	Agua potable	gl	15.000,00
48	Gas inerte nitrógeno	m3	50,00
49	Escoria de cobre	m3	4,00
	MATERIALES PARA LINEA GAS		
50	Mantas Ravchem HTLP 60-4000x17/b (4")		550,00
51	Kid S-1239 Primer - bulk (Kit-2A.1B)		1,00
52	EQ-PR-S1239-PUMP2-A		1,00
53	EQ-PR-S1239-PUMP2-B		1,00
54	EQ-ROLLER-FLAT-SILICON		1,00

	POSTES DE POTENCIAL CATODICO		
55	Tubo de acero A36 152 mm (6") espesor 3.2 mm con costura x 6.40 m	pz	6,00
56	Plancha acero A36, espesor 3.2 mm 1/8"x4'x8'	pl	2,00
57	Plancha acero A36, espesor 4.8 mm 3/16"x4'x8'	pl	1,00
58	Plancha acero A36 espesor 6.4 mm 1/4"x4'x4'	pl	1,00
59	Plancha de aluminio anodizado espesor 2 mm x2'x4'	pl	1,00
60	Plancha SAE 1010/1020 espesor 5 mm x4'x4'	pl	2,00
61	Plancha SAE 1010/1020 espesor 5 mm x1000x400	pl	1,00
62	Plancha SAE 1010/1020 espesor 3.2 mm x 150x750 mm	pl	1,00
63	Tubo negro de 76 mm (3" exterior) espesor 3.2 mm	pz	8,00

Fuente: Propia

Todo lo indicado en el cuadro N° 5.2 y cuadro N° 5.1 son comprados por logística y es el encargado de entregar en su totalidad en la obra.

5.2.2. Personal de obra

Para la ejecución del proyecto Ramal de Gas para la Compañía Minera Luren se realiza la organización del grupo de trabajo conformado por Ingenieros, técnicos y obreros. Todos ellos capacitados por la empresa.

El cuadro N° 5.3 muestra la lista de personal, misión de cada uno y el número de personal requerido en el proyecto.

Cuadro N° 5.3.- Personal de obra

ITEM	CARGO	MISION	CANTIDAD
1	Ingeniero Residente de Obra	Planifica y programa la ejecución del proyecto. Tiene a su cargo a todo el personal de obra.	1
2	Control de Calidad	Inspecciona que se cumplan todos los procedimientos establecidos para las obras civiles y mecánicas.	1
3	Prevencionista	Vela por la seguridad del personal trabajador, señalización y otros que el ingeniero le encargue.	1
4	Coordinador de obra Civil	Distribuye el personal civil, según la programación de trabajo dada por el Ing. Residente de Obra.	1
5	Coordinador de obra Mecánica	Distribuye al personal mecánico, según la programación de trabajo dada por el Ing. Residente de Obra.	1
6	Jefe de cuadrilla	Supervisa la obra en las excavaciones de zanja para que puedan realizar su trabajo el equipo mecánico.	1
7	superintendente	Coordina los trabajos diarios entre el	1

		coordinador mecánico y los alineadores. Supervisa diariamente la obra.	
8	Técnico Doblador	Realiza todas las curvas de las tuberías de acero que se presentan en el trayecto de la línea	1
9	Técnico Alineador	Alinea tubo con tubo para realizar la unión con soldadura	2
10	Técnico de Revestimiento	Hace la prueba de adherencia a la manta, poner la manta a la junta de soldadura, reparar el revestimiento dañado de la tubería, pasar el Holiday detector, pasar el Pearson Test a la tubería enterrada, colocar la protección catódica y realizar la prueba hidráulica y neumática.	2
11	Técnico de Arenado	Realiza la limpieza con escoria de cobre de las juntas soldadas, realiza la prueba hidráulica y neumática.	1
12	Técnico Soldador	Realiza la soldadura de la tubería de acero.	2
	Técnico Maniobrista	Transporta la tubería hasta el sitio de instalación dejándolo en el punto de alineación y nivelación	1
13	Peón	Realiza la excavación, perfilado, tapado de la zanja, reposición de terreno.es personal de apoyo a los técnicos.	8
14	Oficial	Realiza la compactación del terreno, el corte de asfalto y concreto.	2
15	Operador de Grúa	Opera y maniobrar la grúa.	1
16	Operador de Retroexcavadora	Opera la retroexcavadora con la cual se realiza la excavación de la zanja.	2
17	Operador de Cargador Frontal	Opera el cargador frontal con la cual se realiza la eliminación de desmonte y el tapado de la tubería.	1
18	Técnico de Topografía	Realiza el trazado de la línea de gas y tomar los datos al finalizar el tendido de la tubería.	1
19	Almacenista	Realiza el control de ingreso y salida del material	1

Fuente: Propia

Todo el personal que labora en la empresa es continuamente sometido a capacitación y evaluación, para garantizar la calidad de los trabajos que realizan.

