

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA PETROLERA**



**“DISEÑO DE GASODUCTO EN EL TRAMO LA PAZ-
COROICO-CARANAVI”**

Proyecto de grado presentado para optar al Título de Licenciatura en
Ingeniería en Petróleo, Gas y Procesos

POSTULANTE: JORGE BLANCO CHOQUE
TUTOR: M. SC. ING. REYNALDO MARÍN DOMÍNGUEZ

LA PAZ - BOLIVIA
2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

DEDICATORIA

A Dios, por darme una oportunidad más de poder seguir adelante y de seguir vivo; por darme las decisiones correctas; por ser protector de mi familia y guiarme en los momentos más críticos.

A mis padres, René y Gladys, por darme el apoyo incondicional, por enseñarme todos los valores de ética y moral, por enseñarme a valorar la vida, por darme la inspiración e impulso para seguir adelante y lograr todos los objetivos en la vida. A mi hermana Wara que me incentivo a iniciar en ingeniería y a mi hermana Gladys que siempre me dio aliento a lo largo de la carrera.

A mi familia, a mi esposa Kelly que siempre está a mi lado en cada momento ya sean buenos o malos, a mi hija Jade que me da inspiración para seguir adelante y nunca rendirme.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme el valor y la perseverancia de seguir adelante en todo momento. A la Universidad Mayor de San Andrés y a la Facultad de ingeniería por abrirme las puertas para iniciar mi carrera universitaria y a los Docentes quienes día a día transmitieron todos sus conocimientos en pro de mi formación profesional.

A mis Padres por su sacrificio, constante apoyo moral y material, que me ha permitido llegar a estas instancias de realización personal y profesional, inculcándome siempre la responsabilidad y deseos de superación. Sin ustedes no hubiese sido la persona que hoy soy.

A mi Familia, por siempre estar pendiente de mí. Por brindarme momentos inolvidables que forman parte de mis mejores recuerdos y por darme el amor y comprensión.

A mi Tutor y director de carrera Ing. Reynaldo Marín por la ayuda, guía y consejos en la realización de este trabajo de grado.

A mis Revisores, agradecerles por darme la oportunidad, por el tiempo que me han dedicado, y por confiar en mí.

A mis Amigos y compañeros de clases por los momentos de alegría, tristeza, apoyo. Saben que ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

Y Agradezco finalmente a todas aquellas personas que me apoyaron, confiaron en mí, colaboraron y estuvieron presentes en el transcurso de la realización del presente trabajo y que no los mencione. ¡Muchas gracias!

ÍNDICE

CAPITULO 1 GENERALIDADES.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.3.1 DESCRIPCIÓN O IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA	4
1.3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.4 OBJETIVOS	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.5 JUSTIFICACIÓN	5
1.5.1 TÉCNICA OPERATIVA.....	5
1.5.2 ECONÓMICA FINANCIERA	6
1.5.3 SOCIAL	6
1.5.4 AMBIENTAL	6
1.6 ALCANCE	6
1.6.1 ALCANCE TEMÁTICO.....	6
1.6.2 ALCANCE GEOGRÁFICO.....	7
1.6.3 ALCANCE TEMPORAL.....	7
1.7 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.7.1 PARADIGMA DE INVESTIGACIÓN	7
1.7.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	7
1.7.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN O ENFOQUE GENERAL.....	7
1.7.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.7.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	7
1.7.6 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	8
1.7.7 INSTRUMENTOS.....	8

1.7.8	INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	8
1.7.9	CUADRO DE IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS.....	8
CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS		9
2.1	CONTENIDO TEMÁTICO	9
2.2	TIPOS DE INGENIERÍA	10
2.2.1	INGENIERÍA CONCEPTUAL.....	10
2.2.2	INGENIERÍA BÁSICA	10
2.3	DEFINICIÓN DE TOPOGRAFÍA	11
2.3.1	CONSIDERACIONES BÁSICAS EN TOPOGRAFÍA.....	11
2.3.2	TIPOS DE LEVANTAMIENTO GENERAL.....	12
2.3.3	CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (S.I.G.).....	13
2.3.4	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ARCGIS.....	13
2.4	DEFINICIÓN DE GAS NATURAL.....	14
2.4.1	CLASIFICACIÓN DEL GAS NATURAL DE ACUERDO A SU COMPOSICIÓN	14
2.4.2	CONTAMINANTES EN EL GAS NATURAL	15
2.4.3	CROMATOGRAFÍA DEL GAS NATURAL.....	16
2.4.4	PROPIEDADES DEL GAS NATURAL.....	17
2.5	TIPOS DE DUCTOS	23
2.5.1	DUCTOS PARA FLUJO DE GAS	23
2.5.2	DUCTOS PARA FLUJO LÍQUIDO	24
2.5.3	DUCTOS PARA FLUJO BIFÁSICO	25
2.6	HIDRÁULICA DE DISEÑO	26
2.6.1	PROPIEDADES Y RÉGIMEN DE LOS FLUIDOS	26
2.6.2	NUMERO DE REYNOLDS.....	26
2.6.3	RUGOSIDAD DE LA TUBERÍA	27
2.6.4	ECUACIÓN GENERAL DE FLUJO DE GASES.....	28

2.7	DEFINICIÓN TRAZO PROPUESTO Y TOPOGRAFÍA.....	32
2.7.1	PERFIL LONGITUDINAL	32
2.7.2	DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO	33
2.8	CLASES DE LOCALIDAD Y FACTORES DE DISEÑO	33
2.8.1	LOCALIDAD CLASE 1	33
2.8.2	LOCALIDAD CLASE 2	33
2.8.3	LOCALIDAD CLASE 3	33
2.8.4	LOCALIDAD CLASE 4	34
2.8.5	FACTORES DE DISEÑO SEGÚN LA CLASE DE LOCALIDAD	34
2.9	Presión de diseño para tuberías de Acero	34
2.9.1	FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL	35
2.9.2	Factor de Disminución de Temperatura.....	35
2.10	Selección de Tubería.....	36
2.10.1	Máxima presión de Operación	36
2.10.2	Propiedades de la tubería.....	36
2.10.3	Determinación del Espesor de la tubería.....	36
2.11	Grado del Material	37
2.11.1	Límite de Fluencia.....	37
2.11.2	Límite de Elasticidad.....	38
2.12	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL	40
2.12.1	La Cadena de Hidrocarburos.....	40
2.12.2	Sistema de distribución del gas natural	42
2.12.3	CITY GATE (ESTACIÓN DE RECEPCIÓN Y DESPACHO).....	42
2.12.4	Manifold de red primaria	43
2.12.5	Corralito.....	43
2.12.6	Cámaras.....	44
2.12.7	EDR (Estación Distrital de Regulación).....	45
2.12.8	Línea de transición.....	45

2.13	Tuberías, instrumentación y accesorios.....	46
2.13.1	Tuberías.....	46
2.13.2	Instrumentación.....	48
2.13.3	ACCESORIOS (FITTINGS).....	55
2.14	PROTECCIÓN CATÓDICA.....	60
2.14.1	SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA.....	60
2.14.2	Conceptos básicos.....	60
2.14.3	CONCEPTOS DE CORROSIÓN.....	62
2.14.4	FUNDAMENTOS DE PROTECCIÓN CATÓDICA.....	63
2.14.5	TIPOS DE SISTEMA CON PROTECCIÓN CATÓDICA CON CORRIENTE GALVÁNICA E IMPRESA.....	64
2.15	PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	64
2.15.1	EQUIPO PARA PRUEBA HIDRATICOS.....	65
2.15.2	PROCEDIMIENTO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA.....	67
CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN.....		70
3.1	TRABAJOS PRELIMINARES.....	70
3.1.1	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN.....	70
3.1.2	ESTUDIOS DEL TRAZADO.....	70
3.1.3	ESTUDIO SÍSMICO.....	70
3.1.4	ESTUDIOS GEOTÉCNICOS.....	70
3.1.5	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	71
3.1.6	ESTUDIO DE PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....	71
3.1.7	ESTUDIO DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA SUPERFICIAL...	71
3.1.8	REQUISITOS PREVIOS PARA LA INICIACIÓN DEL TRABAJO.....	71
3.2	PROCEDIMIENTO OPERATIVO.....	72
3.2.1	INSTALACIÓN DE FAENAS, PROVISIÓN Y COLOCADO DE LETREROS DE OBRA.....	73
3.2.2	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO, MATERIAL, HERRAMIENTAS Y PERSONAL.....	81

3.2.3	ELABORACIÓN DE PLANOS AS BUILT	85
3.2.4	REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRÁFICO DE LA LÍNEA.....	89
3.2.5	DESBROCE Y/O ABERTURA DEL DDV	91
3.2.6	EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO ROCOSO Y SEMIDURO A DURO 94	
3.2.7	CARGUÍO, TRANSPORTE Y DESCARGUÍO DE TUBERÍA Y ACCESORIOS DE ANC SCH 40.....	97
3.2.8	DESFILE.....	103
3.2.9	CURVADO DE TUBERÍA.....	106
3.2.10	SOLDADURA DE TUBERÍA.....	112
3.2.11	RADIOGRAFÍA (GAMMAGRAFÍA).....	119
3.2.12	MANTA TERMO CONTRAÍBLE	122
3.2.13	VERIFICACIÓN DE REVESTIMIENTO MEDIANTE HOLIDAY DETECTOR Y REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO	130
3.2.14	BAJADO.....	133
3.2.15	RELLENO DE ZANJA CON TIERRA FINA O CERNINA Y RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA COMÚN Y CINTA DE SEÑALIZACIÓN.....	137
3.2.16	PROTECCIÓN CATÓDICA	142
3.2.17	PRUEBA HIDROSTÁTICA	148
CAPITULO 4 APLICACIÓN PRACTICA.....		163
4.1	DETERMINACIÓN DEL TRAZADO DEL GASODUCTO LA PAZ-COROICO- CARANAVI.....	163
4.1.1	Características Geográficas del GASODUCTO.....	168
4.2	ANÁLISIS DE LA CARACTERÍSTICAS DEL GASODUCTO GAA	171
4.2.1	Identificación de la cromatografía del gas	171
4.2.2	Parámetros de operación.....	172
4.2.3	Determinación de las propiedades fisicoquímicas.....	173
4.3	Calculo de la demanda de gas	178
4.3.1	demanda de gas en Caranavi.....	178

4.3.2	Demanda de gas en Coroico	190
4.4	PROTECCIÓN CATÓDICA	193
4.4.1	CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA	193
4.4.2	CALCULO DE REQUERIMIENTO DE CORRIENTE.	194
4.4.3	SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA. 196	
4.4.4	NORMAS Y CÓDIGOS DE REFERENCIA.....	198
CAPITULO 5 SIMULACIÓN DEL GASODUCTO LA PAZ-COROICO-CARANAVI		199
5.1	SOFTWARE SIMULADOR PIPEPHASE.....	199
5.1.1	Aplicaciones del simulador.....	199
5.2	SOFTWARE DE SIMULACIÓN HYSYS.....	199
5.2.1	Descripción del simulador HYSYS.....	200
5.3	SOFTWARE SIMULACIÓN PIPESIM	200
5.4	Análisis y selección del software para la línea de recolección.....	201
5.5	Simulación de la línea de recolección con el software PIPEPHASE	201
5.5.1	Datos de entrada.....	202
5.6	Manejo y simulación en pipephase.....	202
CAPITULO 6 INGENIERÍA DE COSTOS Y EVALUAOS		212
6.1	EVALUACIÓN TÉCNICA.....	212
6.1.1	Equipos.....	212
6.1.2	Recursos Humanos.....	215
6.2	EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	217
6.2.1	COSTOS DE OBRAS CIVILES.....	217
6.2.2	Estimación de Costos de ingeniería y servicios.....	220
6.2.3	Costos de recursos humanos	222
6.2.4	Costo total de la línea de recolección	222

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	224
7.1 CONCLUSIONES	224
7.2 BIBLIOGRAFÍA	226

ÍNDICE DE FIGURAS CAPITULO 1 GENERALIDADES

FIGURA 1: DESLIZAMIENTO FEBRERO DEL 2019 CERCA AL PUENTE DE LAS ARMAS RUTA YOLOSITA CARANAVI	2
FIGURA 3: GRAFICA DE ISHIKAWA	4

CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

FIGURA 4: DIAGRAMA DE MOODY	31
FIGURA 5: FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL	35
FIGURA 6: DIAGRAMA DE ESFUERZO	38
FIGURA 7: LIMITE DE ELASTICIDAD	39
FIGURA 8: ZONA DE TENSIÓN POST-MÁXIMA	40
FIGURA 9: CADENA DE HIDROCARBUROS	40
FIGURA 10: MIDSTREAM.	41
FIGURA 11: CADENA DEL GAS EN BOLIVIA	41
FIGURA 12: DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL	42
FIGURA 13: DESCRIPCIÓN DE CITY GATE	43
FIGURA 14: MANIFOLD	43
FIGURA 15: CORRALITO	44
FIGURA 16: CÁMARA POR DEBAJO DEL DDV	44
FIGURA 17: CÁMARA	44
FIGURA 18: EDR (ESTACIÓN DISTRITAL DE REGULACIÓN)	45
FIGURA 19: LÍNEA DE TRANSICIÓN	46
FIGURA 20: TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO	46
FIGURA 21: LASTRADO	47
FIGURA 22: ADOSADO	47
FIGURA 23: ENTRAMADO	48
FIGURA 24: TUBERÍA DE POLIETILENO	48
FIGURA 25: VÁLVULA DE MARIPOSA	49
FIGURA 26: VÁLVULA DE GLOBO	49
FIGURA 27: VÁLVULA DE COMPUERTA	50
FIGURA 28: VÁLVULA DE DIAFRAGMA	50
FIGURA 29: FILTROS DE GAS SECO	51
FIGURA 30: FILTROS SEPARADORES	51
FIGURA 31: FILTROS COALESCENTES	52
FIGURA 32: ODORIZACIÓN POR ARRASTRE	53
FIGURA 33: ODORIZACIÓN POR MECHA O CONTACTO	53
FIGURA 34: ODORIZACIÓN POR GOTEÓ	54
FIGURA 35: ODORIZACIÓN MEDIANTE INYECCIÓN	55
FIGURA 36: SISTEMA DE MEDICIÓN	55
FIGURA 37: CODOS	56
FIGURA 38: TEES	57
FIGURA 39: CAPS	58
FIGURA 40: WELDOLET	58

FIGURA 41:	THREADOLET	58
FIGURA 42:	SOCKOLET	59
FIGURA 43:	CUPLA, NIPLE Y BUJE.....	59

CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE UN GASODUCTO

FIGURA 44:	INSPECCIÓN PREVIA A UNA OBRA.....	72
FIGURA 45:	MAPA EN LA INSPECCIÓN PREVIA	72
FIGURA 46:	DORMITORIO	76
FIGURA 47:	COMEDOR	76
FIGURA 48:	OFICINA	77
FIGURA 49:	COCINA.....	77
FIGURA 50:	ALMACENES.....	77
FIGURA 51:	PARQUEO.....	78
FIGURA 52:	PUNTO DE COPIO PARA TUBERÍA.....	78
FIGURA 53:	ACOPIO DE AGREGADOS.	79
FIGURA 54:	ACOPIÓ DE RESIDUOS.....	79
FIGURA 55:	PUNTO DE ENCUENTRO	80
FIGURA 56:	AMBIENTE DE PRIMEROS AUXILIAS.....	80
FIGURA 57:	TALLER	80
FIGURA 58:	LETRERO DE OBRA	81
FIGURA 59:	MOVILIZACIÓN DEL PERSONAL	84
FIGURA 60:	DESCARGUE DE RETROEXCAVADORAS.....	84
FIGURA 61:	MOVILIZACIÓN DE MATERIALES	84
FIGURA 62:	TIPOS DE PLANO AS-BUILT	86
FIGURA 63:	REFERENCIA PARA LOS PLANOS AS BUILD	88
FIGURA 64:	EJEMPLO DE UNA PARTE DE UN PLANO.....	88
FIGURA 65:	HABILITACIÓN DEL DERECHO DE VÍA.....	93
FIGURA 66:	EXCAVACIÓN DE TERRENO SEMI DURO A DURO.....	96
FIGURA 67:	EXCAVACIÓN DE TERRENO ROCOSO	97
FIGURA 68:	CRITERIO DE RECHAZO EN LA RECEPCIÓN.....	99
FIGURA 69:	FIGURA: PLACA CALIBRADORA	101
FIGURA 70:	DES CARGUÍO DE TUBERÍA.....	103
FIGURA 71:	CARGUÍO DEL PUNTO DE ACOPIO	105
FIGURA 72:	DESCARGUIO DE LA TUBERÍA A LA LÍNEA.....	106
FIGURA 73:	DESFILE DE TUBERÍA.....	106
FIGURA 74:	CALCULO DEL ANGULO DE CURVATURA.....	111
FIGURA 75:	CURVADO DE TUBERÍA	111
FIGURA 76:	PASO DE LA PLACA CALIBRADORA	112
FIGURA 77:	ALINEAMIENTO DE TUBERÍA PARA LA SOLDADURA	117
FIGURA 78:	SOLDADURA DE TUBERÍA.....	118
FIGURA 79:	INSPECCIÓN VISUAL	118
FIGURA 80:	GAMMAGRAFÍA.....	122
FIGURA 81:	LIMPIEZA DE LA JUNTA	129
FIGURA 82:	MANTEO DE LA JUNTA	129
FIGURA 83:	PASO DE HOLIDAY DETECTOR.....	133
FIGURA 84:	REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO	133
FIGURA 85:	BAJADO DE TUBERÍA.....	136

FIGURA 86:	CINTA DE SEÑALIZACIÓN	138
FIGURA 87:	ESQUEMA DE LA ZANJA.....	139
FIGURA 88:	RELLENO DE TIERRA FINA O CERNIDA	141
FIGURA 89:	PUESTA DE CINTA DE SEÑALIZACIÓN.....	141
FIGURA 90:	TAPADO CON TIERRA COMÚN	142

CAPITULO 4 APLICACIÓN PRACTICA

FIGURA 91:	CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE CITY GATE SENKATA	
FIGURA 92:	CITY GATE SENKATA.....	169
FIGURA 93:	PERFIL ELEVACIONES DEL SENKATA - CARANAVI.....	170
FIGURA 94:	PERFIL ELEVACIONES DEL RAMAL COROICO.....	170
FIGURA 95:	CROMATOGRAFÍA DEL GAS NATURAL	171
FIGURA 96:	PAGINA DEL INE	179
FIGURA 97:	PAGINA DEL INE	179
FIGURA 98:	PAGINA DEL INE	180
FIGURA 99:	FIGURA: PAGINA DEL INE	180
FIGURA 100:	FIGURA: PAGINA DEL INE	181
FIGURA 101:	FIGURA PESTAÑA DISOLVER.....	181
FIGURA 102:	FIGURA: PAGINA DEL INE	182
FIGURA 103:	FIGURA: PAGINA DEL INE	182
FIGURA 104:	POBLACIÓN EMPADRONADA EN CARANAVI.....	183
FIGURA 105:	POBLACIÓN EMPADRONADA EN CARANAVI.....	191

CAPITULO 5 SIMULACIÓN DEL GASODUCTO LA PAZ-COROICO-CARANAVI

FIGURA 106:	PRIMERA VENTANA DEL SIMULADOR PIPEPHASE	203
FIGURA 107:	TIPO DE SIMULACIÓN EN PIPEPHASE	203
FIGURA 108:	TIPO DE FLUIDO EN PIPEPHASE	204
FIGURA 109:	DESIGNACIÓN DE FASE DEL FLUIDO.....	204
FIGURA 110:	SELECCIÓN DE UNIDADES EN PIPEPHASE	205
FIGURA 111:	RESUMEN DE DATOS DE TIPO DE SIMULACIÓN	205
FIGURA 112:	AÑADIR COMPOSICIÓN DEL GAS EN PIPEPHASE.....	206
FIGURA 113:	COMPUESTOS AÑADIDOS A PIPEPHASE	206
FIGURA 114:	ESQUEMA FINAL DE LA SIMULACIÓN	207

**ÍNDICE DE TABLAS
CAPITULO 1 GENERALIDADES**

TABLA 1: IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS.....	8
---	---

CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

TABLA 2: OBJETIVOS ESPECÍFICOS, ACCIONES, TEMA Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
TABLA 3: COMPOSICIÓN TÍPICA DEL GAS NATURAL	15
TABLA 4: CONTAMINANTES DEL GAS NATURAL	16
TABLA 5: ECUACIÓN DEL FACTOR Z	20
TABLA 6: RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES	28
TABLA 7: FACTOR DE DISEÑO F.....	34
TABLA 8: FACTOR DE DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA.....	36
TABLA 9: GRADO DEL MATERIAL	37
TABLA 10: CLASIFICACIÓN DE VÁLVULAS SEGÚN LA BRIDA:	49
TABLA 11: TABLA COMPARATIVA DE ODORIZACIÓN POR GOTEOS VS POR INYECCIÓN	54

CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN Y EJECUCIÓN DE UN GASODUCTO

TABLA 12: TOLERANCIA DE ESPESORES.....	100
TABLA 13: FORMULA CÁLCULO DE PLACA CALIBRADORA	101
TABLA 14: REQUERIMIENTOS DE DOBLADO EN FRIO.....	108
TABLA 15: DIÁMETRO DE LA PLACA CALIBRADORA.....	109
TABLA 16: VOLTAJE RESPECTO AL TIPO DE REVESTIMIENTO	131
CAPITULO 4 APLICACIÓN PRACTICA	142
TABLA 17: CONDICIONES DE OPERACIÓN	173
TABLA 18: CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DEL GAS.....	173
TABLA 19: TASA DE CRECIMIENTO	183
TABLA 20: TABLA: PROYECCIÓN DE HABITANTES A 20 AÑOS.....	184
TABLA 21: TABLA: POTENCIA DE UN EQUIPO.....	185
TABLA 22: TABLA: PORCENTAJE MÍNIMOS DE COBERTURA Y SIMULTANEIDAD	185
TABLA 23: TABLA: CONSUMO INDIVIDUAL DOMESTICO	186
TABLA 24: TABLA: CONSUMO DOMÉSTICO PROYECTADO	186
TABLA 25: CONSUMO COMERCIAL PROYECTADO	187
TABLA 26: SELECCIÓN DE EDR SEGÚN EL ANEXO DE LA ANH.	188
TABLA 27: SELECCIÓN DE EDR SEGÚN EL ANEXO DE LA ANH.	188
TABLA 28: CONSUMO DE GNV	189
TABLA 29: RESUMEN DE CAUDAL	189
TABLA 30: CAPACIDAD DE CITY GATE	190
TABLA 31: TASA DE CRECIMIENTO EN COROICO.....	191
TABLA 32: PROYECCIÓN DE CONSUMO.....	192

CAPITULO 5 SIMULACIÓN DEL GASODUCTO LA PAZ-COROICO-CARANAVI

TABLA 33:	DIFERENCIAS ENTRE HYSYS Y PIPESIM	201
TABLA 34:	COMPOSICIÓN INICIAL	202

CAPITULO 6 INGENIERÍA DE COSTOS Y EVALUAOS

TABLA 35:	MATERIALES, EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE RECOLECCIÓN	212
TABLA 36:	RECURSOS HUMANOS	215
TABLA 37:	ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE INSTALACIÓN DE LA LÍNEA	217
TABLA 38:	INGENIERÍA Y SERVICIOS PARA LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE RECOLECCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
TABLA 39:	COSTOS DE RECURSOS HUMANOS	222
TABLA 40:	COSTO TOTAL DEL PROYECTO	223

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto denominado “DISEÑO DE GASODUCTO EN EL TRAMO LA PAZ-COROICO-CARANAVI” se propone diseño y construcción del gasoducto con un ramal, teniendo en cuenta que el consumo y los volúmenes energéticos tanto de la existencia de una planta en Caranavi y de Coroico tiene un potencial turístico, tomando en cuenta que el tramo tiene pendiente pronunciadas y lugares inestables.