5.3. EJECUCIÓN DE OBRA

El proyecto Ramal de Tubería de Gas para la Compañía Minera Luren se inicia con la aprobación de CALIDDA de los siguientes documentos: planos de construcción (siete planos), manual de construcción y manual de

seguridad; luego se solicita el permiso de pistas, áreas verdes a Lima Metropolitana y a la Municipalidad de Villa Salvador.

Luego se procede, a elaborar el cronograma de obra. Ver figura 5.1

Trazado de la ruta

El responsable de esta actividad es el Topógrafo, quien realiza el trazado, las progresivas, y resuelve las interferencias de la línea que se puedan presentar.

Señalización de obra

La señalización de obra consiste en marcar el espacio a trabajar, colocando los respectivos letreros de desvío de rutas y prevención de obra. El responsable de ejecutar esta actividad es el prevencionista.

Sondeo de interferencias

Se inicia el sondeo de interferencias, realizando la excavación cada 20 m por todo el trazado de la ruta, la zanja es de 60 cm de ancho y 1,20 m de profundidad. Esta actividad se ejecuta permanentemente hasta quedar la tubería enterrada.

Corte, demolición y excavación

Se realiza el corte y demolición del pavimento en todo el trazado de la ruta.

La retroexcavadora ingresa a la zona y comienza la excavación guiada por un oficial, supervisado por el capataz; al mismo tiempo se realiza retiro del desmonte utilizando el cargador frontal y los volquetes. Toda la zona queda limpia para proceder al desfile de tubería.

Desfile y curvado de tuberías

El desfile de tubería consiste en llevar los tubos en grupos de seis unidades utilizando una grúa desde la zona de acopio hasta la obra; de ahí los tubos son cargados y bajados al costado de la zanja utilizando unas eslingas. Esta actividad es guiada y supervisada por una persona entrenada para este quehacer, a quien se le denomina maniobrista.

En la ruta existen lugares donde se tiene que cambiar de dirección, aquí es necesario realizar el curvado de tubería en longitudes de 12 m, esto lo realiza el doblador con la máquina curvadora, los extremos del tubo curvado son soldados a las tuberías y así formar los varillones (conjunto de cierta cantidad de tubos unidos por soldadura, y que son manejados como una unidad). Esta situación no es frecuente en la obra.

Soldadura y revestimiento de juntas de soldadura

Las tuberías de acero se sueldan mediante el procedimiento de soldadura SMAW, que incluye el control de calidad (QC) y la inspección por ensayos no destructivos de ultra sonido o radiografías.

Una vez que las juntas de soldadura son sometidas al ensayo de ultrasonido, se procede al arenado y revestimiento de las juntas de soldadura utilizando mantas termo contraíbles.

Bajado de tubería.

Al pasar las 15 horas mínimas después del revestimiento, se procede a la prueba de adherencia a una junta de soldadura revestida y a pasar el Holiday Detector por todos los varillones. Luego se procede al bajado de tubería, con dos grúas, dirigidas por el maniobrista.

Al finalizar el bajado se procede a asegurar la fosa donde se realiza la unión de soldadura con los varillones.

Tapado, compactación y reposición

Se inicia el tapado de las tuberías con arena fina, luego se remoja la zanja con agua y para lograr la compactación hidráulica, se continúa con el tapado con material de relleno, afirmado, colocando la cinta de señalización a los 35 cm tomando como referencia la superficie, se finaliza con la reposición de la zona afectada.

En todo el proceso de la instalación la supervisión de CALIDDA está presente.

5.4. PRUEBA NEUMÁTICA

Es la prueba de presión que se realiza usando como fluido de prueba nitrógeno.

La prueba se realiza al conjunto de tubos y accesorios que en conjunto y armados responden a una determinada configuración geométrica (spools), que luego se instala en obra.



Fuente: Propia

Figura Nº 5.2.- Spool de válvulas

5.4.1. Instrumentos de control y medición.

Los instrumentos de control y medición son:

- Manómetro Analógico.
- Termómetro.
- Válvulas para alimentación, purga o eliminación de aire.

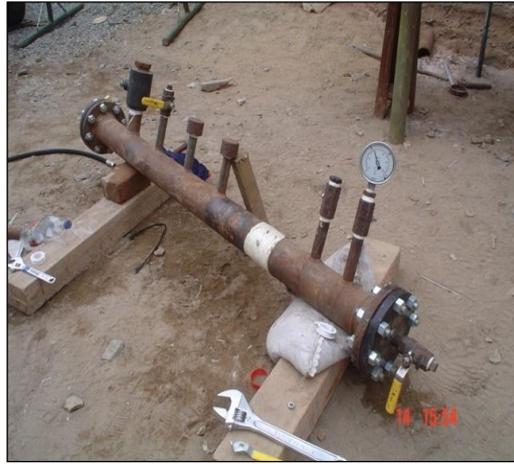
Todos estos instrumentos son utilizados para controlar y asegurar que se alcancen los parámetros con los valores que son controlados durante el desarrollo de la prueba neumática.

(a)



Fuente: Propia

(b)



Fuente: Propia

Figura N° 5.3.- Instrumentos de control y medición

5.4.2. Ejecución de la prueba

Para la ejecución de la prueba se sigue los siguientes pasos:

- Se asegura las conexiones de ingreso del fluido.
- Se incrementa la presión gradualmente y realiza un chequeo en todas las juntas de soldadura.
- Se realiza un primer chequeo a todas las juntas con espuma de detergente (prueba de la burbuja).
- Si el primer chequeo es satisfactorio se aumenta la presión de prueba en etapas alrededor del 10% de la presión de prueba hasta alcanzar la misma.
- Se realiza otro chequeo con espuma cuando se alcanza la presión de prueba.
- Se chequea las diferentes uniones de soldadura, roscadas o bridadas buscando fugas.



Fuente: Propia

Figura N° 5.4.- Chequeo de todas las juntas con espuma de detergente

- De ser necesario alguna corrección de junta de soldadura, nuevamente se procede a hacer la prueba de presión respectiva.

5.4.3. Valores de presión de prueba y tiempos

La presión de prueba en los spools de válvula es de 37.5 bares. El tiempo de mantenimiento a la presión de prueba es de 4 horas. Luego de dicho tiempo y en coordinación con la supervisión (CALIDDA) se da por aceptada la prueba.



Fuente: Propia

Figura N° 5.5.-Manómetro que registra la prueba neumática

Todos los datos de la prueba son registrados en un documento. Ver Anexo V.

5.5. PRUEBA HIDRÁULICA

La prueba Hidráulica se realiza una vez terminada la instalación de la tubería de gas.

Realizada la limpieza preliminar, se da comienzo al llenado de la línea con agua, utilizando una bomba adecuada que garantice una presión capaz de vencer la presión estática, con el fin de desplazar el aire que pueda acumularse en las curvas realizadas durante la construcción. Una vez llena la columna se deja circular agua hasta que esta salga completamente limpia y sin aire.

Antes de elevar la presión interna de las tuberías, se logra la estabilización de temperatura entre el agua y el suelo circundante. Después del llenado de la tubería, se espera por un intervalo de tiempo antes del inicio de la prueba a efectos de lograr la nivelación térmica.

Una vez logrado el equilibrio térmico se comienza a elevar la presión mediante el empleo de la motobomba de alta presión hasta alcanzar la presión de la etapa de estabilización, equivalente al 80% del valor de la presión de prueba de resistencia del tramo.

Se realizan lecturas de la temperatura cada 15 minutos.

El volumen de agua necesario para alcanzar la presión de estabilización (80% de la presión de prueba de resistencia) es medido y registrado periódicamente cada 5 bar de aumento de presión.

El volumen de agua que se añade al tramo de tubería para lograr un aumento de la presión en un bar, se obtiene de la siguiente fórmula que compensa la deformación elástica y la compresibilidad del agua:

$$V_a = \left(0.87 \times \frac{D_i}{2t} + A\right) \frac{V}{1000 \times 0.980665} \text{ (litros/ } \Delta P \text{ en bares)}$$

Donde:

V_a = Volumen teórico de agua en litros a purgar o añadir por ΔP (bar).

D_i = Diámetro interno de la tubería en mm.

A = Valor de la compresibilidad del agua.

V = Volumen de la tubería en m^3 .

Coeficiente 0,980665 = factor para convertir kg/cm^2 en bar.

t = Espesor de pared nominal en mm.

El período de estabilización es conforme, si el volumen de agua añadida o purgada, en litros, dividido por la diferencia de presión real, en bar, es inferior a $1,06 V_a$ y superior a $0,94 V_a$. Si el volumen de agua medido por bar de cambio de presión sobrepasara un valor de $1,06 V_a$, el aire atrapado hace imposibles pruebas fiables de resistencia y de hermeticidad. Si el volumen de

agua medido por bar de cambio de presión es inferior a $0,94 V_a$, se ha producido un error en la medición o en los cálculos.

Una vez llena la tubería, se instalan los equipos de control con registrador gráfico de presión y temperatura en uno de los cabezales de prueba ubicada en el extremo del tramo en prueba, además:

- Un termómetro para medir la temperatura del agua en la tubería.
- Un termómetro para medir la temperatura del suelo, ubicado a una distancia de 30 cm. del tubo.
- Un termómetro para la temperatura ambiente.
- Un manómetro (todos los equipos y accesorios con rango adecuado y calibración vigente).



Fuente: Propia

Figura N° 5.6.-

Instalación de los equipos de registro de prueba



Fuente: Propia

Figura N° 5.7.- Manómetro de prueba



Fuente: Propia

Figura N° 5.8.- Registrador de prueba

Concluida la prueba hidrostática, se procede a despresurizar la tubería y a desalojar el agua. Luego para realizar el secado y limpieza de la línea se procede a pasar espumas y Brashing Pig, empujados con aire, con una compresora, se continúa con el secado y limpieza de la tubería hasta que al cortar la espuma la penetración de suciedad sea de 2 mm.