En el Capítulo I Se muestra la necesidad de tener un gasoducto en Caranavi, ya que tiene una planta procesadora de café. También se tiene en cuenta que con un gasoducto en el lugar se podría engarrafar para localidades de más al norte de la Paz. Así también, se sabe de la existencia de un nuevo pozo Mayaya Centro x1 que no está muy lejos de Caranavi. Mientras tanto, el ramal a Coroico abastecerá a un sector que está en constante crecimiento turístico. Se ve en el capítulo las distintas problemáticas al ser un desafío por las pendiente y lugares inestables.

En el Capítulo II Se muestra los fundamentos de ingeniería y la distribución del gas natural, de dónde parte y hasta dónde llega en sus diferentes etapas. También se muestra la hidráulica de fluidos y los diferentes materiales para que llegue a su respectivo destino el gasoducto.

En el Capítulo III Se muestra la fase de construcción desde cero, cómo es el proceso de construcción hasta que se lo hace un tapado del ducto con todas sus fases, mostrado así los materiales, personal necesario, seguridad y una descripción de cada una de las fases.

En el Capítulo IV Se realiza el diseño del ducto en sí, desde la cromatografía en el cual se realiza los cálculos de las propiedades del gas hasta la topografía y el cálculo de la hidráulica del diseño del gasoducto.

En el Capítulo V Se ve cómo podemos usar el software de Pipephase como herramienta para simular las presiones del gasoducto. Se muestra cómo usar el simulador, así también los resultados que obtenemos.

En el capítulo VI Se realiza una evaluación referente a los costos e inversiones que se realizan en este proyecto tanto del ducto, los diferentes accesorios a utilizar, los diferentes costos del personal y la fase de construcción.

En el Capítulo VII Se describirán las conclusiones y recomendaciones que se obtuvieron al realizar el proyecto una vez evaluado y analizado los hechos relacionados a este proyecto. A la vez, se detallaran las recomendaciones más relevantes que puedan tomarse en cuenta al desarrollar una actividad de tal magnitud.

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tiene como objetivo realizar y transportar gas por ductos, siendo un desafío al existir lugares inaccesibles en la trayectoria tales como barrancos, deslizamientos, puentes inestables, túneles, ya que este puede llegar a ser muy peligroso por las alturas de las colinas tanto para el personal, maquinaria y el gasoducto. Pudiendo aplicar factores de seguridad en el ducto tales sea válvulas especiales u otros accesorios y dispositivos para evitar futuros inconvenientes.

En si se desea construir un gasoducto que pueda llegar al municipio de Caranavi y su ramal que llegara al municipio de Coroico (siendo uno de los municipios que tiene mayor índice de crecimiento en Bolivia sin dejar atrás a Caranavi, en el cual este año se inauguró la construcción una planta de procesamiento de café). Otro aspecto a considerar es que ya no se lleve gas virtual desde La Paz sino desde Caranavi por ejemplo a toda la parte norte y noreste por ejemplo podemos citar Palos Blancos, Sapecho, Yucumo, Apolo, San Borja.

Así también el presente trabajo consiste en el diseño y construcción de un gasoducto teniendo en cuenta las señalizaciones verticales que se debe poner para saber y reconocer la trayectoria del gasoducto una vez ya culminado la construcción de la misma. Paralelamente, abarcando desde conceptos fundamentales que debemos saber para el diseño y la construcción tales como: Normas, Trabajos preliminares, Recopilación de información, Estudios del Trazado, Estudio sísmico, Estudios Geotécnicos, Estudios de Seguridad y Salud, Estudio de Prevención del medio ambiente, Estudio de prospección arqueológica superficial.

Entonces, este trabajo está enfocado en el diseño y construcción de un gasoducto abarcando desde conceptos fundamentales que debemos entender y tomar como base, hasta los mínimos detalles que se toman en cuenta para llevar a cabo dicho proyecto.

1.2 ANTECEDENTES

Como dato para conocimiento, en los municipios Caranavi y Coroico y otras localidades ya cuentan con natural licuado (GNL). Con la fuente de noticias se sabe que: “A finales de septiembre de 2013, se inició la distribución de gas natural a través de esta modalidad a los municipios de Tupiza, San Julián y San José de Chiquitos. El proyecto, en su primera fase, abarcará 27 municipios entre los que se encuentran Copacabana, Achacachi, Desaguadero, Coroico, Caranavi, Challapata, Huanuni, Uncía, Uyuni, Villazón, Riberalta, Guayaramerín, Pando y otros.” (Fundación Qubileo)

El Municipio de Coroico, uno de los principales lugares turísticos en Bolivia, carece de distribución de gas continuo por ducto también de este recurso tan importante como es el gas natural, en tanto que en el área urbana el combustible principal es el gas “GLP” o gas virtual, lo cual el efecto económico reduce. Si se tuviese gas por ducto se podría incrementar GNV para las movilidades e industrias el cual requiere una demanda alta de gas, también podemos referirnos a las energías eléctricas proporcionadas por la Empresa SEYSA S.A. que requieren enorme cantidad de energía para generar electricidad.

Con el desafío de transportar ducto por lugares complicados en la trayectoria se tiene como dato los siguientes deslizamientos como referencias:

La noticia del diario: “Derrumbes afectan ruta Caranavi-Santa Bárbara Las intensas lluvias caídas recientemente provocaron derrumbes y mazamorra en la ruta Caranavi-Santa Bárbara”, informó la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC).

Algunos pasajeros arriesgan su vida para cruzar el paso y continuar con el viaje interrumpido por el deslizamiento. Según la Administradora Boliviana de Carreteras (ABC) hay otros cuatro sectores perjudicados.

“A la población en general y operadores de transporte público y privado; ante las intensas lluvias producidas en la ruta RVF 003 Santa Bárbara-Caranavi- Quiquibey; en el sector Santa Bárbara progresiva 100+000; en el sector Quenallata Progresiva 111+000; sector Escabeche prog. 193 +000 y sector El Abra prog. 201+000, presentan caída de mazamorra y derrumbes”, dice el comunicado de la ABC, reflejó Urgente.bo

La caída de mazamorra afectó a los caminos e impidió el paso de vehículos. Incluso, un camión fue arrastrado por el lodo. La ABC recomienda a los conductores conducir con precaución.

FIGURA 1: DESLIZAMIENTO FEBRERO DEL 2019 CERCA AL PUENTE DE LAS ARMAS RUTA YOLOSITA CARANAVI



Fuentes: Página 7,2016

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A continuación, realizaremos el planteamiento del problema, que nos ayudará sistemáticamente en la realización del proyecto.

1.3.1 DESCRIPCIÓN O IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar y abastecer gas por medio de gasoducto a la localidad de Caranavi, considerando que ésta tiene una población en constante crecimiento por las movilidades y considerando que es el corazón cafetero de Bolivia, el cual requiere energía para su industrialización masiva. Así también para el abastecimiento de Planta Industrial de Café el cual se inauguró la construcción de esta misma en la fecha 13 de mayo del 2023.

FIGURA 2: TASA DE CRECIMIENTO CARANAVI



Fuente: INE ,2012

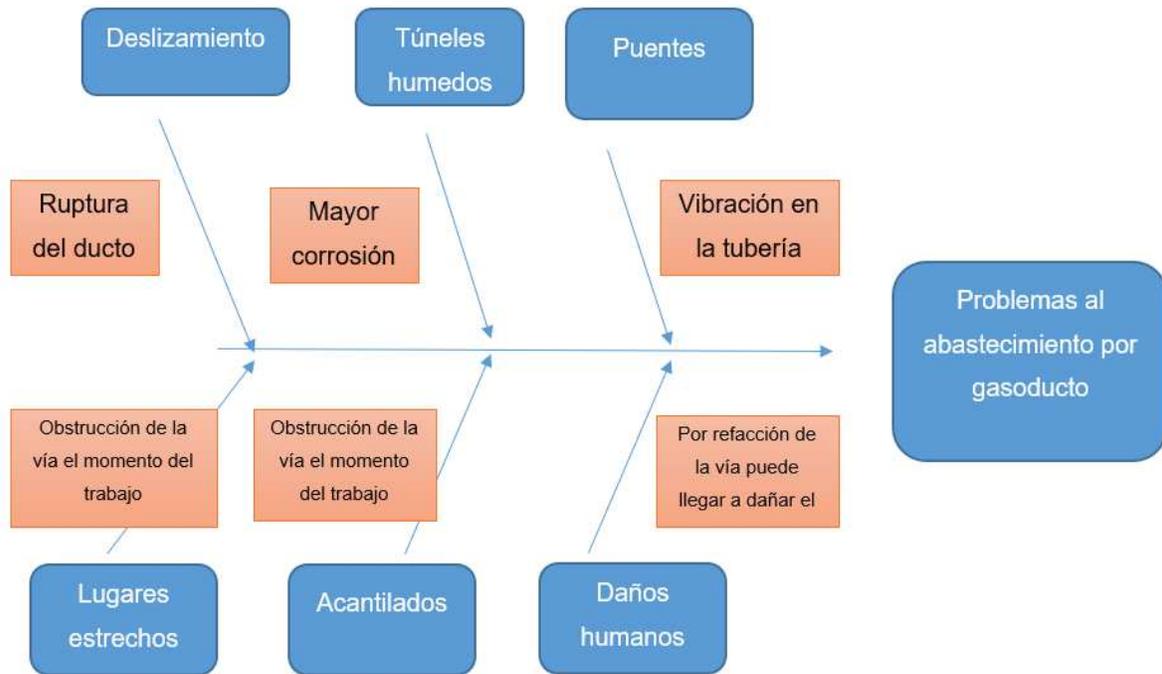
En su trayectoria se podría abastecer a las localidades aledañas como ser Coroico, lugar que es altamente turístico. Éste tiene tasa de crecimiento más alta en Bolivia de 3.4., el cual por ende tiende a crecer la población más que cualquier otro lugar en Bolivia.

Actualmente, no existe un sistema de transporte de Gas Natural que pueda satisfacer de forma continua y eficiente a Caranavi y Coroico. Se tiene en cuenta que la tasa de crecimiento según INE es 3.4 (una de las más altas), y de Caranavi es 1.4 tomando en cuenta que en Caranavi existe un gran parque automotor y se tiene una gran posibilidad de crecimiento industrial ya que es núcleo cafetero en Bolivia. Ante esta necesidad, la capacidad comprometida de exportación de gas natural mediante gasoducto, requiere ejecutar obras que permitan transportar los volúmenes requeridos de gas natural y dar cumplimiento a dicho requerimiento futuro.

Con el fin de dar accesibilidad más factible a las comunidades y localidades los cuales son después de Caranavi y los cuales son abastecidos por gas virtual o garrapas ya se podrá abastecer y/o recargar desde Caranavi siendo el transporte más factible y cercano por el trayecto y la distancia.

1.3.2 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

FIGURA 3: GRAFICA DE ISHIKAWA



Fuente: Elaboración propia, 2023

1.3.2.1 DESLIZAMIENTO

Existe diferentes lugares en los cuales los colindantes a la carretera no son estables o hay precipicios de gran altura, lo cual se planteará alternativa como adosado, lastrado, entramado y otros.

1.3.2.2 TÚNELES HÚMEDOS

Eso conlleva a la corrosión, el cual se soluciona con protección catódica (Corriente impresa, rectificadores y su debido manteo).

1.3.2.3 PUENTES

Existen puentes que se encuentran en barranco de 300 metros o más de profundidad, el cual puede complicar la construcción de la misma y así también para la tubería en donde se pondrá válvulas check antes y después del puente que posiblemente tenga riesgo.

1.3.2.4 LUGARES ESTRECHOS

En estos lugares se encuentran en constante erosión se tendrá que poner con más profundidad y poner pilotes por prevención.

1.3.2.5 ACANTILADOS

En cercanías a los acantilados se podrá poner pilotes agarrados a la tubería por prevención y con su debido mantenimiento para ver el estado de la misma.

1.3.2.6 DAÑOS HUMANOS

Los daños cometidos por los humanos son una constante amenaza, especialmente en los adosado. Esto se protegería con un revestimiento

1.3.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Cómo se podrá transportar gas desde la planta de Senkata de El Alto hacia Coroico - Caranavi?

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un gasoducto La Paz-Coroico-Caranavi, para el abastecimiento continuo de los diferentes consumidores.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender las características del transporte y comercialización de gas.
- Realizar un diagnóstico de gas natural para el abastecimiento de los municipios que como consecuencia tendrá que reactivar las diferentes plantas y procesadoras.
- Determinar las características del ducto La Paz-Coroico tales como el caudal, diámetro, material a usarse etc.
- Evaluar técnica y económicamente el proyecto.
- Simular la presión de entrada requerida en el programa PipePhase.
- Realizar un cálculo de protección catódica.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Las justificaciones que se ajustan al proyecto que se va a desarrollar son: técnica, económica, social y ambiental, las mismas son detalladas a continuación.

1.5.1 TÉCNICA OPERATIVA

La viabilidad del transporte de Gas Natural al Municipio de Caranavi y por consecuencia Coroico, teniendo en cuenta que en la trayectoria existen varios desafíos, ya que en la trayectoria del ducto existen barrancos y algunos lugares donde tienden a tener derrumbes, para el cual podemos aplicar válvulas check antes y después de lugares con tendencia a algún daño.

Con este proyecto se pretende extender el servicio y brindar la posibilidad de usar esta fuente de energía a través del gasoducto, el cual traerá desarrollo en el Municipio en materia de transporte de Gas Natural, siendo una tecnología adecuada para distancias cortas que requiere menores inversiones y reservas.

También, aseguren satisfacer la demanda del mercado interno de manera permanente e ininterrumpida. También, a la medida que crece la población se pueda abastecer.

1.5.2 ECONÓMICA FINANCIERA

El costo total de inversión del gasoducto virtual para el Municipio de Caranavi considerando todo el equipamiento patentado que ofrecen las diferentes empresas para transportar el caudal de Gas Natural demandado según el estudio de la demanda, se estima en función de sus componentes como ser: diseño, construcción, trámites, licencias, trabajos de consultoría, consultoría ambiental y todos los aspectos relativos a su diseño, agrupados en ítems específicos.

1.5.3 SOCIAL

La evaluación social ha determinado los beneficios socioeconómicos del Gas Natural. El hecho de que el GLP sea 3 veces más costoso que el gas natural y que la electricidad sea 7 veces más, los constituye en alternativas energéticas poco convenientes. Esto sin evaluar los beneficios indirectos.

Con el uso del gasoducto se podrá usar posteriormente la instalación de redes de gas y contar con el servicio teniendo impactos socioeconómicos altamente positivos, ya que mejoran los estilos de vida, satisfacen las necesidades comunales, generan empleos adicionales directos e indirectos, incrementan el valor de la propiedad pública y asimismo de la propiedad privada. Esto como impacto socio ambiental también es altamente positivo.

1.5.4 AMBIENTAL

La necesidad de incentivar el uso masificado de gas natural, fuera de los grandes centros de consumo, busca disponer al mercado un combustible limpio, eficiente, barato, abundante y que atiende a los parámetros de emisiones fijados por los órganos de medio ambiente.

En el caso de los impactos al ducto de gas, en relación al "gasoducto convencional", se reduce el impacto causado por gasoductos, limitándose a tramos cortos de red primaria dentro las localidades (lo cual no amerita impacto). Los gasoductos en área no urbanizadas, pueden implicar altos impactos por la apertura de derechos de vía, apertura de zanjas y otras obras civiles.

El uso de ductos reducirá el uso de transporte de camiones de alto tonelaje, por lo cual existirá un daño menor a las carreteras y avenida.

1.6 ALCANCE

El siguiente trabajo tendrá los siguientes alcances.

1.6.1 ALCANCE TEMÁTICO

El presente proyecto debe abarcar el conocimiento de:

- Transporte de gas natural.
- Abastecimiento de gas natural.
- Costos y presupuestos.
- Evaluación de proyectos.
- Medio ambiente.

1.6.2 ALCANCE GEOGRÁFICO

El presente proyecto se llevará en el departamento de La paz desde la planta de Senkata hasta Caranavi.

1.6.3 ALCANCE TEMPORAL

El presente proyecto de gasoductos empezara en el mes de diciembre del presente año y durara hasta diciembre del año 2026.

1.7 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

1.7.1 PARADIGMA DE INVESTIGACIÓN

Desde el punto de vista de la metodología de la investigación, el paradigma, debido a que se busca modificar una situación catalogada como desfavorable, es positivista.

1.7.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Desde el punto de la metodología, considerando que se realizará la aplicación de conocimientos, datos y diseño, se llega a tener cálculos estadísticos en función a la demanda y datos que se calcula gracias al diseño, se tiene una investigación aplicada.

1.7.3 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN O ENFOQUE GENERAL

Se llega a usar una metodología mixta, ya que se tiene tanto un análisis cualitativo y un análisis cuantitativo esto se va aclarando en los enfoques de investigación el porqué.

El tipo de investigación es el de diseño y de seguridad ante los aspectos dañinos para el ducto ya que este tiene una trayectoria complicada.

En sí, se podría decir que es un enfoque cuantitativo, ya que éste se genera partir de procesos deductivos que a través de análisis numérico y análisis estadístico inferencial todo esto en la parte de diseño.

Se tendría en cuenta un análisis cualitativo en la parte de cuidado del ducto por los deslizamientos y derrumbes en el trayecto, ya que el enfoque cualitativo “utiliza la recolección de datos para finar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación”.

1.7.4 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Se concluye que el diseño es Experimental, porque se analizan y manipulan datos para obtener resultados u otras variables tales como el caudal demandante, el diámetro por diseño.

En esta parte podemos decir que es una unidad donde se encarga de diseñar por donde será más factible guiar el gasoducto considerando presiones y caudales. Se hace el primer diseño en programas que posteriormente serán analizados tal si es factible o no llevar el ducto por determinado lugar.

1.7.5 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Método descriptivo: Se usará criterio de ingeniería. Por ejemplo, para el material de ducto.

Analítico: Para llegar a solucionar los posibles daños al ducto.

Descriptivo: Se describirán las diferentes problemáticas.

1.7.6 TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Análisis de documentos:
Observación

1.7.7 INSTRUMENTOS

La técnica usada será la de estimación de población, cartas cartográficas, cálculo de estimación de caudal.

En la parte de prevención y cuidado del ducto nos basaremos en estudios previos e historial de deslizamientos en trayecto del mismo.

1.7.8 INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

- Mapas de desniveles por satélite.
- Mapa topográfico.

1.7.9 CUADRO DE IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS

TABLA 1: IMPLEMENTACIÓN DE MÉTODOS

Objetivos Específicos	Metodología	Herramientas	Actividades	Resultados
Obj. Es 1 Comprender las características del transporte y comercialización de gas.	Descriptivo	Historial de derrumbes. Mapas topográficos.	Reconocimiento de terreno (trayectoria)	Comprender el tramo para su respectivo diseño
Obj. Es 2 Realizar el diagnóstico.	Analítico Deductivo Descriptivo	Libros especializados Boletines del INE. YPFB, ANH.	Sistematizar la información.	Conocer el estado actual y futuro de la demanda y oferta.
Obj. Es 3 Determinar las características del ducto La Paz-Coroico tales como el caudal, diámetro, etc.	Descriptivo	Uso de simuladores, cálculos de caudal y diámetro.	Reunir información mediante cálculos.	Conocer los datos técnicos.
Obj. Es 4 Evaluar técnica y económicamente el proyecto.	Analítico Deductivo Descriptivo	Datos estadísticos Datos de demanda.	Realizar una evaluación con los datos recabados.	Se tendrá un el resultado si es económicamente rentable.

Fuente: Elaboración propia, 2023

CAPITULO 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS
2.1 CONTENIDO TEMÁTICO

En este capítulo se realizará la descripción de los conceptos relativos a la temática de la presente investigación, los mismos son descritos de forma clara y concreta.

TABLA 2: OBJETIVOS ESPECÍFICOS, ACCIONES, TEMA Y FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACCIONES	TEMA TEÓRICO
Realizar el trazado de la línea de recolección de Senkata hacia Coroico- Caranavi.	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características geográficas del lugar de recolección Senkata. • Elaborar el trazado de la línea de recolección del Senkata a Coroico - Caranavi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de información geográfica.
Analizar las características del gas.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar la cromatografía del gas. • Establecer parámetros de operación. • Determinar las propiedades fisicoquímicas del GN. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tecnología del gas.
Dimensionar las líneas de recolección.	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar y seleccionar las normas para el diseño de la línea de recolección. • Seleccionar el material de la línea de recolección. • Realizar los cálculos de la tubería seleccionada en función a las normas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de hidrocarburos
Desarrollar el plano de la línea de recolección.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar los equipos y accesorios para la línea de recolección. • Elaborar el plano de la línea de recolección. • Analizar y seleccionar el software para la línea de recolección. • Simular la línea de recolección mediante un software. • Contrastar los resultados del simulador con los cálculos teóricos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transporte de hidrocarburos • Producción. • Modelos de simulación.

Realizar el diagrama de tubería e instrumentación (P&ID) básico de la línea de recolección.	<ul style="list-style-type: none"> Definir la instrumentación de la línea de recolección. Generar el diagrama de instrumentación de medición y control. Obtener gráfico en 3D de la línea de recolección. 	<ul style="list-style-type: none"> Instrumentación y automatización.
Realizar un análisis técnico para el estudio de los suelos que son tendencia a deslizamientos y derrumbes.	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un análisis de suelo Determinar las características geográficas. 	<ul style="list-style-type: none"> Mecánica de suelos.