Fuente: Propia

Figura Nº 5.9.- Pase del brashing pig



Fuente: Propia

Figura Nº 5.10.- Salida del brashing pig



Fuente: Propia

Figura N° 5.11.- Pase de espuma para el secado y limpieza



Fuente: Propia

Figura N° 5.12.- Espuma salida de la tubería



Fuente: Propia

Figura N° 5.13.- Corte de la última espuma enviada

Luego de limpiar la tubería se realiza la medición del punto de rocío de la tubería, donde el valor mínimo debe ser de $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$., esto para determinar que la línea esta completamente seca.

La línea se deja inertizada con nitrógeno a una presión mínima de 1 bar. hasta el día de su habilitación.

La pre limpieza, la prueba hidráulica, el secado, la limpieza e inertización de la línea son registrados mediante documentos. Ver anexos R, S, T, U.

Los pasos, para efectuar y aceptar las pruebas de resistencia y hermeticidad de los tramos liberados se muestran en el cuadro 5.4:

Cuadro N° 5.4.-Pasos que se sigue para realizar prueba hidráulica

ITEM	ACTIVIDADES	COMENTARIOS
1	Se identifica las progresivas de prueba: Pk(inicio): 00+ 02.40(Av. "Y"). Pk(Final): 05+ 897.14 (Av. Panamericana Sur).	El Tramo de la línea de tuberías de diámetro 4.5 pulgadas es la que se somete a prueba de resistencia y hermeticidad.
2	Entrega de documentación -dossier	Planos As-Built, Welding Book, se utilizan en la prueba hidráulica como información de la instalación de la tubería.
3	Prueba neumática de cabezales	Se realiza la prueba neumática a los cabezales antes de colocarlos en la línea.
4	Montaje de cabezal lanzador en pk: 05+897.14	Se realiza la soldadura del cabezal.
5	Montaje de cabezal receptor en pk: 00+ 02.40	Se realiza la soldadura del cabezal.
6	Pre -limpieza de la línea: Envío de pigs de espuma desde el extremo localizado en el cabezal lanzador hacia el receptor	Tantas veces como sea necesario, hasta lograr la limpieza del tramo de prueba.
7	Instalación de instrumentos para la prueba, válvula de venteo, bridas ciegas.	Se realiza la colocación de las válvulas, se ajusto las bridas, antes de iniciar el llenado de la tubería.
8	Llenado de la línea: a través de los venteos del cabezal lanzador (pk: 02+531.598).	El llenado del agua es mediante cisternas a través de una bomba adecuada.
9	Recojo de muestra para análisis del agua.	Se realiza previo al inicio de la presurización
10	Instalación de manómetros, registrador de presión y termómetros calibrados en cada extremo del tramo de prueba(cabezal lanzador-cabezal receptor)	Se instala todos estos instrumentos para la toma de datos, de presión, temperatura.
11	Prueba de resistencia y hermeticidad durante 32 hrs.	Se realiza la prueba hidráulica a la presión 37.5 bar.
12	Despresurización y recojo de muestra de agua.	Previo a la evacuación del agua.
13	Evacuación del agua desde el cabezal receptor hacia el lanzador.	Se evacua toda el agua al sistema de drenaje, autorizado por sedapal.
14	Limpieza de la línea con pigs de espuma.	Tantas veces como sea necesaria para asegurar la limpieza del tramo de prueba.
15	Limpieza de la línea con brushing pigs y disco calibrador.	Tantas veces como sea necesaria para asegurar la limpieza del tramo de prueba.

Fuente: Propia, elaborada a partir del procedimiento constructivo 4.5.2.13

La prueba hidráulica se da por terminada cuando es aceptada por CALIDDA y luego se procede a la evacuación del agua.

La limpieza es terminada cuando el supervisor de CALIDDA da la conformidad.

CAPÍTULO 6

COSTOS

Los costos del proyecto se divide en dos partes: Obra Mecánica y Obra Civil, cada una se elabora según el tipo de actividad a realizarse.

De todos los factores que afectan el costo de un sistema de transporte de gas, lo más relevante es lo constituido por las dimensiones de la tubería. Sin embargo en este capítulo se estimaran y detallaran todos los costos que estén involucrados en el proyecto.

6.1. COSTO DE OBRA MECÁNICA

Los costos de la actividad mecánica se realizaron según los requerimientos de cada partida, empezando desde las máquinas y materiales a utilizar antes, durante y final de la ejecución del proyecto.

En el cuadro N° 6.1 se presenta los precios de materiales y maquinarias que sirven para determinar el costo de la obra mecánica:

Cuadro N° 6.1

Cuadro de precios de materiales y maquinarias de obra mecánica

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT	P.U (\$)	PARCIAL (\$)
EQUIPOS Y ACCESORIOS					
1	Motosoldadora de 47 hp con carreta (Petrolera)	Un	1,00	3.000,00	4.500,00
2	Motosoldadora de 47 hp con carreta (Petrolera)	Un	1,00	3.000,00	4.500,00
3	Pinzas para tierra (30 mts)	Un	2,00	22,00	44,00
4	Extensiones de corriente (30 mts)	Un	2,00	24,00	48,00
5	Extensiones de corriente (50 mts)	Un	1,00	44,00	44,00
6	Cortadura de tubos de 4" Ridgid	Un	1,00	156,25	156,25
7	Portaelectrodos	Un	2,00	52,36	104,72
8	Caretas para soldador	Un	6,00	9,28	55,68
9	Lentes oscuros	Un	8,00	2,62	20,96
10	Mandiles de cuero para soldador	Un	6,00	9,52	57,12
11	Varilla de cobre de 1/2" para tierra	mt	2,00	14,06	28,12
12	Equipo de arenado-compresora-tolva-boquilla diamante	Jgo	1,00	3.000,00	3.000,00
13	Grúa de 1Tonelada capacidad para descargue tubos	Und	1,00	300,00	300,00
14	Camión grúa de 1Tonelada	Un	1,00	7.500,00	7.500,00
15	Holyday Detector	Pz	1,00	2.500,00	2.500,00
16	Polly pig de 4"	Un	8,00	8,13	65,04
17	Cleaning Pig de 4"	Un	2,00	309,83	619,66
18	Conical Cup pig de 4"	Un	2,00	501,22	1.002,44
19	Equipo para prueba hidráulica-Manómetro 100 lbs	Un	1,00	800,00	1.500,00
20	Equipo para inertización	Un	1,00	1.200,00	1.200,00
21	Tecles de 1 tonelada	Un	1,00	40,00	40,00
22	Tecles de 2 toneladas	Un	1,00	40,00	40,00
					27.325,99

PARA DESFILE Y DOBLADO

1	Barretas de 1" x 1.20 mts fierro liso	pz	2,00	3,20	6,40
2	Soga de Bylon de 1/2"	mt	20,00	0,20	4,00
3	Machete de 70 cms	pz	1,00	2,19	2,19
4	Palanca de cuchara	pz	2,00	6,88	13,76
5	Picos de punta	pz	2,00	6,88	13,76
6	Cordel No 16 (grosso)	mt	50,00	1,00	50,00
7	Marcadores de metal	Un	2,00	0,20	0,40
8	Llave francesa de 12"	pz	2,00	1,00	2,00
9	Sacos de polietileno vacíos blancos	un	500,00	0,16	80,00
10	Dobladora de tubos de 4"	un	1,00	3.500,00	3.500,00
					3.672,51

PARA SOLDADURA

1	Comba de 6 lbs con mango	pz	3,00	4,69	14,07
2	Barreta de 1"x 1.20 mts fierro liso	pz	1,00	3,20	3,20
3	Palanas de cuchara con mango	pz	2,00	6,88	13,76
4	Picos de punta con mango	pz	2,00	6,88	13,76
5	Machetes de 70 cm	pz	2,00	2,19	4,38
6	Balón de gas propano con boquilla	Uin	1,00	45,00	45,00
7	Equipo de corte oxi-acetileno, soplete y mangueras	Un	1,00	70,00	70,00

8	Balón de oxígeno	m3	20,00	6,55	131,00
9	Balón de acetileno	m3	20,00	19,04	380,80
10	Amoladora para disco de 7"	pz	3,00	357,00	1.071,00
11	Limas de media caña de 12"	Un	6,00	2,03	12,18
12	Martillo de bola	pz	3,00	5,63	16,89
13	Cinceles de 1/2"x 8" liso o corrugado	pz	3,00	0,40	1,20
14	Baldes de fierro galvanizado de 1 p3	Un	3,00	4,69	14,07
15	Chalecos para soldador(indura)	Un	8,00	17,00	136,00
16	Guantes de cuero flexibles(Indura)	Par	8,00	2,80	22,40
17	Pulidora pequeña (Baby)	pz	1,00	30,00	30,00
18	Cepillos de metal de mano	pz	6,00	1,50	9,00
19	Discos de 1/16"x4" diámetro para pulidora pequeña (Baby)	pz	6,00	2,40	14,40
20	Cepillo de metal 1/2"x4"	pz	4,00	2,00	8,00
21	Discos de desbaste de 3/16"x7"	pz	20,00	2,60	52,00
22	Cepillos de metal de 1/8"x7"	pz	20,00	2,00	40,00
23	Mamparas de protección de 80x1.50	pz	12,00	50,00	600,00
24	Conector hembra y macho para soldadora	pz	2,00	1,20	2,40
					2.705,51

PARA DESCARGUE TUBOS

1	Barrote de madera tornillo de 4"x4"x12'	pz	24,00	16,00	384,00
2	Eslinga tiro largo	Un	3,00	10,00	30,00
					414,00

ELECTRODOS

1	Electrodo E6010 1/8" para raíz(Caja de 4 kg)	kg	48,00	6,25	300,00
2	Electrodo E7010 de 5/32" para relleno (Caja de 4 kg)	kg	144,00	6,25	900,00
					1.200,00

IMPLEMENTOS PERSONALES

1	Camisa de trabajo (Jeans)	Un	10,00	8,00	80,00
2	Casco de Seguridad	Un	10,00	6,50	65,00
3	Zapatos de seguridad	Un	10,00	14,88	148,80
4	Pantalón de trabajo (Jeans)	Un	10,00	8,00	80,00
5	Protectores contra ruido	Un	10,00	6,00	60,00
6	Guantes de cuero	Un	8,00	3,20	25,60
7	Caretas para esmerilador	Un	2,00	9,28	18,56
					477,96