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.2 TIPOS DE INGENIERÍA

2.2.1 INGENIERÍA CONCEPTUAL

Esta etapa marca el inicio de la ingeniería de un proyecto, donde se establecen los principios operativos y la filosofía que guiarán un sistema o un conjunto de equipos. También se definen el tipo y las características fundamentales del sistema, teniendo en cuenta las instalaciones, el entorno y los riesgos involucrados. Esta fase inicial tiene como objetivo proporcionar una estimación, sin incluir planos detallados ni especificaciones definitivas para la ejecución de la obra. El alcance de esta fase incluye:

- Revisar de la normatividad vigente aplicable al proyecto.
- Clasificar materiales y su uso en el proyecto.
- Identificar, clasificar, analizar y calificar el riesgo inherente al proyecto.
- Definir protecciones pasivas y activas.
- Estimar capacidades de las redes y de cada uno de los principales equipos para hacer las proyecciones de inversión.
- Definir el grado de automatización deseable.
- Tomar en cuenta la disponibilidad y calidad del factor humano.

(ACIEM, 2008)

2.2.2 INGENIERÍA BÁSICA

Esta etapa corresponde a la fase de Ingeniería que sigue a la Ingeniería conceptual. En esta etapa, se determina la capacidad del sistema y se establecen las características de todos y cada uno de los equipos principales, instrumentos y otros elementos que forman parte integral del proyecto.

Para llevar a cabo la Ingeniería básica de manera efectiva, el contratante debe proporcionar al ingeniero los resultados de la Ingeniería conceptual, a menos que esta

fase haya sido contratada previamente con la misma entidad. El alcance de la Ingeniería básica abarca:

- **Describir el proyecto y programa detallado de trabajo:** Es una etapa de la investigación que consiste en determinar los datos experimentales o de la observación con la ayuda de un sistema de símbolos propios de la ciencia.
- **Definir formatos y sistema de unidades a utilizar:** Conjunto de elementos ordenados que cumplen un objetivo, y uno solo de estos elementos no puede cumplir por sí solo trabajo de todo el sistema.
- **Definir simbología en planos y dibujos:** Símbolos gráficos para diagramas de flujo de proceso en la industria del petróleo y química.
- **Definir códigos, normas o estándares a emplear:** Son guías generalmente para desarrollar simbolismos para sistema de control.
- **Especificar todos los equipos principales y otros elementos involucrados:** Se especificará los componentes de la tubería y que cumplan con las especificaciones de presión de acuerdo a las normas técnicas y de seguridad.
- Determinar la ubicación de los equipos.
- **Realizar los trazados preliminares de la red de tuberías y ductos:** Para lo cual se deberán hacer las mismas consideraciones que se hicieron para el plano de localización preliminar.
- **Elaborar:**
 - **Planos de distribución general de equipos.**
 - **Planos con rutas preliminares de tuberías y ductos:** Conociendo las limitaciones del lugar, la reglamentación aplicable y los estándares, se estará en condiciones de realizar el plano de localización detallado.
 - **Definición general de clases de tuberías y materiales.**

(ACIEN,2008: Pág.25-27).

2.3 DEFINICIÓN DE TOPOGRAFÍA

El término "topografía" proviene del griego, donde "topos" significa "lugar" y "graphein" significa "describir". La topografía es una disciplina científica que se dedica a la adquisición de datos físicos y su posterior procesamiento numérico con el propósito de lograr una representación geométrica del entorno físico que nos rodea. Esta representación puede tomar forma tanto gráfica como analítica y sirve para describir con precisión el espacio físico en cuestión.

(Zamarripa., 2012: pág. 6).

2.3.1 CONSIDERACIONES BÁSICAS EN TOPOGRAFÍA

Los puntos a continuación aclaran ciertos conceptos relacionados con la topografía:

- a) Los levantamientos topográficos se llevan a cabo en áreas específicas de la superficie terrestre, generalmente para fines de mapeo y representación detallada de terrenos, construcciones, o infraestructuras. En topografía no se considera la verdadera forma de la superficie de la tierra, sino se supone como una superficie plana.

- b) En topografía, se utiliza un modelo simplificado de la Tierra que la considera como una superficie plana en pequeñas áreas locales. Esto se debe a que, para la mayoría de los propósitos topográficos, el efecto de la curvatura de la Tierra en distancias relativamente cortas es insignificante.
- c) En los levantamientos topográficos, se supone que la dirección de la plomada es constante dentro de los límites del levantamiento, es decir, se considera que la gravedad actúa en la misma dirección en toda el área del levantamiento.
- d) En topografía, los ángulos se miden y calculan en un plano local y se suponen planos, lo que significa que se ignoran las curvaturas de la Tierra en distancias cortas. Esta es una aproximación válida para la mayoría de las aplicaciones topográficas locales. (Navarro., 2008: pág. 9).

2.3.2 TIPOS DE LEVANTAMIENTO GENERAL

2.3.2.1 TOPOGRAFÍA

En los planos, los detalles se representan a escala exacta con un alto nivel de precisión, mientras que, en los mapas, algunos elementos pueden ser simplificados o representados de manera más general. Esto significa que, en los planos, los objetos se dibujan con dimensiones precisas, lo que es esencial en disciplinas como la ingeniería y la arquitectura. En los mapas, es común utilizar símbolos y contornos para representar características geográficas de manera más general y comprensible, lo que es útil para la navegación y la visualización general de datos geográficos. Por lo tanto, aunque no existe una distinción absoluta, estas diferencias en el nivel de detalle y enfoque son importantes a considerar al utilizar mapas y planos en diferentes contextos.

2.3.2.2 GEODÉSICOS

Los levantamientos geodésicos se caracterizan por su enfoque en áreas extensas de la superficie terrestre y se distinguen por las técnicas y el propósito que les subyace. En los levantamientos geodésicos de grandes extensiones de terreno, es esencial tener en cuenta la curvatura de la Tierra. Esto se convierte en un requisito crucial para garantizar la precisión de todo el levantamiento y para determinar con exactitud la ubicación en áreas de gran amplitud. La calidad de las mediciones en estos levantamientos es fundamental para su éxito y utilidad.

2.3.2.3 INGENIERÍA

Estos trabajos engloban todas las tareas topográficas necesarias antes, durante y después de cualquier proyecto de ingeniería. Antes de iniciar cualquier obra, es fundamental contar con un mapa topográfico detallado o plano a gran escala que sirva como base para el diseño. La ubicación prevista de cualquier nueva construcción debe ser marcada en el terreno, tanto en términos de planimetría como de altimetría, un proceso conocido como replanteo. Esta fase es esencial, ya que es en este punto donde se requiere llevar a cabo un levantamiento topográfico para garantizar la precisión y el éxito del proyecto.

2.3.2.4 PLANIMETRÍA

La representación horizontal de datos topográficos se enfoca en la determinación de las dimensiones del terreno en un plano horizontal. Este proceso implica el estudio y aplicación de métodos para establecer la posición de puntos proyectados en dicho plano, sin considerar sus elevaciones

(Navarro., 2008: pág. 9 - 11).

2.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (S.I.G.)

2.3.3.1 Funcionamiento de un Sistema de Información Geográfica (S.I.G.)

Un Sistema de Información Geográfica (SIG) funciona como una base de datos que almacena información geográfica y datos alfanuméricos. Esta información se asocia mediante un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta manera, al señalar un objeto en el mapa, es posible conocer sus atributos. Inversamente, al consultar un registro en la base de datos, se puede determinar su ubicación en la cartografía.

El motivo fundamental para emplear un SIG radica en la gestión de información espacial. El sistema permite dividir la información en diversas capas temáticas y las almacena de manera independiente. Esto facilita el trabajo con la información de forma rápida y sencilla y proporciona a los profesionales la capacidad de relacionar datos existentes a través de la topología de los objetos, con el propósito de generar nueva información que de otro modo sería difícil obtener.

Un Sistema de Información Geográfica puede resolver una amplia gama de cuestiones, desde las más simples hasta las más complejas, en orden ascendente de complejidad:

- Localización: consulta sobre las características de un lugar específico.
- Condición: evaluación del cumplimiento de condiciones establecidas en el sistema.
- Tendencia: comparación entre diferentes situaciones temporales o espaciales de una característica.
- Rutas: cálculo de las rutas óptimas entre dos o más puntos.
- Pautas: detección de patrones espaciales.
- Modelos: creación de modelos a partir de fenómenos o simulaciones.

Debido a su versatilidad, los Sistemas de Información Geográfica encuentran aplicaciones en una amplia variedad de actividades con componentes espaciales. La profunda revolución tecnológica ha tenido un impacto significativo en su evolución y utilidad.

(Baxendale, Buzai, 2011)

2.3.4 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA ARCGIS

ArcGIS es un sistema integral que posibilita la recopilación, organización, administración, análisis, compartición y distribución de datos geoespaciales. Como la plataforma líder a nivel mundial para la creación y utilización de Sistemas de Información Geográfica (SIG), ArcGIS es empleado por individuos en todo el planeta para poner al alcance del gobierno, las empresas, la comunidad científica, la educación y los medios de comunicación el conocimiento geográfico. ArcGIS facilita la publicación de datos geográficos, poniéndolos a disposición de cualquier usuario. Este sistema es accesible desde cualquier lugar a través de navegadores web y aplicaciones de escritorio.

(Arcgis, 2013)

2.3.4.1 GOOGLE EARTH

El programa informático Google Earth se asemeja a un Sistema de Información Geográfica (SIG) y permite la visualización de imágenes en 3D de nuestro planeta. Combina imágenes de satélites, mapas y el motor de búsqueda de Google para mostrar representaciones detalladas de ubicaciones específicas en la Tierra.

Google Earth posibilita la introducción del nombre de un lugar en búsqueda, como colegios o calles, y proporciona la dirección exacta, un plano o una vista del lugar. Asimismo, ofrece la visualización de imágenes satelitales de todo el planeta y presenta características 3D, como la representación tridimensional de valles y montañas. En algunas ciudades, incluso se han modelado los edificios para una mayor precisión. Los usuarios pueden compartir enlaces, medir distancias geográficas, examinar altitudes de montañas, identificar fallas geológicas o volcanes y modificar la visualización tanto en términos horizontales como verticales.

Además, Google Earth cuenta con funcionalidad de conexión a sistemas de posicionamiento global (GPS) y puede importar datos desde archivos y bases de datos en sus versiones de pago.

2.4 DEFINICIÓN DE GAS NATURAL

Según el autor Pérez, se denomina Gas natural al formado por los miembros más volátiles de la serie parafínica de hidrocarburos, principalmente metano, cantidades menores de etano, propano y butano y, finalmente, puede contener porcentajes muy pequeños de compuestos más pesados. Además, es posible conseguir en el Gas Natural cantidades variables de otros gases no hidrocarburos, como dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, nitrógeno, helio, vapor de agua, entre otros.

El Gas natural puede obtenerse como tal en yacimientos de Gas libre o asociado en yacimientos de petróleo y condensado. Tradicionalmente el Gas natural se ha obtenido vinculado con la producción de petróleo. (Pérez P., 1995: Pág. 3).

Se encuentra en la naturaleza como "gas natural asociado" cuando está acompañado de petróleo o condensado y como "gas natural no asociado" cuando no lo está acompañado de petróleo. (Daza., 2021: pág. 16)

2.4.1 CLASIFICACIÓN DEL GAS NATURAL DE ACUERDO A SU COMPOSICIÓN

Gas Dulce: Según Pérez es aquel Gas que contiene cantidades de sulfuro de hidrógeno menores a 4 ppm. Además, se define un Gas apto para ser transportado por tuberías como aquel Gas que contiene menos de 4 ppm de sulfuro de hidrógeno, menos del 2,0% molar de dióxido de carbono y 6-7 libras de agua por millón de pies cúbicos en condiciones normales.

Gas Agrio o Ácido: Es aquel Gas que contiene cantidades apreciables de sulfuro de hidrógeno, dióxido de carbono y otros componentes ácidos (mercaptanos, disulfuro de carbono, entre otros) razón por la cual se vuelve corrosivo en presencia de agua libre.

Gas Rico o Húmedo: Es aquel Gas del cual se puede obtener cantidades apreciables de hidrocarburos líquidos, C3+ de, aproximadamente, 3,0 GPM.

TABLA 3: COMPOSICIÓN TÍPICA DEL GAS NATURAL

COMPONENTE	FORMULA MOLECULAR	COMPOSICIÓN DE GAS NATURAL EN BOLIVIA	
METANO	CH ₄	70-90%	83%
ETANO	C ₂ H ₆	0-20%	6%
PROPANO	C ₃ H ₈	0-20%	7%
BUTANO	C ₄ H ₁₀	0-20%	7%
PENTANO	C ₅ H ₁₂	0-5%	0-1%
DIÓXIDO DE CARBONO	CO ₂	0-8%	0-1%
OXÍGENO	O ₂	0-0.2%	-
NITRÓGENO	N ₂	0-5%	0.20%
SULFURO DE HIDROGENO	H ₂ S	0-5%	-
GASES INERTE	A, He, N, Xe	Trazas de otros compuestos	-

Fuente: Cámara Boliviana de HC Gas pobre (seco)

Gas Pobre o Seco: es un Gas que prácticamente está formado por Metano (C1) y Etano (C2). Sin embargo, en sistema de compresión de gas, se habla de gas húmedo, al que contiene vapor de agua y “gas seco”, al que no contiene vapor de agua.

(Pérez P., 1995: Pág. 4)

Según calle el Gas seco según el GPSA acepta este término aplicado a un gas cuyo contenido de agua ha sido reducido mediante un proceso de deshidratación. Comúnmente, gas natural con un contenido muy bajo de componentes condensables. Que no tiene hidrocarburos licuables. A pesar de que es muy frecuente hablar del gas seco al referirse a aquel que no tiene agua, el concepto verdadero lo describe como un fluido sin componentes pesados de hidrocarburos que se puedan licuar.

(Calle M., 2008: Pág. 15)

2.4.2 CONTAMINANTES EN EL GAS NATURAL

Según Calle se asumen a los gases ácidos como el sulfuro de hidrogeno y/o dióxido de carbono presentes en el Gas natural. Los gases ácidos son compuestos ligeramente solubles en Agua; cuando estos gases se disuelven en agua forman una solución medianamente acidificada, razón por la que estos compuestos son llamados Gases Ácidos.

Las especificaciones máximas de CO₂ y H₂S a nivel internacional son 2% vol. y 4 ppm respectivamente; cuando un Gas natural excede las especificaciones por H₂S y/o CO₂ se denomina un Gas Agrio; por el contrario, cuando el contenido de estos compuestos en el Gas natural está por debajo de los límites especificados para Gas de venta, se dice que es un Gas dulce. El Gas natural que tiene concentraciones de H₂S y CO₂ por encima de los límites permisibles, tiene que ser tratado para removerle el Gas Ácido. En la tabla 4 se muestra los contaminantes q pueden estar presentes en el gas natural.

TABLA 4: CONTAMINANTES DEL GAS NATURAL

COMPONENTE	NOMENCLATURA
Sulfuro de hidrogeno	H ₂ S
Monóxido de carbón	CO
Dióxido de carbón	CO ₂
Sulfuro de carbonilo	COS
Disulfuro de carbón	CS ₂
Mercaptanos	RSH
Nitrógeno	N ₂
Agua	H ₂ O
Oxigeno	O ₂

Fuente: Calle, 2008

2.4.3 CROMATOGRAFÍA DEL GAS NATURAL

Según Calle, la cromatografía de gases cada día tiene mayores aplicaciones en la industria a continuación se muestran algunas:

- Se emplea para analizar productos de la industria del petróleo y el gas natural.
- El análisis del gas natural es la base de la información requerida para hacer el Diagrama de Fases, un dibujo con el cual se puede predecir el comportamiento de la muestra a cada condición de presión y temperatura.
- Al iniciar la producción del yacimiento, es muy conveniente tomar una muestra de los fluidos originalmente “in situ” para disponer del diagrama de fases inicial. Así se podrá controlar la vida útil del yacimiento.
- El conocimiento exacto de las condiciones a las cuales llega y sale el fluido, o su conocimiento dentro de la instalación, permite operar la planta con mayores probabilidades de éxito.

- Los contaminantes en cualquier producto se detectan mediante análisis cromatográficos.
- La cromatografía de gases (CG) es una técnica de separación que ha revolucionado la química analítica. No tardo en aplicarse tanto a compuestos orgánicos como inorgánicos (Calle, 2008: Pág. 201-204)

2.4.4 PROPIEDADES DEL GAS NATURAL

Según Calle, para ejecutar los cálculos de propiedades físicas se requiere información del gas mismo a tratar. Existen dos maneras de efectuar los cálculos:

- **Cálculos composicionales:**

En este tipo de cálculos se requiere la composición del gas, es decir, el análisis cromatográfico, debidamente verificado y normalizado. La condición de normalización comprende los siguientes supuestos:

La sumatoria de las fracciones molares de los componentes es igual a la unidad.

Se tienen que declarar todos los componentes del gas, incluyendo el H₂S y H₂O que usualmente se miden por otro tipo de análisis o cálculos. El H₂S y sus similares sulfurados se miden usualmente en ppm, y se deben transformar a fracción molar y normalizar en la composición.

- **Cálculos no composicionales**

Los cálculos no composicionales no requieren necesariamente la composición detallada, basta con valores de la gravedad específica, densidad o grados API para estimar las características del gas. (Calle, 200: Pág. 46-47)

2.4.4.1 Peso molecular

Según Calle, el peso molecular de un Gas es usualmente expresado como una función del peso molecular del aire y de la gravedad específica del Gas.

$$MW_g = SG_g \times MW_{aire} \quad ec - 1$$

Donde:

MW_g= Peso Molecular del Gas (Lb/lb mol).

MW_{aire}= Peso Molecular del Aire (Lb/lb mol).

SG_g= Gravedad Específica del Gas (adim.).

El peso molecular de una sustancia es definido como la masa de un mol de la sustancia.

El peso molecular de un Gas natural es determinado de la suma del producto de la fracción molar y el peso molecular de cada componente puro individual.

$$MW_g = \sum_{i=1}^n Y_i \times MW_i \quad ec - 2$$

Donde:

MW_g= Peso Molecular del Gas (Lb/Lb mol).

MW_i= Peso Molecular de un componente i (Lb/Lb mol).

Y_i= Fracción molar de un componente i (Valor decimal). (Calle. 2008)

2.4.4.2 Gravedad específica

La gravedad específica se define como la relación del peso molecular del gas respecto al peso molecular de una sustancia base. Para el caso de gases, se toma el aire como sustancia base.

$$Y_g = \frac{MW_m}{MW_{aire}} \quad \text{ec} - 3$$

Donde:

Y_g= Gravedad específica del gas

MW_m= Peso molecular aparente del gas. (Lb/lb mol)

MW_{aire}= Peso molecular del aire es de 28,9625. (Lb/lb mol)

(Calle, 2008: Pág. 56)

Donde:

Y_g= Gravedad específica del gas

MW_m= Peso molecular aparente del gas. (Lb/lb mol)

MW_{aire}= Peso molecular del aire es de 28,9625. (Lb/lb mol)

(Calle, 2008: Pág. 56)

2.4.4.3 Propiedades críticas

Es un conjunto de condiciones físicas de presión, temperatura y volumen, a las cuales la densidad y otras propiedades del líquido y gas se vuelven idénticas, es decir, es un punto a una presión y temperatura dada donde físicamente no puede diferenciarse si se trata de gas o líquido. Estas propiedades críticas son únicas (una sola presión, una sola temperatura) para una sustancia dada y se requiere para la determinación de otras propiedades de la sustancia. La presión crítica, P_{pc}, y la temperatura crítica, T_{pc}, son medidas en el laboratorio y usualmente son desconocidas por lo que se requiere su determinación por medio de correlaciones, para determinar las propiedades críticas en función de la gravedad específica del Gas.

Sin embargo, con el fin de estudiar el comportamiento de las mezclas, se ha introducido el concepto de temperatura seudocrítica y presión seudocrítica o temperatura crítica promedio molar y presión crítica promedio molar.

(Garaicochea, 1991)

a) Presión y - temperatura pseudo crítica.

$$P_{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i \times P_{Ci} \quad \text{ec} - 4$$

$$T_{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i \times T_{Ci} \quad \text{ec} - 5$$

Donde:

T_{pc}= temperatura seudo-crítica, °R

P_{pc}= presión pseudo-crítica, psia

T= temperatura de flujo, °R

P= presión de flujo, psia

b) Presión y temperatura pseudo-reducidas

$$P_{pr} = \frac{P}{P_{pc}} \quad \text{ec - 6}$$

$$T_{pr} = \frac{T}{T_{pc}} \quad \text{ec - 7}$$

Dónde:

P_{pr} = Presión pseudoreducida.

P = presión en boca de pozo (psi).

P_{pc} = presión pseudocritico (psi).

T_{pr} = temperatura pseudoreducida.

T = temperatura en boca de pozo (°R).

T_{pc} = temperatura pseudocritica (°R).

(Calle, 2008: Pág. 57)

2.4.4.4 Factor de compresibilidad.

El factor “Z” por definición, es la razón del volumen que realmente ocupa un gas a determinada presión y temperatura, con respecto al volumen que ocuparía ese mismo gas. A continuación, se muestra tres maneras de calcular el factor de compresibilidad:

a. Método de Papay

$$Z = 1 - \frac{3.52 \times P_{pr}}{10^{(0.9813 \times T_{pr})}} + \frac{0.274 \times P_{pr}}{10^{(0.8157 \times T_{pr})}} \quad \text{ec - 8}$$

Donde:

Z = Factor de compresibilidad

P_{pr} = presión pseudo-reducida.

T_{pr} = temperatura pseudoreducida.

b. Método de Brill, B.P. y Beggs, H.D.

$$Z = A + \frac{1 - A}{\exp(B)} + C \times P_{pr}^D \quad \text{ec - 9}$$

$$A = 1.39 \times (T_{pr} - 0.92)^{0.5} - 0.36 \times T_{pr} - 0.10 \quad \text{ec - 10}$$

$$B = (0.62 - 0.23T_{pr})P_{pr} + \left[\frac{0.066}{T_{pr} - 0.86} - 0.037 \right] P_{pr}^2 + \frac{0.32}{10^{9(T_{pr}-1)}} P_{pr}^6 \quad \text{ec - 11}$$

$$C = 0.132 - 0.32 \log T_{pr} \quad \text{ec - 12}$$

$$D = \text{antilog} \times (0.3106 - 0.49T_{pr} + 0.1824T_{pr}^2) \quad \text{ec - 13}$$

Donde:

Z = factor de compresibilidad

P_{pr} = presión pseudo-reducida.