COMBUSTIBLES

1	Petróleo para moto soldadora (2 unidades)	gl	420,00	3,00	1.260,00
2	Otros mantenimiento (cambio de aceite, piezas de equipos)	E	1,00	250,00	250,00
					1.510,00

PARA PRUEBA HIDRAULICA-INERTIZACION-OTROS

1	Agua potable	gl	15.000,00	0,10	1.500,00
2	Gas inerte nitrógeno	m3	50,00	22,00	1.100,00
3	Escoria de cobre	m3	4,00	20,00	80,00
4	Pruebas de soldadura ultrasonido	un	550,00	10,20	5.610,00
5	Prueba de potencial Redox	un	1,00	500,00	500,00
					8.790,00

MATERIALES PARA LINEA GAS

1	Primera adquisición 4926 mts puesto en patio (incluye aduanas)	gbl	1,00	137.135,10	137.135,10
2	Segunda adquisición 1864 mts puesto en patio (incluye aduanas)	gbl	1,00	67.113,01	67.113,01
3	Mantas Ravchem HTLP 60-4000x17/b (4")		550,00	14,88	8.184,00
4	Kid S-1239 Primer - bulk (Kit-2A.1B)		1,00	4.165,00	4.165,00
5	EQ-PR-S1239-PUMP2-A		1,00	522,41	522,41
6	EQ-PR-S1239-PUMP2-B		1,00	522,41	522,41
7	EQ-ROLLER-FLAT-SILICON		1,00	164,22	164,22
					217.806,15

POSTES DE POTENCIAL CATODICO

1	Tubo de acero A36 152 mm (6") espesor 3.2 mm con costura x 6.40 mt	pz	6,00	110,00	660,00
2	Plancha acero A36, espesor 3.2 mm 1/8"x4'x8'	pl	2,00	62,50	125,00
3	Plancha acero A36, espesor 4.8 mm 3/16"x4'x8'	pl	1,00	186,50	186,50
4	Plancha acero A36 espesor 6.4 mm 1/4"x4'x4'	pl	1,00	148,50	148,50
5	Plancha de aluminio anodizado espesor 2 mm x2'x4'	pl	1,00	19,80	19,80
6	Plancha SAE 1010/1020 espesor 5 mm x4'x4'	pl	2,00	395,00	790,00
7	Plancha SAE 1010/1020 espesor 5 mm x1000x400	pl	1,00	188,90	188,90
8	Plancha SAE 1010/1020 espesor 3.2 mm x 150x750 mm	pl	1,00	2,50	2,50
9	Tubo negro de 76 mm (3" exterior) espesor 3.2 mm	pz	8,00	50,00	400,00
10	Indicadores (pintado) mano de obra	und	1,00	700,00	700,00
					3.221,20

MANO DE OBRA

1	Mano de Obra Directa incluye leyes y beneficios sociales	Gbl	1,00	42.000,00	42.000,00
---	--	-----	------	-----------	------------------

TOTAL GENERAL**309.123,32****6.2. COSTO DE OBRA CIVIL**

Los costos civiles se realizan según cada actividad a desarrollarse.

El inicio de la obra se da con la obra civil, el cuadro N° 6.2 presenta la lista de precios de materiales y maquinarias que sirven para definir el costo de obra civil:

Cuadro Nº 6.2**Cuadro de precios de materiales y maquinarias de obra civil**

ITEM	DESCRIPCION	UN	CANT	P.U (\$)	PARCIAL (\$)
	EQUIPOS TOPOGRAFIA -MOVIMIENTO DE TIERRAS-OTROS				
1	Cargador frontal 920 eliminación desmonte	Un	1,00	3.000,00	3.000,00
2	Volquetes de 10 m3 eliminación desmonte	Un	1,00	6.750,00	6.750,00
3	Retroexcavadora (1) 56 hp	Un	1,00	23.625,00	23.625,00
4	Retroexcavadora (2) 56 hp	Un	1,00	23.625,00	23.625,00
5	Compactadora de plancha 7 hp	Un	1,00	2.250,00	2.250,00
6	Mezcladora de trompo 9 p3	Un	1,00	360,00	360,00
7	Vibrador de aguja cabezote de 1 1/2"	Un	1,00	112,50	112,50
8	Cortadora de pavimentos hasta 8"	Un	1,00	450,00	450,00
9	Bellmorel aplicación curador	Un	1,00	12,50	12,50
10	Teodolito con trípode	Un	1,00	62,50	62,50
11	Nivel semiautomático con trípode y mira	Un	1,00	1.312,50	1.312,50
12	Cocina asfalto con boquilla	Un	1,00	187,50	187,50
13	Rodillo liso autopropulsado rola 80 cms	Un	1,00	150,00	150,00
14	Fletes y transportes	Gbl	1,00	500,00	500,00
					62.397,50

HERRAMIENTAS Y OTROS

1	Palanas de cuchara con mango madera	pz	48	8,75	420,00
2	Picos de punta con mango de madera	pz	36	6,88	247,50
3	Bugües de 3 p3 con llanta neumática	pz	6	50,00	300,00
4	Latas concreteras de 1 p3	pz	20	1,41	28,13
5	Deposito para agua de 1 m3	pz	1	140,63	140,63
6	Rastrillo metálico 60 cms 3/8"x2" x.04 cms	pz	4	2,50	10,00
7	Barreta de 2" x 1.20 mts corrugado	pz	2	4,69	9,38
8	Comba de 20 lbs con mango	pz	2	14,06	28,13
9	Comba de 6 lbs con mango	pz	2	4,69	9,38
10	Chalecos reflectivos	Un	10	18,00	180,00
11	Zapatos de seguridad	Par	12	16,50	198,00
12	Cascos de seguridad	un	48	6,88	330,00
13	Implementos varios (tapones de oído, guantes de maniobra, lentes de seguridad)	un	1	1.000,00	750,00
14	Cinceles de 3/4"x 30 cms corrugado	pz	2	0,47	0,94

15	Puntas de 3/4"x30 cms corrugado	pz	2	0,47	0,94
16	Escobas de paja domésticos	pz	12	2,19	26,25
17	Fierro corrugado de 3/8" para estacas	pz	2	3,75	7,50
18	Machete de 70 cms domestico	pz	1	2,50	2,50
19	Serrucho de 22" Stanley para madera	pz	1	10,94	10,94
20	Cilindro vacío para combustible	pz	2	14,06	28,13
21	Tela paño (rojo-verde-amarillo)	mt	3	1,25	3,75
22	Wincha de tela de 50 mts	pz	1	18,75	18,75
23	Martillo carpintero	pz	1	5,00	5,00
					2.755,81

MATERIALES PARA PREFABRICADO POSTES

1	Cemento portland tipo I	bl	12	5,78	69,38
2	Hormigón de río fino	m3	3	7,50	22,50
3	Madera tornillo de 1"x6"x8' c1c	pz	20	4,38	87,50
4	Madera tornillo de 2"x2"x4' c4c	pz	120	1,88	225,00
5	Clavos c/c de 2"	kg	2	1,19	2,38
					406,75

PARA CANCHA DE TUBOS

1	Madera tornillo de 4"x4"x5' c4c	pz	34	7,29	247,86
2	Alambre púa galvanizado #12x14	ml	250	0,19	46,88
3	Clavos de 1" c/c	kg	0,5	1,19	0,59
					295,33

PARA LETREROS DE SEÑALIZACION DE TRANSITO

1	Madera tornillo de 2"x4"x8'	pz	24	5,83	139,92
2	Plancha de tryplay lupuna BB de 6mmx4'x8'	pl	4	8,13	32,50
3	Clavos de 2 1/2" c/c	kg	2	1,19	2,38
4	Clavos de 1" c/c (global)	kg	2	1,19	2,38
5	Pintura esmalte blanco anypsa	gl	2	7,50	15,00
6	Pintura esmalte rojo anypsa	gl	2	7,50	15,00
					207,18

ARTEFACTOS SEÑALIZACION -PASO PROVISIONAL

1	Cono de seguridad de transito(muestra)	Un	50	26,56	1.328,13
2	Lámparas de destello a batería (ambar)	Un	4	45,00	180,00
3	Madera tornillo de 2"x3"x8' c4c	pz	10	4,38	43,75
4	Madera tornillo 1 1/2"x8"x8' c4c	pz	10	8,75	87,50
5	Clavos de 2 1/2"-3" -4" (1 cada uno)	kg	2	1,19	2,38

6	Cinta seguridad amarilla 20 cms	kg	50	2,50	125,00
7	Cinta protección calada naranja h= 1 mts	mts	1000	0,90	900,00
					2.666,76

MATERIALES PARA REPOSICION PAVIMENTOS-OTROS

1	Arena fina para relleno zanja	m3	1400	6,88	9.625,00
2	Cinta señalización "Peligro-Línea de gas" 60 cm	mts	6500	0,15	975,00
					10.600,00

REPOSICION ASFALTO

1	Arena gruesa grano duro	m3	35	6,88	240,63
2	Piedra de 1/2"	m3	28	15,63	437,50
3	Asfalto RC-250 pen 85	gl	360	3,75	1.350,00
4	Kerosene Industrial	gl	50	3,44	171,88
					2.200,00

REPOSICION PAVIMENTOS CONCRETO

1	Cemento portland tipo I	bl	360	5,78	2.081,25
2	Piedra chancada de 3/4"	m3	36	15,63	562,50
3	Arena gruesa modulo fineza 2.00	m3	16	7,50	120,00
4	Curador Membranil A	gl	2	4,69	9,38
5	Agua potable	m3	200	0,28	56,25
					2.829,38

DISEÑOS DE MEZCLAS Y PRUEBAS COMPACTACION

1	Estudio de suelos	Un	1,00	106,25	106,25
2	Diseño mezclas concreto	Un	2,00	156,25	312,50
3	Diseño mezcla asfalto	Un	1,00	312,50	312,50
4	De compactación	Un	50,00	10,00	500,00
					1.231,25

MANO DE OBRA

1	Mano de Obra Directa incluye Leyes y beneficios sociales	Gbl	1,00	22.187,50	22.187,50
---	--	-----	------	-----------	-----------

TOTAL GENERAL

107.777,45

6.3 RESUMEN DE COSTOS

Se presenta el cuadro N° 6.3 en el cual se compara el costo de obra civil y mecánico, con la finalidad de tener un control de los gastos de las partidas que predominan en la obra.