T_{pr} = Temperatura pseudo- reducida. (Banzer, 1996:)

c. Método de Gopal (1977)

Este método ajusta ecuaciones rectilíneas de diversas porciones del gráfico del factor Z. Se utiliza una ecuación general de la siguiente forma:

$$z = P_{pr}(AT_{pr} + B) + CT_{pr} + D \quad \text{ec} - 14$$

Los valores de las constantes A, B, C y D para las diferentes combinaciones de P_{pr} y T_{pr} se demuestran en la Tabla 5, una ecuación de una forma diferente se utiliza. (Banzer, 1996: Pág. 19-20)

TABLA 5: ECUACIÓN DEL FACTOR Z

Presión pseudo-reducida P_{pr} , Rango entre	Temperatura pseudo-reducida T_{pr} , Rango entre	Ecuaciones	Número de ecuación
0.2 y 1.2	1.05 y 1.2	$P_{pr}(1.6643T_{pr}-2.2114)-0.3647T_{pr}+1.4385$	1
	1.2+ y 1.4	$P_{pr}(0.5222T_{pr}-0.8511)-0.0364T_{pr}+1.0490$	2
	1.4+ y 2.0	$P_{pr}(0.1391T_{pr}-0.2988)+0.0007T_{pr}^a+0.9969$	3 ^b
	2.0+ y 3.0	$P_{pr}(0.0295T_{pr}-0.0825)-0.0009T_{pr}^a+0.9967$	4 ^b
1.2+y 2.8	1.05 y 1.2	$P_{pr}(-1.3570T_{pr}+1.4942)+4.6315T_{pr}-4.7009$	5
	1.2+ y 1.4	$P_{pr}(0.1717T_{pr}-0.3232)+0.5869T_{pr}+0.1229$	6
	1.4+ y 2.0	$P_{pr}(0.0984T_{pr}-0.2053)+0.0621T_{pr}+0.8580$	7
	2.0+ y 3.0	$P_{pr}(0.0211T_{pr}-0.0527)+0.0127T_{pr}+0.9549$	8
2.8+y 5.4	1.05 y 1.2	$P_{pr}(-0.3278T_{pr}+0.4752)+1.8223T_{pr}-1.9036$	9 ^b
	1.2+ y 1.4	$P_{pr}(-0.2521T_{pr}+0.3871)+1.6087T_{pr}-1.6635$	10 ^b
	1.4+ y 2.0	$P_{pr}(-0.0284T_{pr}+0.0625)+0.4714T_{pr}-0.0011^a$	11
	2.0+ y 3.0	$P_{pr}(0.0041T_{pr}+0.0039)+0.0607T_{pr}+0.7927$	12
5.4+y 15	1.05 y 3.0	$P_{pr}(0.711+3.66T_{pr})^{1.47}-1.637/(0.319T_{pr}+0.522)+2.071$	13

Fuente: [Banzer, 1996]

2.4.4.5 Correcciones para el factor de compresibilidad del gas por presencia de otros gases

Los gases que contienen cantidades apreciable de CO₂ y H₂S, pueden calcularse por el método de Standing Katz, modificado por Winchert y Aziz.

La modificación de este método consiste en usar un factor de ajuste (ϵ) para calcular la presión y temperatura pseudo-críticas.

a) Factor de ajuste.

$$\epsilon = 120 * (Y_{CO_2}^{0,9} + Y_{CO_2}^{1,2}) + 15 * (Y_{H_2S}^{0,5} - Y_{H_2S}^4) \quad \text{ec} - 15$$

Donde

ϵ =Factor de ajuste de la presión y temperatura pseudo-crítica.

Y_{CO_2} =Fracción molar de dióxido de carbono [%].

Y_{H_2S} =Fracción molar de hidróxido de sulfuro [%].

(Garaicochea,1991: Pag.16)

b) Temperatura Pseudo-crítica.

$$T'_c = T_{sc} - \epsilon \quad \text{EC} - 16$$

Donde:

T'_c = Temperatura pseudo-crítica corregida [°R].

T_{sc} = Temperatura pseudo-crítica [°R].

ϵ = Factor de ajuste de la presión y temperatura pseudo-crítica.

c) Presión Pseudo-crítica.

$$P'_c = \frac{P_{sc} * T_{sc}}{T_{sc} + B' * (1 - B') * \epsilon} \quad \text{ec} - 17$$

Donde:

P'_c = Presión pseudo-crítica corregida [Psi].

P_{sc} = Presión pseudo-crítica [Psi].

T_{sc} = Temperatura pseudo-crítica [°R].

B' = Fracción molar del anhídrido de azufre [%].

ϵ = Factor de ajuste de la presión y temperatura pseudo-crítica.

(Calle, 2008: Pag.66)

2.4.4.6 Densidad del Gas

El factor Z es un parámetro adimensional e intensivo, es decir, independiente de la cantidad de materia considera, pero dependiente la composición, temperatura y presión del gas. La densidad del gas puede ser calculada por medio de la ecuación modificada de la ecuación de estado de los gases:

$$\rho = \frac{MW * P}{10.73 * T * Z} \quad \text{ec} - 18$$

Dónde:

MW = Peso Molecular del gas

P = Presión del gas, Lpca o Psia

T = Temperatura del gas, °R

Z = Factor de compresibilidad

10.73 = es la constante universal de los gases, 10.73 Lpca. ft³ / °R Lb mol

ρ = Densidad del gas, Lb/ft³

(Calle, 2008: Pág. 56)

2.4.4.7 Viscosidad del gas

Se define a la viscosidad como la propiedad de un fluido que ofrece resistencia al movimiento relativo de sus moléculas.

(Garaicochea, 1991)

- **Método de Lee- Gonzales-Eakin**

Lee, González, y Eakin (1966) presentaron una relación semi-empírica para calcular la viscosidad de gases naturales. Los autores expresaron la viscosidad del gas en términos de la temperatura del reservorio, la densidad del Gas, y el peso molecular del Gas.

(Garaicochea, 1991)

$$\mu_g = K \times 10^{-4} \exp\left(X \left(\frac{\rho_g}{62.428}\right)^Y\right) \quad \text{ec - 19}$$

$$K = \frac{\left(9.4 + (0.5794 \times \rho_g)\right) (T + 460)^{1.5}}{209 + (550.4 \times \rho_g) + (T + 460)} \quad \text{ec - 20}$$

$$Y = 2.4 - (0.2 \times X) \quad \text{ec - 21}$$

$$X = 3.5 + \frac{986}{(T + 460)} + (0.2897 \times \rho_g) \quad \text{ec - 22}$$

Dónde:

μ_g = Viscosidad del gas.

ρ_g = Densidad del gas (lb/pie³).

T = Temperatura en boca de pozo (°R).

(Garaicochea, 1991: Pág. 17)

2.4.4.8 Poder calorífico

“La eficacia energética del gas natural se mide por su poder calorífico, el cual varía según la composición de hidrocarburos. La unidad más común para esta medición es la BTU por pie cúbico. Se distinguen dos tipos de poder calorífico: el superior, que refleja la energía total generada en la combustión, y el inferior, que representa la energía utilizable, excluyendo la condensación del agua y otros factores menores.”

2.4.4.8.1 Poder Calorífico Inferior

Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de masa de combustible sin contar la parte correspondiente al calor latente del vapor de agua generado en la combustión, ya que no se produce cambio de fase, y se expulsa como vapor.

Éste puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\overline{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i * \overline{PC}_i$$

Dónde:

\overline{PC} = Poder calorífico inferior de la mezcla [BTU/ Pie³]

Y_i = Fracción molar del componente (i)

\overline{PC}_i = Poder calorífico inferior del componente (i) [BTU/ Pie³]

2.4.4.8.2 Poder calor superior

Es la cantidad total de calor desprendido en la combustión completa de una unidad de masa de combustible cuando el vapor de agua originado en la combustión está condensado y, por consiguiente, se tiene en cuenta el calor desprendido en este cambio de fase. Cabe recalcar que los productos de combustión son enfriados a una temperatura similar a la temperatura del gas natural y del aire, esto es medido a condiciones estándar de 60°F y 14, 7Psi. Este puede ser calculado de la siguiente manera:

$$\overline{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i * \overline{PC}_i$$

\overline{PC} = Poder calorífico inferior de la mezcla [BTU/ Pie³]

Y_i = Fracción molar del componente i

\overline{PC}_i = Poder calorífico inferior del componente i [BTU/ Pie³]

2.5 TIPOS DE DUCTOS

Los tipos de ductos varían según la capacidad de transmisión del gas en una tubería, controlada principalmente por su tamaño. Se han desarrollado ecuaciones complejas para determinar el tamaño de la tubería en diversas condiciones de flujo de gas natural. Las ecuaciones de Weymouth, Panhandle y la versión modificada de Panhandle se utilizan para relacionar el volumen transmitido a través del gasoducto, considerando otros factores de diseño y determinando la presión óptima y las dimensiones de la tubería. Estas ecuaciones permiten calcular combinaciones de diámetro de tubería y espesores de pared para un caudal deseado de gas. Además, se analiza el tipo de ducto a construir según el tipo de hidrocarburos a transportar. Las líneas de tubería cumplen funciones fundamentales: las líneas de flujo, de diámetro pequeño y longitud mínima, conectan pozos individuales con instalaciones de almacenamiento y tratamiento. Otras líneas se utilizan en campos productores para inyectar fluidos para la recuperación mejorada. Las instalaciones de tratamiento, proceso y almacenamiento alimentan líneas de recolección de mayor diámetro, que se conectan con las líneas de transmisión y distribución. Estos sistemas de ductos de gran longitud mueven crudo y gas desde las áreas de producción hacia refinerías y terminales de venta.

2.5.1 DUCTOS PARA FLUJO DE GAS

Las condiciones operativas y el equipo necesario para los ductos de recolección, transporte o transmisión de gas son muy específicos. El flujo del gas hacia el consumidor es más directo que el del crudo. Los compresores impulsan el gas a través de las líneas de flujo, que generalmente operan a presiones más altas que las líneas de líquido. Estas incluyen las líneas de recolección de gas, transmisión y distribución.

Líneas de recolección de gas

El flujo del gas desde los pozos individuales hacia las instalaciones de tratamiento y procesamiento, así como hacia las ramas principales del sistema de recolección, constituye un aspecto esencial en la industria gasífera. La mayoría de los pozos de gas generan una presión adecuada para impulsar el gas a lo largo de la línea de recolección hacia la planta procesadora. Sin embargo, en ocasiones, es necesario disminuir la presión en la cabeza del pozo antes de permitir que el gas fluya hacia la línea. Solo en situaciones específicas se requiere el empleo de compresores de pequeño tamaño en las proximidades del pozo, cuando su energía resulta insuficiente.

Esta práctica facilita la utilización de tuberías de acero más livianas y económicas. Por lo general, las líneas de flujo que parten de los pozos son relativamente cortas, extendiéndose desde menos de una milla hasta aproximadamente 4 o 5 millas. Además, su diámetro suele ser reducido, oscilando entre 2 y 4 pulgadas. La longitud, presión de operación y tamaño de estas líneas están condicionados por diversos factores, como la capacidad de producción del pozo, el tipo de gas extraído, y las condiciones operativas y la ubicación de la planta de procesamiento.

Líneas de transmisión y distribución de gas.

El gas purificado y deshidratado emana de las plantas de procesamiento y se introduce en las extensas redes de transmisión y distribución que conducen a los puntos de venta finales. Estas redes pueden abarcar vastas distancias, extendiéndose a lo largo de cientos de miles de millas, como el caso del gasoducto Nord Stream, también conocido como el gasoducto ruso-alemán. El proyecto del gasoducto consta de dos ramales paralelos, cada uno con una longitud de 1224 km, un diámetro de 1220 mm (48 pulgadas), una presión de 22 MPa (220 bares) y una capacidad anual de 27,500 millones de metros cúbicos. Las líneas de transmisión y distribución operan a altas presiones, siendo los compresores instalados al inicio los encargados de proporcionar la energía necesaria para impulsar el gas a lo largo de la línea. A lo largo de estas líneas, es necesario establecer múltiples estaciones de compresión en ubicaciones estratégicas para mantener la presión requerida. La distancia entre estas estaciones varía según el volumen de gas transportado y el tamaño de la línea. La capacidad de transporte puede aumentarse mediante la instalación de compresores adicionales.

Las líneas de transmisión de gas, fabricadas de acero, se encuentran enterradas bajo la superficie. Las secciones individuales de tubería se sueldan entre sí y se recubren para prevenir la corrosión. Los diámetros de estas tuberías pueden variar, desde mínimos de 2 pulgadas hasta un máximo de 60 pulgadas. La operación de un extenso sistema de distribución de gas, que abarca numerosas millas de tubería, estaciones de compresión y otras instalaciones, representa un desafío complejo en términos de control y gestión del flujo con la presión óptima de operación.

2.5.2 DUCTOS PARA FLUJO LÍQUIDO

Las tuberías que transportan líquidos desde los pozos hacia las unidades de tratamiento o almacenamiento suelen operar a presiones relativamente bajas y tener un diámetro que oscila entre 2,3 y 4 pulgadas. El tamaño de estas tuberías varía según la capacidad de los pozos, la longitud de la línea y la presión a la que se está produciendo el pozo, la capacidad de transporte de estas tuberías varía en función del caudal proporcionado por los pozos conectados a ellas.

Generalmente, la energía inherente del yacimiento impulsa el flujo del petróleo a lo largo de las líneas de flujo. Sin embargo, en casos donde esta energía resulta insuficiente, se requiere el uso de bombas para trasladar el líquido desde el pozo hasta las instalaciones. Las instalaciones de descarga suelen ser tanques de almacenamiento. Antes de ingresar al tanque, el fluido pasa por varias etapas de separación, y las líneas están equipadas con dispositivos de medición para determinar la contribución individual de cada pozo. Estas líneas están mayormente construidas con acero, aunque en algunas aplicaciones se emplea tubería de plástico. Las diferentes secciones se unen mediante soldadura o roscado. Dependiendo del potencial de corrosión del crudo transportado, las líneas pueden ser recubiertas internamente para prevenir la corrosión. Asimismo, cuando se entierran bajo la superficie, se les aplica un recubrimiento externo de protección.

Líneas de recolección de Crudo

Estas tuberías son utilizadas para el transporte del crudo desde las instalaciones de almacenamiento y tratamiento en el campo hasta las instalaciones de almacenamiento de mayor capacidad. Por lo general, estas líneas tienen un diámetro que varía entre 4 y 8 pulgadas, cuyo tamaño está determinado por diversos factores, como el caudal de crudo a transportar y la longitud de la tubería.

Líneas de transporte y distribución de crudo

Estos sistemas de ductos, de amplio diámetro y extendidos a lo largo de grandes distancias, tienen la función de transportar el crudo hacia las terminales de venta y refinerías. La red abarca una amplia gama de tamaños de tubería y capacidades. Para mantener la presión necesaria y superar la fricción, cambios de elevación y otras pérdidas, se requiere la instalación de bombas al inicio de las líneas y varias estaciones de bombeo distribuidas a lo largo de la red.

Por lo general, estas tuberías se encuentran enterradas bajo tierra y están recubiertas exteriormente para prevenir la corrosión. Su tamaño se determina en función del volumen de crudo esperado y suelen operar a presiones de trabajo más elevadas que las líneas de recolección. Fabricadas en acero, estas tuberías se unen mediante soldadura.

2.5.3 DUCTOS PARA FLUJO BIFÁSICO

En la mayoría de los casos, el objetivo es transportar hidrocarburos en una sola fase, ya sea como líquido a través de un oleoducto o como gas mediante un gasoducto. La presencia de gas en una línea diseñada para transportar líquido puede causar problemas operativos, reducir la capacidad de flujo y generar cavilación en las bombas. De manera similar, la presencia de líquido en una línea de gas puede dañar los compresores y disminuir su eficiencia.

Durante el flujo de dos fases, se presentan diferentes regímenes de flujo, siendo el más peligroso el flujo tipo bache. En este caso, la fase gaseosa se encuentra en forma de "burbujas de Taylor", con un diámetro similar al de la tubería. Este tipo de flujo consiste en sucesivas "burbujas de Taylor" intercaladas con la pared de la tubería. La caída de presión asociada con cada régimen de flujo es distinta y resulta difícil predecir exactamente qué régimen se presentará bajo ciertas condiciones operativas. Incluso una pequeña variación en la presión puede ocasionar un cambio en el régimen de flujo, lo que afectará significativamente la eficiencia del transporte en la línea.

Desde la década de 1980, en el Mar del Norte se han operado con éxito grandes líneas de flujo bifásico, gracias al apoyo del diseño computacional del flujo en dos fases.

2.6 HIDRÁULICA DE DISEÑO

2.6.1 PROPIEDADES Y RÉGIMEN DE LOS FLUIDOS

Las características de los fluidos transportados en los ductos desempeñan un papel crucial en el cálculo de las caídas de presión, ya que son parámetros fundamentales en todas las ecuaciones de flujo y variación de presión. Aunque, en la mayoría de los casos, estas propiedades pueden medirse directamente mediante sistemas de muestreo y análisis, dado que se requiere conocer los resultados en varios puntos y bajo condiciones específicas, se recurre a correlaciones para calcular estos valores de manera más conveniente.

Cuando un fluido fluye a través de una tubería, puede hacerlo en regímenes laminar, transicional o turbulento. La distinción entre estos regímenes radica en el comportamiento de las partículas fluidas, el cual está determinado por el equilibrio entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas o de fricción.

Como se detallará más adelante, el número de Reynolds es el parámetro que expresa esta relación entre las fuerzas de inercia y viscosas en una corriente, y el régimen hidráulico dependerá de su valor.

- Se considera flujo laminar si el número de Reynolds es $N_{re} < 2000$.
- Se considera flujo transicional si el número de Reynolds está entre $2000 < N_{re} < 4000$.
- Se considera flujo turbulento si el número de Reynolds es $N_{re} > 4000$.

2.6.2 NUMERO DE REYNOLDS

El transporte de fluidos reales a través de tuberías de sección circular es considerablemente más complejo que el de fluidos ideales debido a la viscosidad inherente de los fluidos reales, que genera fuerzas de corte entre las partículas del fluido y contra la pared interna de la tubería. El número de Reynolds (Re) es un número adimensional que representa la relación entre las fuerzas dinámicas del fluido, inducidas por su velocidad, y el esfuerzo de corte debido a la viscosidad. La ecuación general es la siguiente:

$$N_{re} = \frac{\rho * d * v}{\mu}$$

Dónde:

$v =$ Velocidad del flujo [pies/seg]

$\rho =$ Densidad [lb/pie]

$d =$ Diametro interno de la tubería [pies]

$\mu =$ Viscosidad [lb / pies – seg]

Se realizó un desarrollo para calcular el número de Reynolds y obtener la ecuación en unidades prácticas.

Reynolds para Líquido.

$$N_{re} = 0,02383 * \left[\frac{B}{d * \gamma} \right]$$

Dónde:

$B =$ Flujo de Hidrocarburo [BPH]

$d =$ Diametro interno de la tubería [pulgadas]

$\gamma =$ Viscosidad cinemática [ft^2/s]

Reynolds para Gas

$$Nre = 0,0004778 * \left[\frac{P_b}{T_b} \right] * \left[\frac{GE * Q}{d * \mu} \right]$$

$P_b =$ Presion base [Psia]

$T_b =$ Temperatura base [$^{\circ}R$]

$GE =$ Gravedad Especifica del gas

$Q =$ Caudal de Gas [MMPCD]

$d =$ Diametro interno de la tubería [Pulg]

$\mu =$ Viscosidad del gas [lb/pies - seg]

2.6.3 RUGOSIDAD DE LA TUBERÍA

La rugosidad de una tubería se refiere a las irregularidades promedio en la superficie interna de la misma, cuyos valores varían según el material, el método de fabricación y el entorno al que ha estado expuesta. La importancia de la rugosidad absoluta puede ser significativa en tuberías de diámetros pequeños, pero insignificante en tuberías de gran diámetro. Es decir, la influencia de la rugosidad absoluta depende del tamaño de la tubería. Por esta razón, para caracterizar una tubería por su rugosidad, resulta más adecuado utilizar la rugosidad relativa, que se define como la relación entre la rugosidad absoluta y el diámetro de la tubería.

$$\epsilon_r = \frac{e}{d}$$

Dónde:

$\epsilon_r =$ Rugosidad relativa

$e =$ Rugosidad absoluta

$d =$ Dimetro interno de la tubería

Con el paso del tiempo, la capacidad de transporte de una tubería de hidrocarburos tiende a disminuir debido a la corrosión interna, la acumulación de sedimentos y la formación de depósitos en los tramos inferiores. En otras palabras, la capacidad de transporte se ve afectada por el aumento de la rugosidad a lo largo de los años de operación de la tubería.

Los valores de rugosidad absoluta para diferentes tipos de tuberías se presentan en la siguiente tabla:

TABLA 6: RUGOSIDAD DE LOS MATERIALES

Material	Rugosidad ϵ (m)	Rugosidad ϵ (ft)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo estirado; cobre, latón, acero	1.5×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero, comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil —revestido	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil —sin revestir	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien hecho	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

Fuente: MOTT, ROBERT, L.(2015)

2.6.3.1 FACTOR DE FRICCIÓN

El factor de fricción está asociado con la calidad superficial del material o la tubería a través de la cual fluye el fluido. Se define como la relación entre el esfuerzo de corte en la interfaz fluido-sólido y la energía cinética del fluido por unidad de volumen. Este factor de fricción está influenciado por la rugosidad de la pared interna de la tubería. Para flujos laminar, el factor de fricción se determina mediante la igualdad de las ecuaciones de Hazen y Darcy, como se muestra a continuación:

$$f = \frac{64}{N_{re}}$$

La forma de calcularlo depende del régimen de flujo, para un flujo hidráulicamente liso el factor de fricción es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{2,51}{N_{re} \cdot \sqrt{f}} \right]$$

Para flujos hidráulicamente semi rugosos y un flujo turbulento propuesta por Colebrook (1939) es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -0,86 \ln \left(\frac{\epsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{N_{re} \sqrt{f}} \right)$$

2.6.4 ECUACIÓN GENERAL DE FLUJO DE GASES

El transporte de fluidos a través de tuberías siempre implica la fricción entre las partículas del fluido, lo que resulta en una pérdida de presión en la dirección del flujo. El análisis del flujo estable e isotérmico de gas en tuberías se fundamenta en una ecuación general que puede ser utilizada en el sistema Internacional (SI), siendo apropiada para

considerar variaciones de presión y temperatura en cualquier longitud o tamaño de tubería, incluso en casos de flujos turbulentos.

A partir de esta ecuación general, se estudia cómo varía el diseño del sistema ante cambios en los parámetros de flujo que afectan la tubería. Esta ecuación sirve como base para derivar diversas ecuaciones específicas de flujo de fluidos, las cuales se expresan en función de la presión para facilitar su integración. En el caso particular del flujo de gas, se considera una tubería circular de longitud L y diámetro D , y la ecuación correspondiente se formula de la siguiente manera:

$$Q = 38,744 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) * F * \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - 0,0375 * \left(\frac{GE * P_m^2}{Z * T} \right) * (H_2 - H_1)}{GE * L * Z * T} \right]^{\frac{1}{2}} * d^{2,5} * E$$

Dónde:

Q = Flujo de gas a condiciones base [PCD]

T_b = Temperatura base = 520°R

P_b = Presion base = 14,696 psi

F = Factor de transmision [Adimensional]

P_1 = Presion a la entrada del ducto [psia]

P_2 = Presion a la salida del ducto [psia]

P_m = Presion promedio en el ducto [psia]

GE = Gravedad especifica del gas natural [Adimensional]

H_1 = Elevacion con respecto al punto de referencia a la entrada [pie]

H_2 = Elevacion con respecto al punto de referencia a la salida [pie]

Z = Factor de compresibilidad del gas

T = Temperatura del ducto a la temperatura promedio [°R]

Para determinar un diámetro óptimo, es crucial inicialmente suponer un factor de fricción, calcular un diámetro con este valor, y luego obtener un número de Reynolds para su comparación. Este proceso requiere iteraciones hasta que los valores converjan o estén dentro de la tolerancia establecida.

Existen diversas ecuaciones empíricas que consideran varios aspectos del flujo. Aunque todas se basan en la ecuación general de flujo, cada una hace ajustes para evitar la necesidad de utilizar métodos iterativos para el factor de fricción. Entre las más utilizadas, se destacan: (Sandalio,2013)

2.6.4.1 ECUACIÓN DE WEYMOUTH

La ecuación de Weymouth se emplea en situaciones de alta presión y alta velocidad de flujo. Se fundamenta en mediciones donde el número de Reynolds es considerablemente elevado, lo que hace que el factor de fricción sea independiente de él y dependa únicamente de la rugosidad de la superficie de la tubería. Esta ecuación es adecuada

para tramos cortos de tubería donde se experimentan grandes caídas de presión, lo que conlleva a un flujo turbulento. Su expresión es la siguiente:

$$Q = 435,87 \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{1,0788} * \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - 0,0375 * \left(\frac{GE * P_m^2}{Z * T} \right) * (H_2 - H_1)}{GE^{0,8539} * L * Z * T} \right]^{0,5394} * d^{2,6} * E$$

2.6.4.2 ECUACIÓN DE PANHANDLE

Esta ecuación fue desarrollada para tuberías que poseen una superficie relativamente lisa, y constituye una aproximación adecuada para flujos parcialmente turbulentos. Se presentan dos ecuaciones, las cuales consideran que el factor de fricción sigue una línea recta con una pendiente negativa constante "n". Estas ecuaciones son las siguientes:

Panhandle A

Es aplicable para valores del número de Reynolds comprendidos entre 5×10^6 y 11×10^6 , y supone que ($n = 0.146$). Considerando una viscosidad constante del gas, podemos concluir que:

$$Q = 433,5 \left(\frac{T_b}{P_b} \right) * \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - 0,0375 * \left(\frac{GE * P_m^2}{Z * T} \right) * (H_2 - H_1)}{GE^{0,961} * L * Z * T} \right]^{\frac{1}{2}} * d^{2,66} * E$$

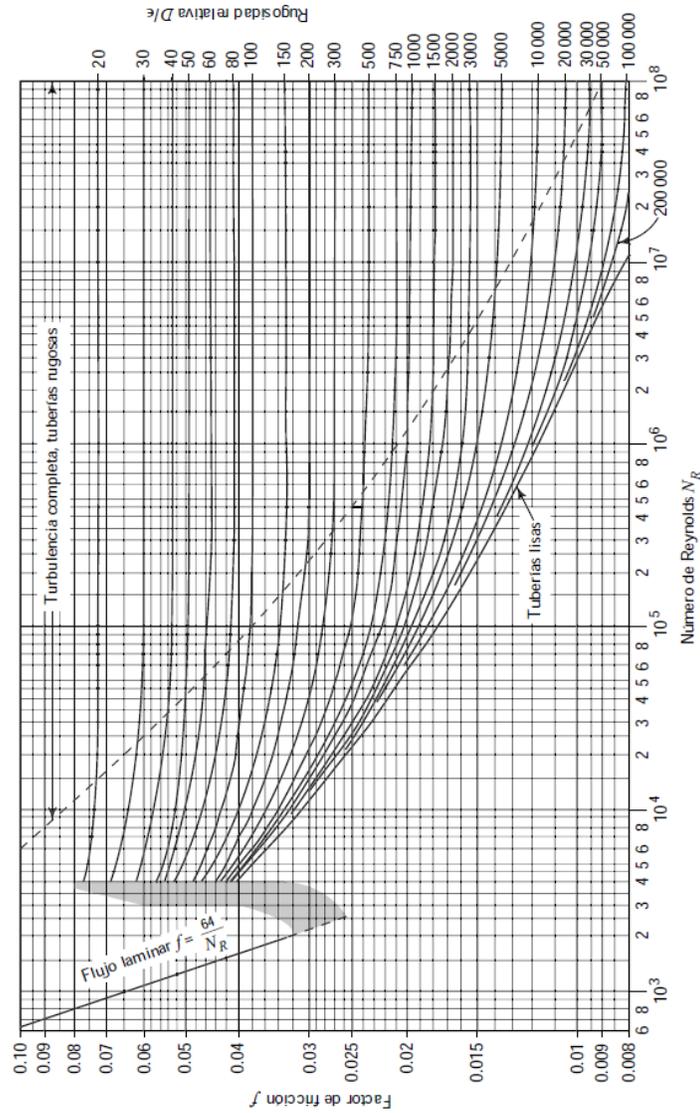
Panhandle B

Esta ecuación es aplicable para valores más altos del número de Reynolds, lo que indica un flujo turbulento más desarrollado, y asume una pendiente menor, representada por n ($n = 0.039$). Teniendo en cuenta una viscosidad constante del gas, podemos deducir que:

En la práctica, las ecuaciones de Panhandle se utilizan en tuberías largas y de gran diámetro, donde el número de Reynolds cae dentro de la región de la línea recta en el diagrama de Moody.

FIGURA 4: DIAGRAMA DE MOODY

Fuente: MOTT, ROBERT, L. (2015)



$$Q = 737 \left(\frac{T_b}{P_b} \right)^{1,020} * \left[\frac{P_1^2 - P_2^2 - 0,0375 * \left(\frac{GE * P_m^2}{Z * T} \right) * (H_2 - H_1)}{GE^{0,961} * L * Z * T} \right]^{0,51} * d^{2,53} * E$$

Dónde:

Q = Flujo de gas a condiciones base [PCD]

T_b = Temperatura base = 520°R

P_b = Presion base = 14,696 psi

P_1 = Presion a la entrada del ducto [psia]

P_2 = Presion a la salida del ducto [psia]

P_m = Presion promedio en el ducto [psia]

GE = Gravedad especifica del gas natural [Adimensional]

H_1 = Elevacion con respecto al punto de referencia a la entrada [pie]

H_2 = Elevacion con respecto al punto de referencia a la salida [pie]

Z = Factor de compresibilidad del gas

T = Temperatura del ducto a la temperatura promedio [°R]

L = Longitud del ducto [millas]

d = Diametro interno de la tuberia [pulg]

(E. Shashi,2005)

2.7 DEFINICIÓN TRAZO PROPUESTO Y TOPOGRAFÍA

El trazado del gasoducto se determina cuidadosamente para minimizar los costos de construcción y maximizar los beneficios, teniendo en cuenta las condiciones topográficas y geológicas del área. Los primeros trazos propuestos se ajustarán según las características del terreno, lo que requerirá un estudio detallado realizado mediante vuelos fotogramétricos para obtener planos taquimétricos y mejorar la precisión del trazado.

El levantamiento topográfico abarca una serie de trabajos de campo y de gabinete, culminando en la elaboración de cartas multicolores con curvas de nivel, que representan visualmente la información recopilada. Estas cartas, a diferencia de los planos topográficos, muestran áreas extensas del territorio, incluyendo el trazado del gasoducto, la ubicación del país y las curvas de nivel. Mediante el uso de colores, símbolos y trazos auxiliares, se identifican montañas, valles, ríos y otras características del terreno, así como información sobre asentamientos humanos, carreteras, puentes, entre otros elementos de infraestructura.

2.7.1 PERFIL LONGITUDINAL

El perfil longitudinal del ducto se constituye como una representación lineal que permite identificar las diferencias de altitud presentes a lo largo de la traza del mismo. Este análisis es esencial para la verificación de las caídas de presión del gas a lo largo del trayecto, siendo además de vital importancia para la ejecución de la prueba hidrostática del ducto, garantizando su seguridad y funcionalidad operativa.

El perfil longitudinal corresponde a un perfil topográfico trazado a lo largo del eje principal del proyecto, es decir, es la representación de la superficie topográfica con relación al

plano vertical, permitiendo visualizar los cambios de elevación. Por su parte, los perfiles transversales se trazan de manera perpendicular al eje del gasoducto o al derecho de vía, y son obtenidos en puntos secuenciales clave, facilitando así el cálculo de los movimientos de tierra requeridos y los límites de la exploración a lo largo del derecho de vía.

2.7.2 DESCRIPCIÓN DEL TRAZADO

La clase de localidad constituye la clasificación de un área, sea esta rural o urbana, a lo largo del trayecto de un sistema de tuberías, tomando en cuenta la densidad poblacional, así como la cantidad total de edificaciones destinadas a la ocupación humana y otras características relevantes. Esta clasificación es clave al momento de definir el factor de diseño necesario para la construcción, operación y pruebas de los sistemas de tuberías ubicados dentro de una zona específica.

La determinación de la clase de localidad proporciona un método adecuado para evaluar el grado de exposición de la línea a posibles daños, siendo el factor más significativo que contribuye a la falla de un gasoducto el daño generado a la tubería por las actividades humanas a lo largo del trazado. Este aspecto resulta crucial para garantizar la integridad y seguridad del sistema durante todas las fases del proyecto.

2.8 CLASES DE LOCALIDAD Y FACTORES DE DISEÑO

2.8.1 LOCALIDAD CLASE 1

Corresponde a cuál sección de una milla de longitud que tiene 10 o menos construcciones destinadas a ocupación humano: a su vez se sub divide en:

2.8.1.1 División 1

- Clase 1, División 1, donde el factor de diseño de la tubería es mayor a 0.72 y el ducto ha sido probado hidrostáticamente a 1.25 veces la máxima presión de operación.

2.8.1.2 División 2.

- Clase 1 División 2, donde el factor de diseño de la tubería es igual o menor a 0.72 y el ducto ha sido probado a 1.1 veces la máxima presión admisible de operación.

2.8.2 LOCALIDAD CLASE 2

Los gasoductos que cumplan con las clases 1 o 2, pero que dentro de su área unitaria se encuentren al menos un sitio de reunión o concentración pública de más de 20 personas, tales como iglesias, escuela, salas de espectáculos, cuartelas, hospitales o áreas de recreación, se deben considerar dentro de los requerimientos de la clase de localización 3.

2.8.3 LOCALIDAD CLASE 3

Una localización de clase 3 es cualquier sección de 1 milla que tiene 46 o más edificios destinados a la ocupación, excepto cuando prevalece una localidad de clase 4.

Se tiene la intención de que una localidad clase 3 refleja áreas tales como los desarrollos de vivienda suburbanos, centros de compras, áreas residenciales, áreas industriales y otras áreas pobladas que no cumplen con los requerimientos de una localización de clase 4.

2.8.4 LOCALIDAD CLASE 4

Localidad clase 4 incluye áreas donde prevalecen los edificios de varios pisos, donde el tráfico es pesado o denso, y donde pudiera haber numerosas otras construcciones o servicios subterráneos de varios pisos quiere decir cuatro o más pisos por encima del suelo, incluye el primer piso o planta baja. La profundidad o número de los sótanos o subsuelos no se toma en cuenta.

(ASME, 1999: Pag.35-36)

2.8.5 FACTORES DE DISEÑO SEGÚN LA CLASE DE LOCALIDAD

Los factores de diseño en la tabla 6 deberán usarse para la clase de localización designada.

(ASME, 1999: Pag.38)

TABLA 7: FACTOR DE DISEÑO F

Clase de Localización	Factor de Diseño, F
Localización Clase 1, División 1	0.80
Localización Clase 1, División 2	0.72
Localidad Clase 2	0.60
Localidad Clase 3	0.50
Localidad Clase 4	0.40

Fuente: ASME., 1999

2.9 PRESIÓN DE DISEÑO PARA TUBERÍAS DE ACERO

Este parámetro es crucial para el diseño integral del gasoducto, ya que establece la base para las pruebas finales del sistema (pruebas hidrostáticas) según la presión de diseño. La determinación de la presión de diseño para los sistemas de tuberías de gas se fundamenta en el diámetro teórico, el espesor y otros factores inherentes al diseño del sistema, incluyendo el SMYS (Límite mínimo específico de fluencia).

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

Dónde:

D = Diámetro externo. (Pulg)

S = Esfuerzo hidrostático.

T = Espesor.

F = Factor de seguridad.

2.9.1 FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL

Este parámetro, representado por la sigla E, varía según el tipo de costura utilizada en la fabricación de la tubería. Para tuberías sin costura y algunas tuberías soldadas longitudinalmente, el factor es 1. Sin embargo, cuando la tubería se fabrica mediante otro método de soldadura, se debe emplear un factor de 0,60 o 0,80 para calcular la máxima presión de operación permisible. Estos valores se extraen de las tablas del Código ASME B31.8 (Edición 2020).

FIGURA 5: FACTOR DE JUNTA LONGITUDINAL

Factor de calidad de unión de soldadura longitudinal,mi		
Especificaciones No.	Clase de tubería	miFactor
ASTM A53	Sin costura	1.00
	Soldadura por resistencia eléctrica Soldadura a tope en horno, soldadura continua Sin costura	1.00
		0,60
ASTM A106		1.00
ASTM A134	Soldado por fusión eléctrica	0.80
ASTM A135	Soldadura por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A139	Soldadura por fusión eléctrica	0.80
ASTM A333	Sin costura	1.00
	Soldado por resistencia eléctrica	1.00
ASTM A381	Soldado por arco sumergido	1.00
ASTM A671	Soldado por fusión eléctrica	
	Clases 1 3, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A672	Soldado por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
ASTM A691	Soldadura por fusión eléctrica	
	Clases 13, 23, 33, 43, 53	0.80
	Clases 12, 22, 32, 42, 52	1.00
API Especificaciones SL	Soldado por resistencia eléctrica Sin costura	1.00
	Soldado por arco sumergido (recto costura o costura helicoidal)	1.00
	Soldadura continua soldada a tope en horno	0,60
	Combinación soldada	1.00

Fuente: ASME B31.8,2022

2.9.2 FACTOR DE DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA

El factor de reducción de temperatura $\lambda(T)$ para diversas tuberías de acero es de 1 cuando se opera a una temperatura igual o inferior a 250°F, y de 0,867 para una temperatura de operación de 450°F. Estos valores se encuentran especificados en el Código ASME B31.8 (Edición 2022).

TABLA 8: FACTOR DE DISMINUCIÓN DE TEMPERATURA

T, para tubería de acero

Temperatura, °F (0C)	Reducción de temperatura Factor, T
250 (121) o menos	1.000
300 (149)	0.967
350 (177)	0.933
400 (204)	0.900
450 (232)	0.867

NOTA GENERAL: Para temperaturas intermedias, interpolar para factor de reducción.

Fuente: ASME B31.8, 2022

2.10 SELECCIÓN DE TUBERÍA

La selección de la tubería en el diseño de materiales se lleva a cabo conforme a normas, códigos y especificaciones actualizadas, con el propósito de asegurar la integridad del gasoducto y optimizar la prevención de riesgos, así como el cuidado del medio ambiente. Se considera el tipo de servicio que el gasoducto proporcionará y la presión a la que operará. Durante la simulación del flujo, se dimensionará el gasoducto de acuerdo con las características del fluido y los criterios de diseño pertinentes.

2.10.1 MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN

La máxima presión de operación (MOP) representa la presión a la cual el gasoducto funcionará durante su vida útil productiva. Esta presión operativa se determina en base al caudal y diámetro necesarios establecidos en el diseño del gasoducto. Es fundamental destacar que la MOP no debe sobrepasar la presión de diseño especificada para la tubería.

2.10.2 PROPIEDADES DE LA TUBERÍA

Las propiedades de la tubería deben ajustarse a los requisitos del servicio al cual se destinará dicho conducto. Estas propiedades incluyen el límite de fluencia, el tipo de costura, el espesor de la pared, el diámetro nominal, el peso del tubo, las presiones máximas de prueba en fábrica y el grado del material. Además, es crucial considerar las propiedades mecánicas y metalúrgicas que la tubería proporcionará para asegurar su desempeño óptimo en el servicio previsto.

2.10.3 DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE LA TUBERÍA

El espesor de la tubería varía según el tipo de grado, el material utilizado, la ubicación y la presión de diseño. Es crucial que la presión de diseño sea mayor que la presión máxima de operación (MOP). El espesor establecido en el diseño debe ser suficiente para resistir los esfuerzos que puedan surgir y así prevenir deformaciones y rupturas causadas por tensión, contracción, expansión térmica y reacciones externas. El espesor de la tubería se calcula utilizando la fórmula de Barlow.

(ASME B31.8,2022)

Dónde:

$$t = \frac{P * D}{2 * S * F * E * T} + FC$$

Dónde:

D = Diámetro externo de la tubería [plg]

E = Factor de junta longitudinal, obtenida de la tabla 841.1.7 – 1 (ASME B31.8)

F = Factor de diseño, obtenido de la tabla 841.1.6 – 1 (ASME B31.8)

P = Presión de diseño [psig]

S = Tensión de fluencia mínima especificada (SMYS) [psi]

T = Factor de temperatura obtenida de la tabla 841.1.8 – 1 (ASME B31.8)

t = Espesor de la tubería [plg]

FC = Factor de corrosión [plg]

2.11 GRADO DEL MATERIAL

El grado del material se selecciona según las necesidades específicas de cada línea, su ubicación y el tipo de fluido que transportará. En la industria petrolera, se emplean diversos tipos de acero para la fabricación de ductos, desde los aceros al carbono regulados por el Instituto Americano del Petróleo hasta los más sofisticados, como el acero dúplex, una aleación austenítica-ferrítica que ofrece una excelente durabilidad y resistencia a la corrosión.

La elección del grado adecuado de la tubería para cualquier aplicación suele basarse en los requisitos de presión y corrosión. Existen numerosos grados para cada código de ASTM (Sociedad Americana de Ensayos de Materiales), los cuales establecen un límite elástico mínimo y una resistencia mínima a la tracción. Los grados incluyen el grado 1, grado 2, grado 3, seguidos por el grado A, grado B, grado C, y así sucesivamente hasta los grados X, con calificaciones de presión mínima y máxima en cada uno.

Los grados cubiertos por la especificación API 5L incluyen A25, A, B, X42, X46, X52, X56, X65, X70, X80 y algunos intermedios. La tubería de nivel PSL 1 puede suministrarse en los grados A25 a X70, mientras que la tubería con nivel PSL 2 está disponible en los grados B a X80.

TABLA 9: GRADO DEL MATERIAL

PSL-1	A25	A	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70
PSL-2	B	X42	X46	X52	X56	X60	X65	X70	X80	

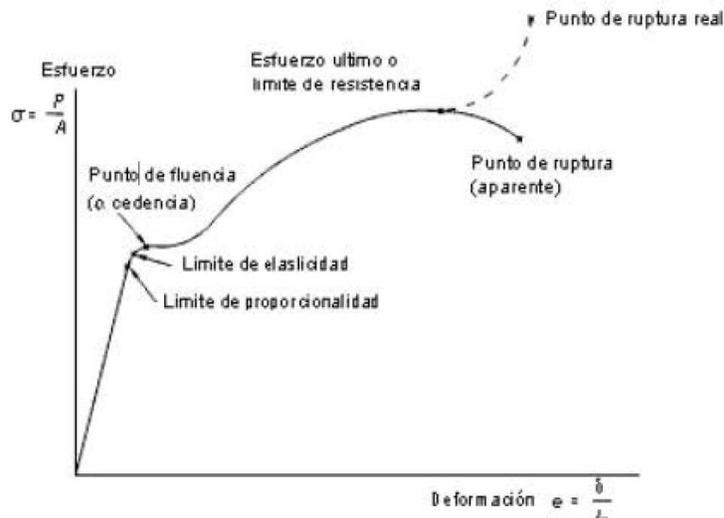
Fuente: [API.,2004]

2.11.1 LÍMITE DE FLUENCIA

El límite de fluencia se define como la tensión correspondiente al punto de inicio del flujo plástico o a un punto intermedio entre los límites de fluencia inferior y superior. Durante el ensayo de tracción, este punto de fluencia puede identificarse como una disminución en el valor indicado por el medidor o dispositivo de registro.

Cuando se alcanza el límite de fluencia, el material comienza a experimentar deformaciones permanentes. Esto significa que, hasta este punto de tensión, si se interrumpe la aplicación de fuerza sobre la muestra, esta volverá a su tamaño inicial sin presentar deformaciones permanentes, lo que se conoce como deformación elástica. Las diferentes etapas del comportamiento del acero cuando se somete a deformación se ilustran en la gráfica.

FIGURA 6: DIAGRAMA DE ESFUERZO



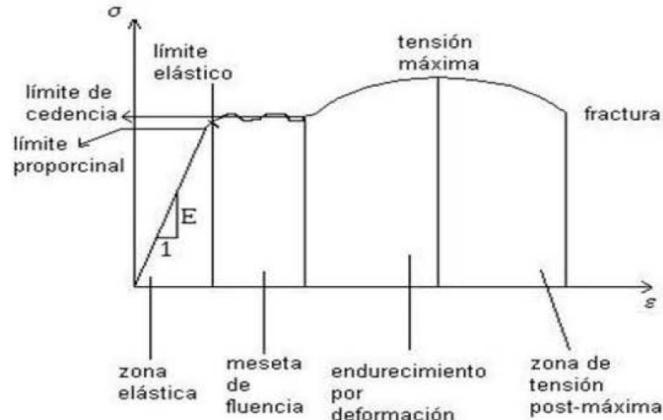
Fuente : Energy process, 2022

2.11.2 LÍMITE DE ELASTICIDAD

El punto en la curva de tensión-deformación donde termina el comportamiento lineal se conoce como límite elástico o proporcional. Si la carga se elimina en cualquier momento antes de alcanzar este punto, la probeta volverá a su longitud original. Por lo tanto, este factor de límite de elasticidad es crucial al elegir el tipo de material para la construcción. Muchos materiales llegan a un estado en el que la deformación comienza a aumentar rápidamente sin que haya un aumento correspondiente en el esfuerzo. Este punto se llama punto de cedencia o punto de fluencia.