Cuadro N° 6.3.- Resumen de costos de obra civil y mecánica

DESCRIPCIÓN	MONTO	%PARCIAL	%TOTAL
OBRAS CIVILES	107789,97	100	25,85
Equipos Topografía- Movimiento de Tierras	62397,00	57,89	14,97
Herramientas y Otros	2766,81	2,57	0,66
Materiales Para Prefabricados Postes	408,76	0,38	0,10
Para Cancha de Tubos	295,33	0,27	0,07
Señalización de Tránsito	207,18	0,19	0,05
Artefactos Señalización - Paso Provisional	2666,76	2,47	0,64
Materiales para Reposición Pavimentos - Otros	10600,00	9,83	2,54
Reposición de Asfalto	2200,00	2,04	0,53
Reposición Pavimentos Concreto	2829,38	2,62	0,68
Diseños y Pruebas	1231,25	1,14	0,30
Mano de Obras	22187,50	20,58	5,32
OBRAS MECÁNICAS	309123,33	100	74,15
Equipos y Accesorios	27325,96	8,84	6,55
Para Desfile y Doblado	3672,51	1,19	0,88
Para Soldadura	2705,51	0,88	0,65
Para Descargue de Tubos	414,00	0,13	0,10
Electrodos	1200,00	0,39	0,29
Implementos Personales	477,99	0,15	0,11
Combustibles	1510,00	0,49	0,36
Para Prueba Hidráulica - Inertización - Otros	8790,00	2,84	2,11
Materiales Para Línea de Gas	217806,16	70,46	52,24
Postes de Potencial Catódico	3221,20	1,04	0,77
Mano de Obra	42000,00	13,59	10,07

TOTAL = 416913,30 Dólares

Fuente: Elaboración propia

Los materiales para la línea de gas representan el 52,24 % del costo total.

Se observa que los equipos topográficos, movimiento de tierras es el 14,97 %; la mano de obra representa el 10,07 %, los tres representan en conjunto el 77,28% del costo total.

CONCLUSIONES

1. El factor más importante en el costo del transporte de gas natural es el de materiales para línea de gas, que en nuestro caso representa un poco más del 50 % del costo total.
2. El costo de 60,000 dólares por kilómetro de gaseoducto esta dentro del costo estándar para este tipo de instalaciones.
3. Para el buen éxito del tendido de gas, se hace necesario tomar en cuenta los aspectos tales como: los permisos de los trabajos Municipales, estudios de restos arqueológicos, elaboración del plan del medio ambiente.
4. El personal técnico, está suficientemente preparado para llevar adelante la construcción de tuberías de gas, bajo cualquier circunstancia.
5. Para verificar que la tubería va a soportar la presión de trabajo se le realiza la prueba hidráulica y neumática.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar las Normas Internacionales y Nacionales en el mantenimiento del gaseoducto.
2. En el movimiento de tierras es importante realizar el trazado de línea por zonas de menor interferencia, ya que eso implica una menor profundidad de zanja.
3. Realizar una programación de trabajo y llevar el control de su ejecución día a día.
4. Realizar la pre limpieza de todas y cada una de las tuberías.
5. Verificar que se haya eliminado el óxido existente en la tubería.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

1. QUADRI, Nestor. Instalaciones de gas. Buenos Aires Argentina, Librería y editorial Alsina, quinta edición. 2004.
2. TYLER G. HICKS .Cálculos de Ingeniería. Barcelona, España. Editorial Reverté S.A. 1981.

MANUALES Y CATALOGOS

3. CALIDDA. Manual de construcción de redes externas. Lima - Perú. 2008.
4. Tenaris Tamsa. Catálogo de tuberías de acero de conducción. Argentina.2008.
5. Esferomatic. Catálogo de válvulas esféricas bridadas. Argentina. 2010.
6. Raychem HTLP 60. Catálogo de instalación de mantas termo contraíbles. USA. 2006.
7. Exsa Oerlikon . Catálogo de propiedades de electrodos. Perú. 2003.

CÓDIGO Y NORMAS

8. OSINERGMIN. Reglamento de distribución de gas natural por red de ductos: decreto supremo N° 042-99 EM. 2008.
9. Norma American Petroleum Institute (API): API Standard 1104.1999.

10. Norma The American Society of Mechanical Engineers (ASME): código de ASME para tubería a presión B.31.8. USA. 1999.