El ensayo de tracción implica someter una probeta normalizada del material a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que la probeta se rompa. Para ello, se coloca la probeta en una máquina de ensayo con dos mordazas, una fija y otra móvil, y se procede a aplicar la carga.

FIGURA 7: LIMITE DE ELASTICIDAD



Fuente : Energy process, 2022

2.11.2.1 Zona Elástica

La zona elástica se refiere a la parte del material donde, al eliminar la carga, este vuelve a su forma y tamaño originales. En esta zona, suele existir una relación lineal entre la tensión y la deformación, y la ley de Hooke es aplicable en casi todo su rango. La pendiente en este tramo corresponde al módulo de Young del material. El valor de la tensión en el cual finaliza la zona elástica se conoce como límite elástico, y frecuentemente coincide con el límite proporcional en el caso del acero.

2.11.2.2 Meseta de fluencia

La región donde el material exhibe comportamiento plástico es aquella en la que sigue deformándose bajo una tensión "constante" o fluctúa ligeramente alrededor de un valor promedio conocido como límite de cedencia o fluencia. En esta etapa, se observa un endurecimiento por deformación.

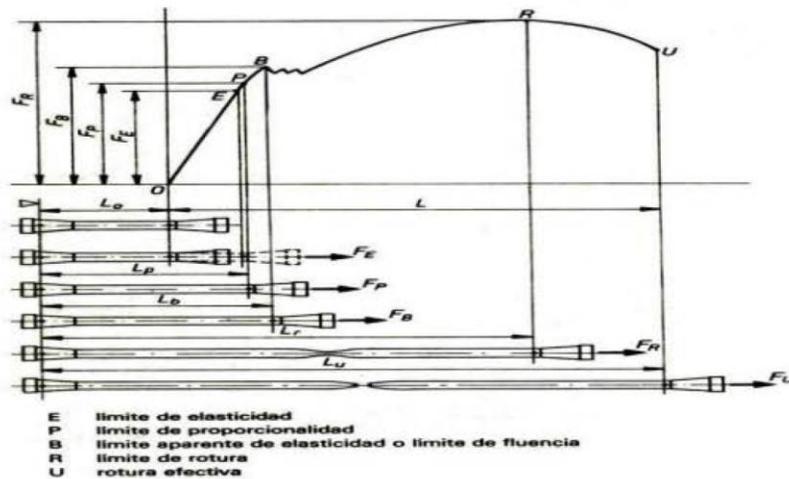
Posteriormente, encontramos la zona donde el material recupera tensión para continuar deformándose, extendiéndose hasta alcanzar el punto de máxima tensión, a veces denominado tensión o resistencia última, ya que representa el último punto utilizable en el gráfico.

2.11.2.3 Zona de tensión post-máxima

En esta fase final, el material experimenta una disminución en la tensión hasta alcanzar el punto de fractura. La tensión en el momento de la fractura también se conoce como tensión última, ya que representa la máxima tensión que el material pudo soportar antes de su ruptura.

(API 5L 2002)

FIGURA 8: ZONA DE TENSION POST-MÁXIMA



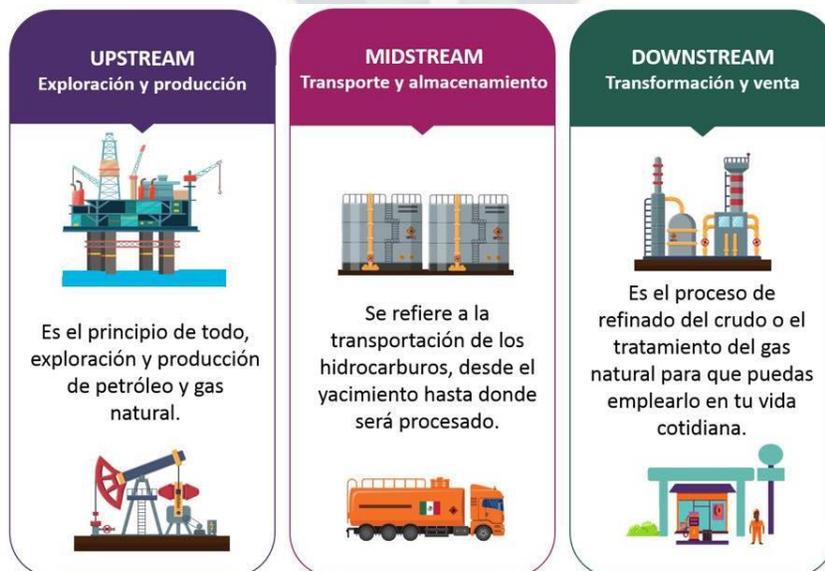
Fuente : Energy process, 2022

2.12 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE GAS NATURAL

2.12.1 LA CADENA DE HIDROCARBUROS

La cadena de hidrocarburos se divide en tres partes: El Upstream, Midstream y Downstream, los cuales ilustraremos en la figura siguiente:

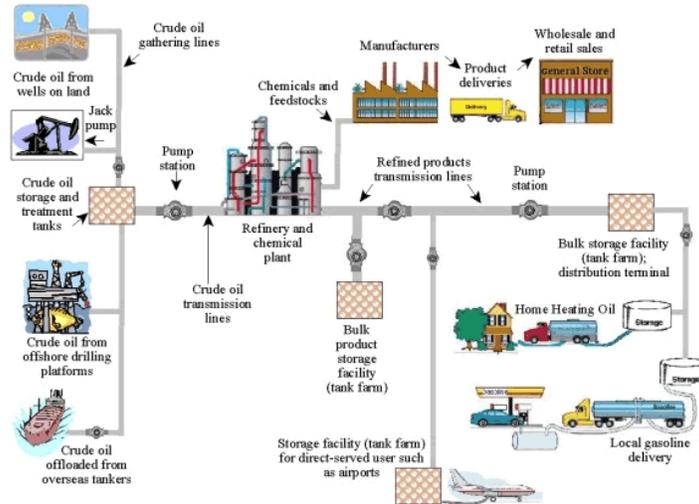
FIGURA 9: CADENA DE HIDROCARBUROS



Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

Nosotros nos enfocaremos en el Midstream, el cual se enfoca en el transporte de hidrocarburos. En la siguiente figura vemos la distribución del Midstream.

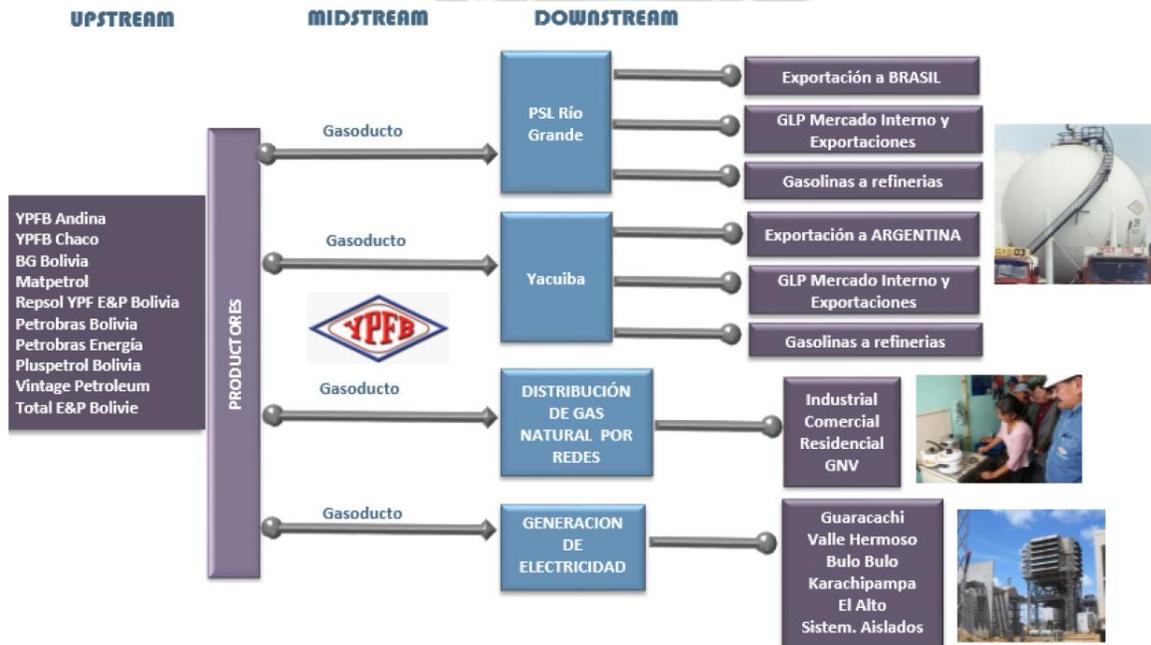
FIGURA 10: MIDSTREAM.



Fuente: Ing Dayna Rodriguez

En nuestro país, Bolivia, tenemos las diferentes entidades que se encargan de la cadena de hidrocarburos como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 11: CADENA DEL GAS EN BOLIVIA



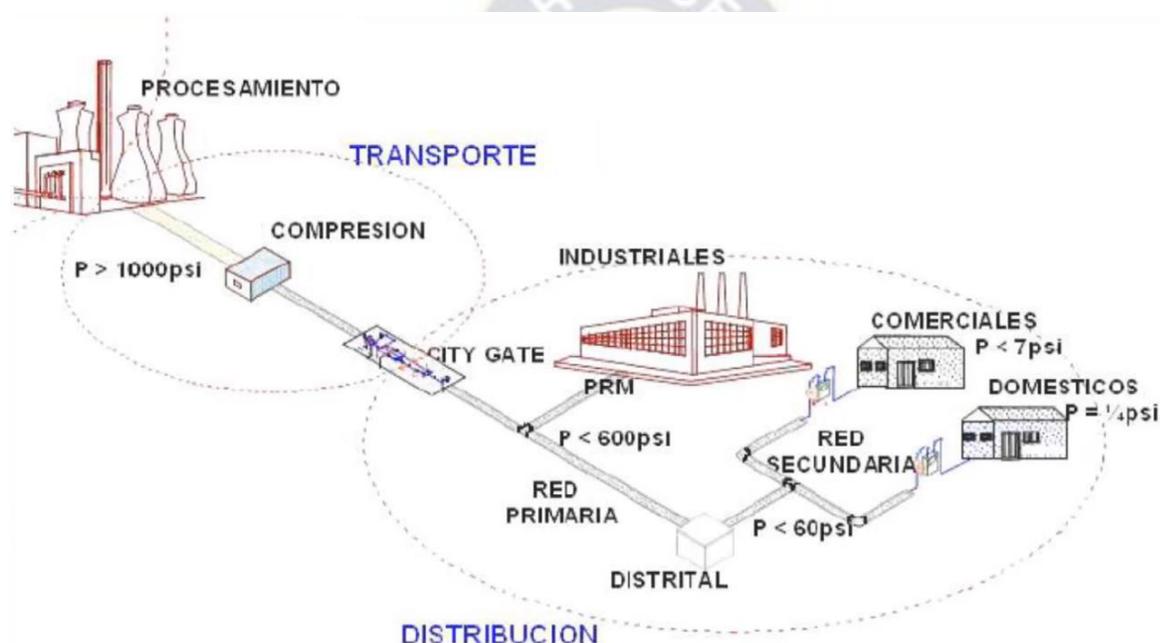
Fuente: UDAPE, 2015

2.12.2 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL

El sistema de distribución del gas natural empieza en un pozo petrolero el cual produce gas este se va a una planta de procesamiento el cual reduce los contaminantes como ser el CO₂ y H₂S , para luego llegara a una estación de compresión este a su vez siguiendo la línea de gas llega a un City gate que en español es puerta de ciudad o entrada de ciudad pero también se lo conoce como estación de recepción y despacho ,ya después se puede distribuir a los diferentes usuarios pero si es de requerimientos bajos se pone un EDR como se muestra en la siguiente figura:

(DS 1996,2014)

FIGURA 12: DISTRIBUCIÓN DEL GAS NATURAL



Fuente: Camara de hidrocarburos,2012

2.12.3 CITY GATE (ESTACIÓN DE RECEPCIÓN Y DESPACHO).

Se trata de instalaciones diseñadas para recibir, filtrar, controlar la calidad, regular, medir, añadir odorización y despachar el Gas Natural, que luego será distribuido a través de los sistemas correspondientes.

FIGURA 13: DESCRIPCIÓN DE CITY GATE



Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

2.12.4 MANIFOLD DE RED PRIMARIA

El manifold es usado tanto en transporte y redes de gas nos sirve para controlar la presión, medir, filtrar, regular, para hacer venteo e intervención, así mismo nos sirven para hacer limpieza y manteniendo con chanchos de limpieza

(DS 1996, 2014)

FIGURA 14: MANIFOLD



Fuentes: Elaboración propia , YPFB, 2023

2.12.5 CORRALITO

El corralito es más pequeño a comparación de un manifold. Éste solo tiene un juego de válvulas para apertura y cierre. Así también, nos sirve para hacer venteo en específicos mantenimientos como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 15: CORRALITO



Fuentes: Elaboración propia, CONATROL, 2023

2.12.6 CÁMARAS

Las cámaras son construidas bajo el nivel de la carreteo o del DDV y tienen una tapa de seguridad. Así mismo, nos sirve para cerrar o abrir válvulas y para mantenimientos similar a un corralito.

En la siguiente figura, se muestra que la cámara está bajo el nivel de DDV y se encuentra abierta. En este caso, se pone con tapa por seguridad.

FIGURA 16: CÁMARA POR DEBAJO DEL DDV



Fuentes: Elaboración propia , YPFB,2023

En la siguiente figura se muestra una cámara, la cual se usa como derivación de línea.

FIGURA 17: CÁMARA



Fuentes: Elaboración propia , YPFB,2023

2.12.7 EDR (ESTACIÓN DISTRITAL DE REGULACIÓN)

Las instalaciones destinadas a la regulación de la presión y el caudal de Gas Natural proveniente de una Red Primaria para suministrarlo a una Red Secundaria, abarcan desde la brida de conexión a la Red Primaria hasta la brida de conexión a la Red Secundaria, incluyendo ambos puntos de conexión. Se puede ejemplificar en la siguiente figura:

FIGURA 18: EDR (ESTACIÓN DISTRITAL DE REGULACIÓN)



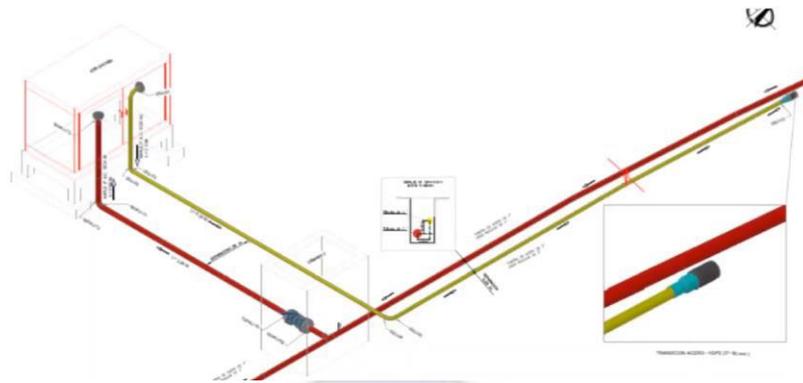
Fuentes: Elaboración propia , YPFB,2023

2.12.8 LÍNEA DE TRANSICIÓN

La Línea de Transición es un tramo de la red secundaria, construido en acero, que conecta la salida de la Estación Distrital de Regulación con la Red Secundaria (es un corto tramo como su nombre lo dice de transición). Su propósito es asegurar que el gas natural mantenga una temperatura mínima de 0 oC después de la expansión causada por la reducción de presión en el regulador. La longitud mínima de este tramo es de 60 metros.

(DS 1996,2014)

FIGURA 19: LÍNEA DE TRANSICIÓN



Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

2.13 TUBERÍAS, INSTRUMENTACIÓN Y ACCESORIOS

2.13.1 TUBERÍAS

Las tuberías para llevar son hechas de diferentes materiales, diámetro y espesores. Nosotros veremos dos tipos de tubería: Acero al carbono y de polietileno.

2.13.1.1 Tubería de acero al carbono

La tubería de acero el cual viene con la especificación de la API 5L, se subdivide en PSL1 y PSL2, a su vez en grado A, B; X42...X80.

(API 5L, 2001)

En la siguiente figura se muestra tuberías de acero al carbono de 4 plg.

FIGURA 20: TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO



Fuente : Elaboración propia , CONATROL, 2023

2.13.1.1.1 Lastrado

El lastrado se usa para proteger de la erosión el cual se pone en la mayoría bajo ríos y está protegido con hormigo armado y con una profundidad mínima de dos metros, esta se usa en casos como por ejemplo el puente no es muy estable para hacer un adosado, cuando no hay puente.

(NAG 100,2005)

FIGURA 21: LASTRADO



Fuente : Elaboración propia , CONATROL,2023

2.13.1.1.2 Adosado

En el adosado, la tubería va apegada con al puente viendo la integridad de la tubería se asegura que el puente está en buenas condiciones, en el cual por integridad de la tubería se pone una cámara antes y después de la tubería. Se muestra un plano de construcción en el anexo 4.

FIGURA 22: ADOSADO



Fuente : Elaboración propia , CONATROL,2023

2.13.1.1.3 Entramado

El entramado se usa en casos que no haya un puente y el acceso para hacer un lastrado se complica por las pendientes muy pronunciado o profundas, la tubería está protegido por enfierradora.

FIGURA 23: ENTRAMADO



Fuente : Elaboración propia , YPFB ,2023

2.13.1.2 Tubería de polietileno

La tubería de polietileno es de alta calidad capaz de soportar las presiones de gas y también es más fácil de manipular al tener más flexibilidad que un acero.

En la siguiente figura podemos apreciar el tendido de la tubería de polietileno. Al ser flexible, ésta se puede tender en diferentes posiciones, como en este caso se lo empuja por el nivel de suelo.

FIGURA 24: TUBERÍA DE POLIETILENO



Fuente : Elaboración propia , Imart Service,2023

2.13.2 INSTRUMENTACIÓN

2.13.2.1 Válvulas

2.13.2.1.1 TIPOS DE VÁLVULAS

Existen un sin fin de variedad de tipos de válvulas clasificadas según su uso, tipo de fluido, resistencia y aplicaciones.

Todas estas válvulas están construidas bajo normas internacionales para garantizar su función, ya que estos instrumentos son de vital importancia especialmente cuando se maneja el gas natural.

Una descripción genérica de una válvula sería: Nombre genérico para un dispositivo con características móviles que permite abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir, prevenir ó controlar el flujo de fluidos.

La mayoría de las válvulas están fabricadas mediante procesos de forjado o fundición.

(ASME B 16.10, 2022)

TABLA 10: CLASIFICACIÓN DE VÁLVULAS SEGÚN LA BRIDA:

Tabla Referencial de Presiones de Trabajo Norma ANSI Acero Carbono											
Presion de trabajo en PSI y temperatura en Fahrenheit											
TIPO	20° - 100° F	200° F	300° F	400° F	500° F	600° F	660° F	700° F	750° F	800° F	850° F
#150	275	240	210	180	150	130	120	110	100	90	80
#300	720	700	680	665	625	555	515	470	425	385	300
#600	1.440	1.400	1.365	1.330	1.250	1.110	1.030	940	850	730	600
#900	2.160	2.100	2.050	2.000	1.870	1.660	1.550	1.410	1.270	1.110	900
#1500	3.600	3.600	3.400	3.320	3.120	2.760	2.500	2.350	2.120	1.830	1.500

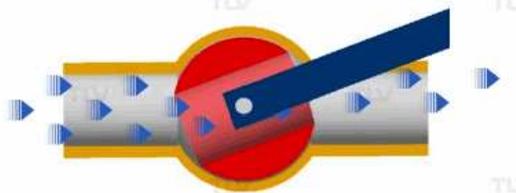
Tabla Referencial de Presiones de Trabajo Norma ANSI Acero Carbono											
Presion de trabajo en bares y temperatura en celcius											
TIPO	38° C	94° C	150° C	206° C	260° C	316° C	343° C	370° C	400° C	427° C	454° C
#150	18,7	16,3	14,3	12,2	10,2	8,8	8,2	7,5	6,8	6,1	5,4
#300	49,0	47,6	46,3	45,2	42,5	37,8	35,0	32,0	28,9	24,8	20,4
#600	98,0	95,2	92,9	90,5	85,0	75,5	70,1	63,9	57,8	49,7	40,8
#900	146,9	142,9	139,5	136,1	127,2	112,9	105,4	95,9	86,4	75,5	61,2
#1500	244,9	238,1	231,3	225,9	212,2	187,8	170,1	159,9	144,2	124,5	102,0

Fuente: ANSI, 2015

Las válvulas se dividen en las siguientes categorías cuando son divididas por construcción y características:

- Si el elemento de cierre 'rota' en la vía de circulación para detener el flujo, por ejemplo: válvula de bola, válvula de mariposa.

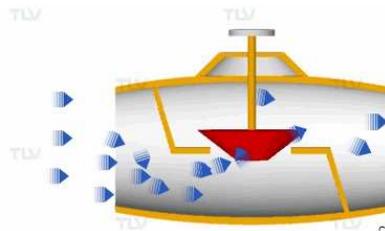
FIGURA 25: VÁLVULA DE MARIPOSA



- Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

- Si el elemento de cierre actúa como un 'sello o tapón' en la vía de circulación para detener el flujo, por ejemplo: válvula de globo.

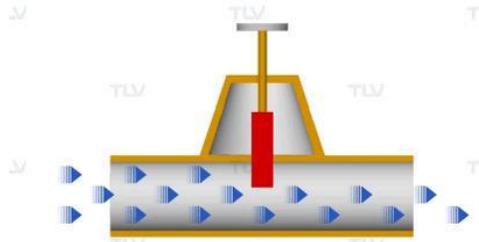
FIGURA 26: VÁLVULA DE GLOBO



- Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

- Si el elemento de cierre de la válvula es 'insertado' en la vía de circulación para detener el flujo, por ejemplo: válvula de compuerta.

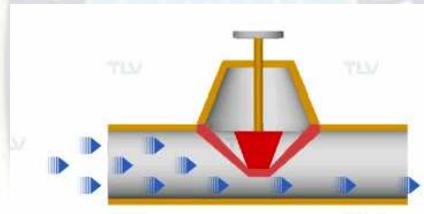
FIGURA 27: VÁLVULA DE COMPUERTA



Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

- Si la vía de circulación por sí misma es 'pinchada desde el exterior' para detener el flujo, por ejemplo: válvula de diafragma.

FIGURA 28: VÁLVULA DE DIAFRAGMA



Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

A continuación, se muestra algunos tipos de válvulas más usadas en nuestro rubro:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| Tipos de válvulas | De Bola o esférica |
| | Mariposa |
| | Globo |
| | De compuerta |
| | Anti retorno |
| | Aguja |

2.13.2.2 Sistema de filtrado

El sistema de filtración permite retener partículas ($\geq 5 \mu\text{m}$ hasta un 99% y $\leq 5 \mu\text{m}$ hasta un 95%) y fluidos líquidos no deseados que arrastra el gas natural con el fin de proteger la instrumentación posterior que constituye en los diferentes puntos como ser: City gates, Manifold y otros.

Estos sistemas pueden ser de tipo común, es decir que solo retienen partículas o de tipo coalescente que a la vez también retienen fluidos líquidos. Ambos tipos cuentan con sus

respectivos elementos filtrantes internos, manómetros diferenciales para evaluar el nivel de suciedad del filtro y válvulas para venteo.

2.13.2.2.1 Tipos de filtro

- **Filtros de Gas Seco**

Sus usos son bajos contenidos de líquido, así también sirve para remover partículas finas. Su eficiencia de remoción es de 99.98 % de partículas de 1 micrón y menores.

FIGURA 29: FILTROS DE GAS SECO



- Fuente: *Camara de hidrocarburos, 2012*

- **Filtros Separadores**

Este tipo de filtros esta desarrollado para eliminar partículas sólidas y liquidas y con una eficiencia de remoción del 99.98 % de partículas de 1 micrones y menores.

FIGURA 30: FILTROS SEPARADORES



- Fuente: *Camara de hidrocarburos, 2012*

- **Filtros Coalescentes**

Están desarrollados para eliminar partículas muy finas y eficiencia de remoción del 99,98 % partículas de 0,3 micrones y mayores.

FIGURA 31: FILTROS COALESCENTES



Fuente: Camara de hidrocarburos, 2012

2.13.2.3 TIPOS DE SISTEMAS DE ODORIZACIÓN

La sonorización se lleva a cabo para añadir un olor distintivo al gas natural, haciéndolo detectable en caso de fugas. Esto permite a los usuarios tomar precauciones y medidas necesarias para prevenir accidentes.

El compuesto químico que se utiliza para odorizar el gas natural se denomina metil-mercaptano y es aplicado al gas natural aguas debajo de la etapa de regulación haciendo uso de uno de los siguientes métodos que se detallan a continuación.

- Odorizador por derivación (Arrastre).
- Odorizador por contacto (A mecha).
- Odorizador por Goteo.
- Odorizador por Inyección (Bomba).

2.13.2.3.1 ODORIZACIÓN POR ARRASTRE

En comparación a la odorización por inyección, este sistema no requiere de energía eléctrica ya que utiliza la presión del gas como fuente de energía debido a que su principio de funcionamiento se basa en generar un diferencial de presiones entre el recipiente que contiene el odorante y el punto de dosificación haciendo uso de una placa de orificio.

La cantidad de dosificación de odorante es controlada en función a la apertura o cierre de la válvula de aguja que se encuentra a la salida del recipiente o punto de dosificación. El recipiente que contiene el líquido odorante debe ser instalado por encima del nivel de la tubería que distribuye el gas.

Desventajas de odorización de por arrastre (sistema antiguo)

- Costo elevado de operación por la constante regulación.
- Sobreconsumo de odorante.
- Odorización de la red insuficiente.
- Imposibilidad de medición de consumo de odorante.
- Limitación al 25 % de la capacidad del tanque.
- La temperatura ambiente afecta en su funcionamiento.

FIGURA 32: ODORIZACIÓN POR ARRASTRE



Fuente: Infocal Pando, 2022

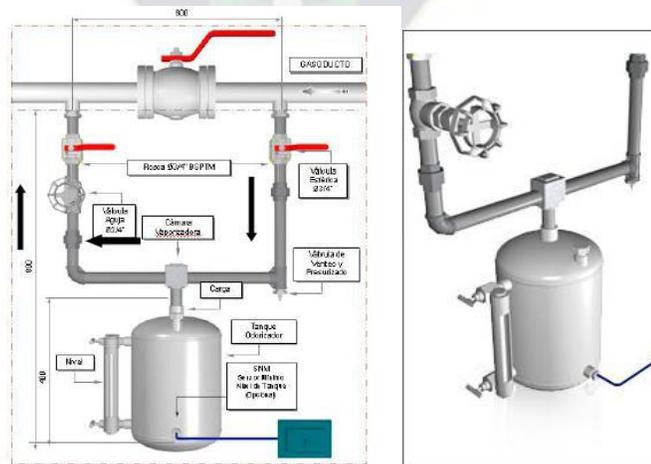
2.13.2.3.2 ODORIZACIÓN POR MECHA O CONTACTO

A diferencia de los sistemas de odorización por inyección o arrastre, los sistemas por mecha o contacto solo pueden ser utilizados para bajas presiones (4–5 Kgr/cm²) y volúmenes de consumo (1–200m³/hr) debido a que su principio de funcionamiento limita el mismos.

Su funcionamiento se basa en dejar pasar el gas a través del recipiente que contiene el odorante donde se pone en contacto y satura con metilmercaptano. Éste, una vez saturado se dirige a la línea de distribución debido al diferencial de presión que se genera con una placa de orificio.

La instalación del sistema se la realiza por debajo del nivel de la línea de distribución.

FIGURA 33: ODORIZACIÓN POR MECHA O CONTACTO



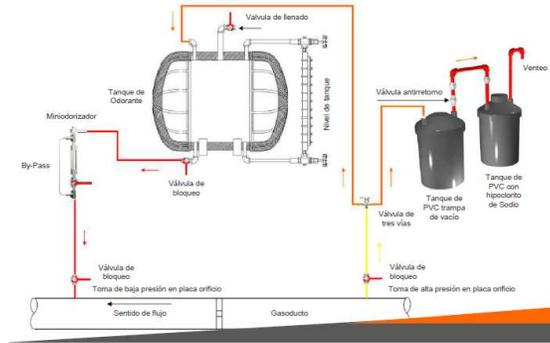
Fuente: Infocal Pando, 2022

2.13.2.3.3 ODORIZACIÓN POR GOTEO

No es recomendable para altas presiones porque se puede quedar suspendido en la parte superior de la tubería. Así también, no es recomendable cuando el flujo es variable

porque si baja el flujo se puede tener precipitación en la parte inferior y todo esto puede causar corrosión.

FIGURA 34: ODORIZACIÓN POR GOTEO



Fuente: Infocal Pando, 2022

TABLA 11: TABLA COMPARATIVA DE ODORIZACIÓN POR GOTEO VS POR INYECCIÓN

Por goteo	Por Inyección
Aplicable para caudales muy estables (aplicaciones industriales) de gas máximo de 6500 m ³ /h.	Aplicable para caudales de gas máximo de 700.000 m ³ /h.
Presiones máximas de hasta 14 bar (203 PSI)	Presiones máximas de hasta 250 bar (3625 PSI)
Capacidades de tanques de: 20 - 30 - 50 - 100 litros	Capacidades de tanques de: 20 - 30 - 50 - 100 - 300 - 500 - 1000 litros
Control de odorización Por placa Orificio	Control de odorización Por medición de caudal automático

Fuente: Infocal Pando, 2022

2.13.2.3.4 ODORIZACIÓN MEDIANTE INYECCIÓN

Este sistema de odorización es el más preciso ya que la dosificación de odorante es realizada de manera automática mediante un controlador microprocesado o computador de flujo en función al volumen demandado y las especificaciones programadas, tal característica permite odorizar grandes volúmenes de gas a elevadas presiones.

FIGURA 35: ODORIZACIÓN MEDIANTE INYECCIÓN



Fuente: Infocal Pando, 2022

ANÁLISIS

El odorizador por contacto sirve solamente cuando tenemos que odorizar pequeños caudales o volúmenes de gas (menores a 200 m³/h).

El odorizador por goteo es aplicable en caudales relativamente estables, no se aconseja su instalación cuando la planta opera en un 100 % con consumos domiciliarios.

El odorizador por inyección es el más recomendable para cualquier tipo de consumo.

2.13.2.4 SISTEMA DE MEDICIÓN

La función de este sistema es certificar los volúmenes de gas que se recibe o entrega en custodia tomando en cuenta las variables de presión, temperatura, composición y gravedad específica del gas a condiciones instantáneas de flujo.

La metrología clasifica la instrumentación del sistema medición en elementos primarios, secundarios y terciarios.

FIGURA 36: SISTEMA DE MEDICIÓN



Fuente: Infocal Pando, 2022

2.13.3 ACCESORIOS (FITTINGS)

2.13.3.1 Codos

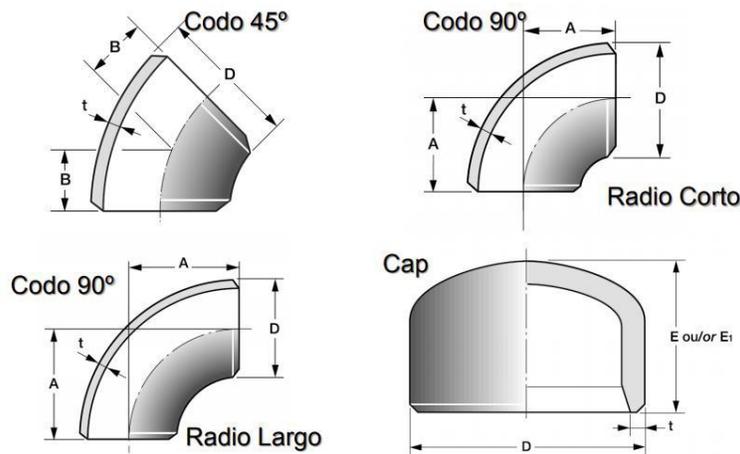
Los codos para tubos de acero son piezas importantes en sistemas de tuberías, además de utilizarse para cambiar las direcciones de los líquidos. Existen diferentes tipos según

el tipo de material: Codo de acero al carbón, de acero inoxidable y de acero aleado. Según la dirección del líquido existen: Codo de 45 grados, de 90 grados y de 180 grados. Según la longitud y el radio del codo: Codo de radio corto (codo SR) y de radio largo (codo LR).

Según el tipo de conexión: Codos de soldadura a tope, de soldadura a enchufe, y codo de acero roscado para tuberías.

(ASME B16.9 2003)

FIGURA 37: CODOS



Fuente: Infocal Pando, 2022

2.13.3.2 Tees

Accesorio que como su nombre lo indica tiene forma de "T"; se utiliza cuando se requiere una derivación a un tubo igual o a uno de menor diámetro. Las dos bocas opuestas siempre tendrán el mismo diámetro. Se pueden encontrar en recta y reducida, en donde esta última, uno de sus lados es de menor dimensión a fin de realizar la derivación de la línea de conducción a una más pequeña. Cuentan con extremos roscados y soldables.

2.13.3.3 Reducciones

Una reducción en tubería es un accesorio que se utiliza para reducir el diámetro de una tubería determinada. Existen dos tipos de reducciones comerciales: las concéntricas o centradas y las excéntricas o descentradas.

2.13.3.3.1 REDUCCIÓN CONCÉNTRICA:

Accesorio que se utiliza para unir dos conexiones, muy similar en su forma a la reducción campana, sin embargo; ésta cuenta con extremos soldables.

Es un accesorio reductor que se utiliza para disminuir el caudal del fluido aumentando su velocidad, manteniendo su eje.

Ventajas/Beneficios de las Reducciones Concéntricas:

- Fácil remoción cuando se requiere hacer cambios.

- Por la versatilidad de sus extremos, la colocación de los mismos se vuelve más ágil.
- Por su forma, el desvío del fluido se hace más rápido.
- Uso en amplio rango de temperaturas.
- Protección anticorrosiva.

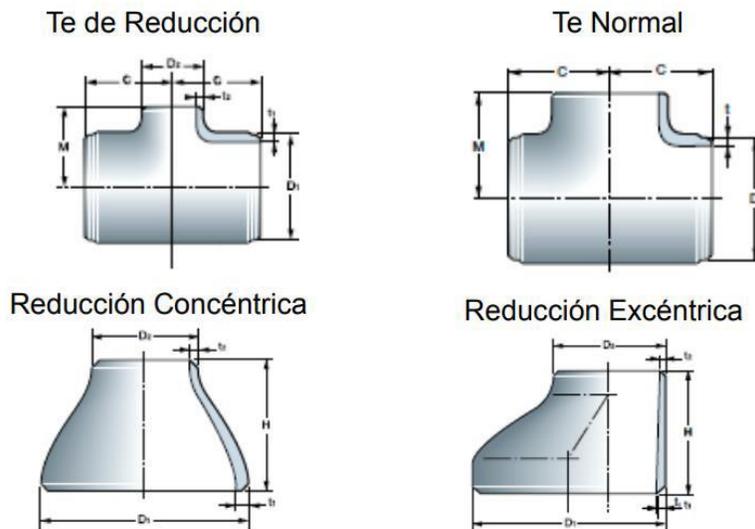
2.13.3.3.2 REDUCCIÓN EXCÉNTRICA:

Accesorio que se utiliza para unir dos conexiones; a diferencia de la concéntrica sus extremos quedan con un centro distinto, esta función permite que los condensados en líneas de vapor o de aire se puedan acumular y retirar con mayor facilidad.

Ventajas/Beneficios de las Reducciones Excéntricas:

- Fácil remoción cuando se requiere hacer cambios.
- Por la versatilidad de sus extremos, la colocación de los mismos se vuelve más ágil.
- Por su forma, el desvío del fluido se hace más rápido.
- Uso en amplio rango de temperaturas.
- Protección anticorrosiva.

FIGURA 38: TEES



Fuente: Infocal pando, 2022

2.13.3.4 Caps

Accesorio de forma de medio círculo, el cual es utilizado para bloquear o terminar con una línea de conducción. Se presenta con extremo roscado o soldable. En extremo roscado puede ser del tipo macho o hembra.

FIGURA 39: CAPS



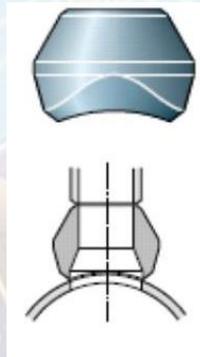
Fuente: Infocal Pando,2022

2.13.3.5 ACCESORIOS – Weldolet-Threadolets-Sockolets

2.13.3.5.1 Weldolet

Es una conexión de acero al carbón o acero inoxidable que se suelda en la perforación de un tubo, con la finalidad de generar una derivación sin la necesidad de instalar una Tee. Su salida es biselada para soldar a tope.

FIGURA 40: WELDOLET

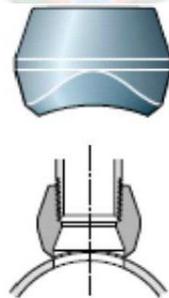


Fuente: Infocal Pando,2022

2.13.3.5.2 Threadolet

Es una conexión hecha a partir del Weldolet, con la diferencia de que la salida es roscada. Está fabricada para 3000 y # 6000 libras.

FIGURA 41: THREADOLET

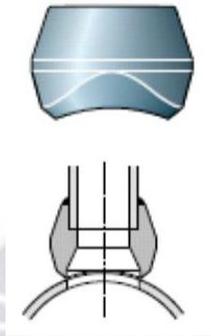


Fuente: Infocal Pando,2022

2.13.3.5.3 Sockolet

Es una conexión que también está hecha a partir del Weldolet, con la diferencia de que la salida es con inserto soldable o caja soldable.

FIGURA 42: SOCKOLET



Fuente: Infocal Pando, 2022

2.13.3.6 Otras Uniones:

- **Cupla:** Su función es la de unir dos conexiones con terminación macho de el mismo diámetro, mantiene la misma dirección e invariablemente sus extremos son hembras.
- **Niple:** Une dos conexiones con terminación hembra del mismo diámetro, mantiene la misma dirección e invariablemente sus extremos son machos, puede venir en niple hexagonal o niple liso.
- **Buje:** A diferencia de todas las reducciones que hemos visto que reducen dos conexiones macho el buje reduce de hembra a macho. Por lo regular es roscada.

(ASME B 16.11, 2022)

FIGURA 43: CUPLA, NIPLE Y BUJE



Fuente: Infocal Pando, 2022

2.14 PROTECCIÓN CATÓDICA

2.14.1 SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA

En el tema de protección catódica lo sub dividiremos en 4 partes para su entendimiento los cuales son:

- Conceptos Básicas
- Conceptos de corrosión
- Fundamentos de protección catódica
- Diseño conceptual de protección catódica

2.14.2 CONCEPTOS BÁSICOS

La corrosión es una de las causas más normales de rotura de estructuras en un contacto con electrolitos, a nivel mundial la corrosión trae impactos a nivel mundial tales como:

- Ambiente
- Metas de producción
- Costos de operación
- Seguridad
- Ciclo de vida de los equipos
- Mantenemos etc.

Se estima que a nivel mundial la fabricación de acero de cada 10 toneladas el 2.5 de toneladas se pierde por corrosión, eso significa el 25 % de la fabricación mundial.

No solo engloba a aceros para gasoductos sino también a Tanques; fondos de tanques almacenados en contacto del agua o el suelo, Pilotes metálicos de plataformas en lagos y mares, Enfriadores, calderas etc.

Ahora mencionara algunos conceptos básicos:

Metal anfótero: Es un metal que puede ser sometido a corrosión ya sea en ambientes ácidos como alcalinos.

Ánodo: Es en el cual sucede la oxidación (corrosión) y los iones metálicos entran en solución

Polarización Anódica: el cambio del potencial en la dirección noble (positiva) resultante del flujo de corriente entre el electrodo y el electrolito.

Cátodo: El electrodo que sucede la reducción

Protección catódica: una técnica para controlar corrosión de una superficie metálica haciendo que esa superficie sea el cátodo de una celda electroquímica.

Recubrimiento: un material dieléctrico aplicado a una estructura para separarlo del medio ambiente.

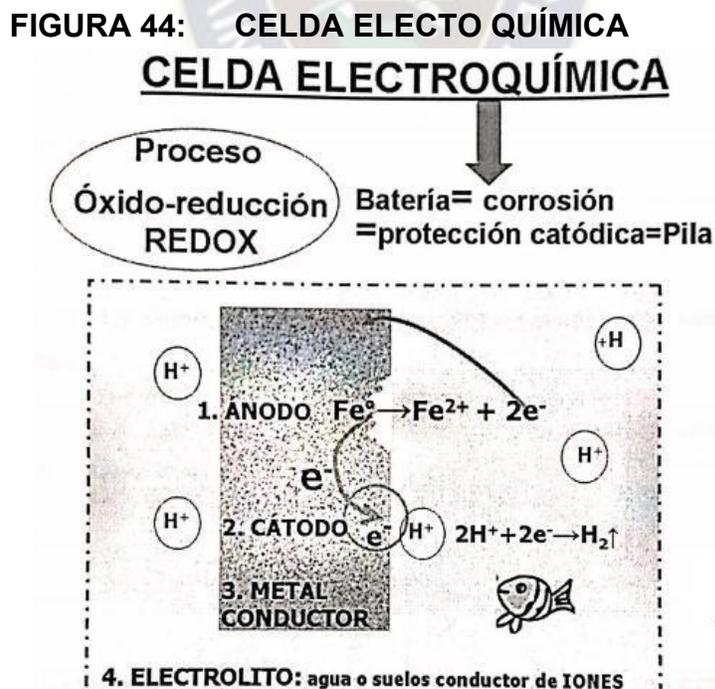
Corrosión: el deterioro de un material, generalmente un metal, que resulta de una reacción con su entorno.

Tasa de corrosión: la tasa a la que avanza la corrosión. (Por lo general, se expresa como pérdida de peso o penetración por unidad de tiempo.)

Electrodo: un conductor que se utiliza para establecer contacto con un electrolito y a través del cual la corriente es transferida desde un electrolito.

Electrolito: Sustancia química que contiene iones que migrar en un campo eléctrico. A los efectos de esta práctica recomendada, el electrolito se refiere al suelo o líquido adyacente en contacto con un metal enterrado o sistema de tuberías metálicas sumergidas, incluida la humedad y otros productos químicos contenidos en el mismo.

En la siguiente figura se muestra una celda electroquímica el cómo migran electrones para que el ánodo se oxide y el cátodo se conserve



Fuente: Nace, 2016

Corriente impresa: corriente continua suministrada por un sistema de protección catódica que utiliza una fuente de alimentación externa fuente.

Interferencia: Cualquier perturbación eléctrica en un metal estructura como resultado de la corriente parásita.

Corriente parásita: Corriente a través de caminos distintos a los circuitos previstos.

Corrosión por corrientes parásitas: Corrosión resultante de Transferencia de corriente entre la tubería y el electrolito.

2.14.3 CONCEPTOS DE CORROSIÓN

LEY DE FARADAY

La Ley de Faraday relaciona el peso de metal perdido en una celda de corrosión, con el tiempo y la corriente. La ley está expresada por la siguiente fórmula:

$$Wt = KIT = \text{kg}$$

donde

- Wt = peso perdido, kg
K = equivalente electroquímica, kg/Amp-año
I = Amps
T = años

FIGURA 45: VELOCIDAD DE CONSUMO DE LA CONSTANTE K PARA VARIOS METALES

Metal	Kg/A-año	Libra/A-año
Carbón	1.3	2.86
Aluminio	3.0	6.5
Magnesio	4.0	8.8
Hierro/Acero	9.1	20.1
Hierro Alto Silicio/Cromo	0.5	1.0
Níquel	9.6	21.2
Cobre (Monovalente)	20.8	45.8
Zinc	10.7	23.6
Estaño	19.4	42.8
Plomo	33.9	74.7

Fuente: Nace, 2016

FORMAS DE CORROSIÓN

Las formas de corrosión se pueden sub dividir en las siguientes formas

ATAQUE UNIFORME: Es un tipo de corrosión por pérdida uniforme en el metal teniendo una distribución prácticamente en toda o en su mayor parte de la superficie

CORROSIÓN PO FATIGA: Resulta por la fatiga de un metal bajo tensiones

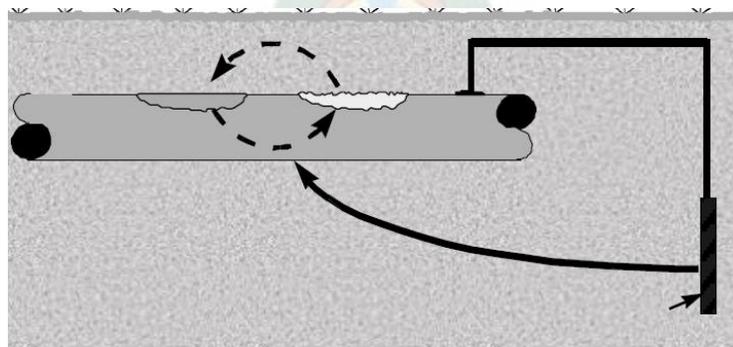
CORROSIÓN GALVÁNICA: Esto sucede cuando ponemos en contacto dos metales distintos (genera un diferencial de potencial

2.14.4 FUNDAMENTOS DE PROTECCIÓN CATÓDICA

El principio de protección catódica es hacer circular una corriente directa (determinada, determinada, (por un circuito de resistencia total R (Ω para lo cual se necesitará una diferencia de potencial o tensión en voltios (Todo esto se representa mediante la LEY DE OHM ($V=IxR$))

En realidad, la protección catódica no elimina la corrosión. Lo que hace es transferirla de la estructura a proteger, al ánodo (s) de protección catódica. Así, la estructura se convierte en el cátodo de una celda de corrosión artificial. La corrosión del metal se detiene una vez que la corriente de protección catódica iguala o excede la corriente de corrosión. Esto se ilustra en la siguiente figura:

FIGURA 46: ILUSTRACIÓN DE UN ÁNODO EN CONTACTO CON LA TUBERÍA



Fuente: Nace, 2016

RESISTIVIDAD DEL SUELO

Si se trata de instalar protección catódica a estructuras metálicas enterradas, la cantidad de corriente de protección dependerá de varios factores, tales como, contenido de humedad, composición química (arcillosos, con cenizas y otros), grado de compactación, pH del medio, temperatura Todo esto se " en el valor de la resistividad del medio

2.14.5 TIPOS DE SISTEMA CON PROTECCIÓN CATÓDICA CON CORRIENTE GALVÁNICA E IMPRESA

Existen dos 2 tipos de sistemas de protección catódica corriente galvánica y corriente impresa

SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA CON ÁNODOS GALVÁNICOS

Uso de la acción galvánica para proveer la corriente de protección, conectando la estructura a un metal menos noble o con un potencial más electronegativo que el hierro del acero Se utilizan los ánodos de Magnesio, Aluminio y Zinc

SISTEMAS DE PROTECCIÓN CATÓDICA CON CORRIENTE IMPRESA

Uso de una fuente externa (para proveer corriente al grupo de ánodos inertes, los cuales introducen la corriente directa a través del electrolito agua y tierra hacia las estructuras protegidas) (NACE International)

2.15 PRUEBA HIDROSTÁTICA

Es la aplicación de una presión a un equipo o línea de tuberías fuera de operación con el fin de verificar la hermeticidad de los accesorios bridados y la soldadura, utilizando como elemento principal el agua o en su defecto un fluido no corrosivo. Requiere que el componente a probar sea llenado completamente con un liquido como el agua.

La prueba hidrostática también se aplica cuando se reemplaza o se reparan líneas existentes. la prueba hidrostática nos permite:

- Determinar la calidad de la ejecución del trabajo de fabricación o reparación de la línea o equipo.

- Comprobar las condiciones de operación y garantizar la seguridad de las personas y las instalaciones.
- Detectar fugas.

Por lo general, un equipo que haya sido probado en los talleres del fabricante no debería ser probado nuevamente después de su instalación, A menos que sea requerido por algunas de las autoridades locales o si existiese alguna sospecha de que el equipo haya sufrido algún daño durante el transporte, por lo que la prueba se llevará a cabo de acuerdo al código de diseño o las especificaciones del caso.

La sensibilidad de la prueba puede incrementar adicionado lo siguiente:

Revelador acuoso aplicado al exterior que cambie de color cuando entre en contacto con una fuga pequeña. Un concentrado que baje la tensión superficial del agua (surfactante) y proporcione un trazador visible o fluorescente.

AGUA:

El agua (del latín aqua) es el compuesto formado por 2 átomos de hidrogeno y uno de oxígeno (H₂O) El termino agua se aplica en el lenguaje corriente únicamente al estado líquido de este compuesto.

Mientras que se asigna el termino hielo a su estado sólido. El termino vapor de agua a su estado gaseoso.

2.15.1 EQUIPO PARA PRUEBA HIDRATICOS

Bombas de alta y baja presión

Estos equipos son pequeños y compactos, ideales para probar líneas de tuberías de agua, tanques presurizados pequeños, sistemas de rociadores automáticos, sistemas de calderas y sistemas solares.

Banco de prueba

dispositivo que nos sirve para controlar toda la prueba hidrostática desde una mesa o banco donde conectamos todos los instrumentos.

Registrador de Presión y Temperatura

Es un indicador dual, donde en un solo equipo registra datos de presión y temperatura.

Un instrumento de registro es un dispositivo cuya función es registrar el valor de una cantidad al medirla. Estos equipos necesitan ser calibrados de manera anual.

Los primeros Registradores son los llamados Registradores de Escritura directa, donde la pluma se sujetaba a un sistema activo donde se debía diseñar un sistema de impulso con suficiente sensibilidad para reducir la fricción en la pluma. A finales de 1890 se introdujo al mercado los medidores basados en una nueva tecnología llamada “Galvanómetro de Deflexión”, reconocido como el primer graficador, éste permitía detectar y medir cambios a través de corrientes eléctricas. Este graficador producía deformación en la aguja y puntero basado en la respuesta de qué corriente se envía a través de la bobina principal. Cabe resaltar que este sistema es capaz de detectar la presencia de pequeñas corrientes en un circuito cerrado, y esto más la función de un papel giratorio en un rollo hacían la función de un histograma.

Termómetros

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- Fusión creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetros de radiación).
- Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal).

Manómetros

Los medidores o indicadores de presión son instrumentos de precisión fabricados para medir la presión de los líquidos o gases, en cualquier recipiente cerrado donde contenga el fluido.

La presión puede medirse en valores absolutos o diferenciales.

Los manómetros más utilizados en el rubro y especialmente en las pruebas hidrostáticas son los de Tipo tubo Bourdon que es un tubo de sección elíptica que forma un anillo casi completo, cerrado por un extremo. Al aumentar la presión en el interior del tubo, este tiende a enderezarse y el movimiento es transmitido a la aguja indicadora, por un sector dentado y un piñón. El material empleado normalmente en el tubo Bourdones de acero inoxidable, aleación de cobre o aleaciones especiales como hastelloy monel.

Pigs , scrappers , Placa Calibradora

Dispositivos para retirar el agua y proceder a la limpieza interna de la tubería.

Los pigs de extracción de agua están fabricados por un recubrimiento poliuretano de alta densidad y por dentro tienen esponja que también puede ser en media o alta densidad.

Los scrappers sirven para la limpieza interna de la tubería, también fabricados con poliuretano de alta densidad y escobillas de limpieza, estos mismos se pueden utilizar para el paso de la placa calibradora de prueba hidrostática.

La placa calibradora es un instrumento calculado y diseñado de acuerdo a la prueba a realizar para verificar abolladuras u otro desperfecto en la red antes de realizar la pH.

2.15.2 PROCEDIMIENTO DE PRUEBA HIDROSTÁTICA

Procedimiento de Prueba

Detalla exactamente la manera de ejecutar este ítem de acuerdo a lo estipulado en el plan de prueba, aplicando estrictamente el plan y además la normativa de referencia.

Registros

Los registros detallaran todo lo sucedido en el desarrollo de la prueba como ser:

- Acta de apertura de prueba.
- Registro de limpieza y calibración.
- Registro de llenado y presurizado.
- Registro de control de pruebas.
- Registro de secado del agua.

- Informe de aceptación o rechazo de prueba.
- Acta de conclusión de prueba.
- El procedimiento ejecutivo para realizar la prueba es el documento donde se describe la manera de encarar dicha actividad y que está en completa referencia a normativas vigentes autorizadas por la empresa contratista, especificaciones técnicas de la contratista y que están enunciadas en el presente documento.
- Este documento debe ser previamente aprobado por responsables de la empresa que ejecute la prueba para luego pasarlo a los responsables de la empresa contratista para su revisión y visto bueno.
- Este documento se elabora con anticipación junto al plan de prueba donde lo último en añadir serán datos relacionados a los perfiles hidráulicos y topográficos.

Limpieza

Una vez montado adecuadamente los cabezales y aprobados por el supervisor, se debe dar inicio a la limpieza interna de la tubería.

Paso de placa calibradora

El paso de la placa verifica la inexistencia de abolladuras, ovalizaciones o reducciones en la sección interna de la tubería, antes de pasar la placa calibradora, ésta debe ser firmada por el Supervisor de Obra, el Contratista y el encargado de la prueba.

La placa calibradora debe ser de acero al carbono SAE 1020 o aluminio, de diámetro externo de acuerdo a la siguiente formula:

$$D_p = DE - 2e (1+K) \quad 0,025 \leq D_p \leq 0,250''$$

Donde:

D_p = diámetro de la platina (pulg .)

DE = diámetro externo del tubo (pulg .)

e = espesor nominal de la pared del tubo (pulg .)

K = tolerancia del espesor, de acuerdo con la Tabla siguiente

FIGURA 47: TOLERANCIA PARA EL ESPESOR DE LA PARED-K

Diámetro nominal del tubo	Proceso de Fabricación	Grado del Acero (API 5L)	
		B	X42 a X70
2.375"	CC y SC	0,18	0,15
3,5"	CC y SC	0,18	0,15
4,5" a 18"	CC y SC	0,15	0,15
>20"	CC	0,18	0,20
>20"	SC	0,15	0,18

Notas:

CC = con costura

SC = sin costura

Fuente: Nace, 2016

El espesor mínimo de la platina debe ser:

1/8" para tuberías de DN menor de 6"

1/4" para tuberías de DN mayor o igual a 6"

Aquellos puntos que produzcan aplastamiento a la platina deben ser reemplazados, una vez reemplazado, se debe volver a pasar la platina calibradora.

Cuando a criterio del supervisor, la platina salga sin aplastamientos se debe dar por aprobada la prueba hidrostática. Referente a la porta placa, ésta debe ser de dimensiones y características adecuadas y debe ser previamente aprobada por el supervisor de obras.

Provisión y llenado de agua

El agua a utilizar en la prueba debe ser provista por el contratista y debe ser agua dulce, limpia, exenta de elementos agresivos al tubo y previamente aprobado por un análisis fisicoquímico por un laboratorio que proporcione el contenido completo de los componentes del agua.

Los volúmenes de agua necesaria para el llenado de la sección deberían ser calculados aplicando la siguiente formula:

$$V_{H_2O} = L * \frac{\pi}{4} D_i^2$$

Donde: V_{H_2O} = volumen de agua requerido en metros cúbicos

D_i = diámetro interno del ducto en metros = Diámetro externo – 2t

L = longitud de la tubería en metros

CAPITULO 3. CONSTRUCCIÓN

3.1 TRABAJOS PRELIMINARES

3.1.1 *RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN*

Presiones de Diseño y Operación.

- El cual en este caso podríamos obtener YPFB TRANSPORTES el cual da seguimiento a las tuberías de transporte en Bolivia.
- Características Topográficas de la Ruta o Trayecto del caño.
Se pueden obtener datos del Instituto Geográfico Militar
- Tipos de Terreno que el caño Atravesará.
Se pueden obtener datos del Instituto Geográfico Militar
- Información Ambiental.

Se pueden obtener datos del Instituto Geográfico Militar.

3.1.2 *ESTUDIOS DEL TRAZADO.*

- Ejecución de Vuelos Fotogramétricos.
- Reconocimiento del Trayecto por Vía Terrestre y con Soporte de Vuelos de Campo.
- Establecimiento de Puntos de Control en Campo y Cálculo de sus Coordenadas.
- Generación de Planos de las Parcelas.
- Gestión de Cruces Especiales.

3.1.3 *ESTUDIO SÍSMICO*

Se llevará a cabo un Análisis Sísmico con el propósito de evaluar las vibraciones más intensas que puedan influir en la integridad de la tubería y las instalaciones del conducto, ya que podrían estar expuestas a los efectos de posibles movimientos telúricos. Los cálculos se centrarán en el escenario más crítico de la región donde existe el mayor potencial de actividad sísmica.

3.1.4 *ESTUDIOS GEOTÉCNICOS*

- Evaluación de la Viabilidad Geotécnica de la Ruta, Características del Terreno a lo Largo del Trayecto.
- Viabilidad de la Excavación de los Materiales a lo largo del Trayecto y su Utilización en los Rellenos de la Zanja Posterior.
- Condiciones Generales de Estabilidad de la Zanja Futura a lo Largo del Trayecto.
- Accesibilidad de Maquinaria a lo Largo de la Ruta de Trabajo.
- Características del Terreno en los Puntos de Intersección del Gasoducto con Carreteras y Cursos de Agua, con Recomendaciones sobre los Métodos de Cruce en Cada Caso.
- Identificación de Áreas Problemáticas a lo Largo de la Ruta: Pendientes Inestables, Niveles Freáticos Cercanos a la Superficie, Depósitos Minerales en el Subsuelo, entre Otros.
- Realización de Análisis Químicos del Agua para Determinar su Potencial Agresivo hacia el Hormigón.
- Evaluación de la Resistividad del Terreno para la Protección Catódica de la Tubería.

3.1.5 ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

Este estudio establecerá los principios fundamentales para la fase de construcción, con el propósito de implementar todas las precauciones necesarias para prevenir riesgos y accidentes.

3.1.6 ESTUDIO DE PRESERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

En cualquier proyecto que implique la construcción, operación y mantenimiento de líneas de captación y transporte, así como de instalaciones complementarias, se deben considerar las políticas y regulaciones ambientales vigentes a nivel nacional, provincial o municipal, con el objetivo de abordar la contaminación ambiental y promover el uso racional de los recursos hídricos.

3.1.7 ESTUDIO DE PROSPECCIÓN ARQUEOLÓGICA SUPERFICIAL

El estudio de prospección arqueológica superficial se enfoca en la búsqueda de yacimientos arqueológicos que se encuentren en la superficie del terreno. A través de la prospección de superficie, se busca identificar y registrar los restos visibles de yacimientos arqueológicos en un área geográfica determinada. Por otro lado, la prospección del subsuelo se aplica en yacimientos arqueológicos específicos, previamente conocidos, con el objetivo de evaluarlos y determinar cuáles partes del yacimiento son más prometedoras para futuras excavaciones.

3.1.8 REQUISITOS PREVIOS PARA LA INICIACIÓN DEL TRABAJO

En este punto veremos como son los pasos a seguir en YPFB, en si, la documentación previa y los procedimientos que se debe tomar para la realización de la misma.

3.1.8.1 POSTULACIÓN DE DIFERENTES EMPRESAS

Existe un pliego de condiciones emitido por YPFB el cual se muestra en el ANEXO-1:

- a) Primero se hace una publicación en www.ypfb.gob.bo indicando que pueden postular las diferentes empresas para la realización y construcción de ducto. Es decir, es una convocatoria.
- b) Luego, se lo hace una inspección previa con todas las empresas postulantes como requisito un representante por empresa, si existiera ausencia de alguna empresa automáticamente están descalificados.

En la siguiente figura se muestra a los diferentes representantes de cada empresa para la revisión previa entre ellos se puede citar los nombres de las empresas como ser: Bolmartec, Srl, Conatrol construcción y Servicios Petroleros, Imart Service, Seicamp, P y Ges Srl., Co. Ing. Za, Barrancos. El ingeniero a cargo de parte de yacimientos muestra toda la trayectoria.

FIGURA 48: INSPECCIÓN PREVIA A UNA OBRA



Fuente: Elaboración propia, YPFB, 2023

En la siguiente figura se muestra cómo el ingeniero a cargo de YPFB indica y especifica con los planos, al igual que, si hay cambio en la trayectoria lo hace conocer todo esto en se lo hace en línea.

FIGURA 49: MAPA EN LA INSPECCIÓN PREVIA



Fuente: Elaboración propia, YPFB, 2023

c) Por consiguiente se hacen consultas, reunión y ya después las empresas mandan sus 'propuestas' de acuerdo a las especificaciones y se escoge al que proponga menor costo y cumpla con las especificaciones mostraremos un ejemplo en el ANEXO-2 de especificaciones técnicas de red primaria con acero al carbono en Pioca.

d) Ya pasando la etapa anterior y ya seleccionado una empresa se procede al orden de proceder el cual se tiene un ejemplo en el ANEXO-3, el orden de proceder es permiso que tiene la empresa adjudicada para empezar a trabajar, desde este punto se tiene corre el tiempo a elaborar la construcción de gasoducto.

3.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

Antes de empezar con la construcción de un gasoducto se debe realizar una recepción de materiales, el cual consiste en verificar que todos los materiales utilicen certificados así también la certificación de tuberías. Después de la construcción de todo el gasoducto, se implementará Manifolds y Corralitos, de los cuales sus planos serán mostrados en el ANEXO-5.

3.2.1 *INSTALACIÓN DE FAENAS, PROVISIÓN Y COLOCADO DE LETREROS DE OBRA*

El proceso de instalación de faenas implica preparar el terreno con construcciones temporales, cercos provisionales, maquinaria y equipos esenciales para iniciar los trabajos dentro y fuera del sitio de la obra. Se aplican medidas de seguridad durante toda la ejecución, y al finalizar, se retiran por completo las construcciones, instalaciones y otros elementos utilizados en el proyecto.

En sí, la instalación de faenas es donde se asentará provisionalmente la empresa designada a realizar los trabajos del gasoducto debiendo tener en cuenta en su análisis:

- El lugar de la obra a realizar en este caso trabajo a realizar para la construcción del gasoducto
- Cuando se va iniciar las obras, en este caso cuando inicia su orden de proceder.
- La fecha en el cual se hará la entrega de la obra y la entrega provisional
- Qué tipo de obra se procederá.
- Conocer la cantidad promedio del personal que estar involucrado en la construcción del gasoducto.
- Persona el cual está a cargo de la obra.

Teniendo todos estos aspectos vamos al siguiente paso el cual es determinar la magnitud de las superficies el cual se toman en cuenta los diferentes puntos a considerar:

- Los recursos humanos de la empresa a ejecutar dependen de que tan grande sea la empresa, es decir, la economía de la empresa.
- Materiales que tiene la empresa.
- Equipos de construcción que tiene la empresa.
- Los insumos, aunque no forman parte directa de la obra, son esenciales para su realización, como el petróleo (combustibles) necesario para el funcionamiento de los equipos.

3.2.1.1 **OBJETIVO**

Describir las actividades de ejecución instalación de faenas, provisión y colocado de letreros de obra dentro la ejecución de obras civiles y mecánicas para la construcción de un gasoducto.

3.2.1.2 **ALCANCE**

Aplica a todas las actividades comprendidas para la “INSTALACIÓN DE FAENAS, PROVISIÓN Y COLOCADO DE LETREROS DE OBRA” a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN.

3.2.1.3 **DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS**

- Cliente : YPFB.
- Contratista : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.1.4 RESPONSABILIDADES

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.1.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.1.4.2 Responsable de Calidad si se requiere:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.1.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.1.5 DESARROLLO

Se debe coordinar con el supervisor de obra respecto a la ubicación de depósitos e instalaciones con anterioridad al inicio de obras, para realizar la movilización del equipo y personal a la obra, mismo que será apto para el acopio de material para obras civiles y mecánicas. Se indicará al supervisor de obra mediante un croquis el lugar que servirá como almacenamiento y depósito de todos los equipos, herramientas para la ejecución del proyecto. El espacio a utilizar no debe estar a más de 500 metros del sector de construcción, en caso de no poder conseguir esta ubicación, se hará conocer al supervisor para poder instalar en otros lugares determinados.

El campamento o lugar de acopio debe contar con todos los resguardos respecto a los letreros de señalización y todo lo referente al tema de seguridad.

Los letreros de obra serán elaborados de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto. Lona con densidad de 18 onzas/m², con una impresión como mínimo de 1440 DPI de resolución. La lona impresa se debe colocar sobre una estructura metálica portante con una plancha de 0.50 mm como mínimo (plancha calamina plana) o el equivalente a la calamina N° 26, la cual debe garantizar la estabilidad del letrero, en caso de necesidad se deben colocar contrafuertes que permitan su adecuada estabilidad.

Las estructuras portantes, deben ser de perfiles metálicos (tubería de fierro galvanizado de 3”), Los mismos deben ser fijados mediante tornillos a la tubería de fierro galvanizado de 3”, las mismas que luego serán empotradas en el suelo, de tal manera que queden perfectamente firmes y verticales.

La altura final del letrero debe ser fijado por el supervisor de obra, de forma tal que sea visible y de fácil identificación. En caso de requerirse se podrán utilizar bases de concreto para la fijación correcta del letrero de señalización.

3.2.1.6 PERSONAL Y EQUIPO

- Ayudantes generales
- Soldador

3.2.1.6.1 EQUIPOS, HERRAMIENTAS y MATERIALES

- Tubería FG 3".
- Alquiler de campamento, oficina y deposito.
- Bastidor metálico portante.
- Cintas de precaución y señalización.
- Letrero (lona de alta densidad 18 oz/m2 con protección uv).
- Máquina de soldar eléctrica.

3.2.1.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.1.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.

3.2.1.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Charlas informativas a todo el personal de los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.1.7.3 MEDIO AMBIENTE

- Es responsabilidad nuestra, tomar todas las medidas razonables para proteger el medio ambiente (tanto dentro como fuera del Lugar de las Obras) y para limitar los daños y las alteraciones que se puedan crear a las personas y las propiedades como consecuencia de la contaminación, polvo, el ruido y otros resultados de sus operaciones en cumplimiento de la ley 1333.
- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán seleccionados, acondicionados en bolsas plásticas y transportadas al final de la actividad para su disposición final.
- La deposición final de los materiales se realizará a áreas autorizadas.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.

3.2.1.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

A continuación, mostraremos algunas de las instalaciones que es lo mínimo que debería tener una instalación de faenas.

En la siguiente figura se muestra un dormitorio del personal el cual se encuentra bajo techo y con espacio necesario para moverse adecuadamente sin interrupciones y con seguridad

FIGURA 50: DORMITORIO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura muestra el comedor el cual cumple con lo estipulado estado así bajo techo y con una mesa larga y sillas para que puedan comer de forma adecuada el personal además contempla con ventilación gracias a las ventanas.

FIGURA 51: COMEDOR



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra una oficina el cual contempla con acceso a corriente eléctrica el cual servirá para los dispositivos por ejemplo impresoras, laptop, cargar celulares, Radio Wokitoki, iluminación y wifi.

FIGURA 52: OFICINA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la cocina en donde se encuentra las herramientas básicas para dar cocción a los alimentos.

FIGURA 53: COCINA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra un almacén el cual es un lugar seco y alejado del sol así también además de este hay más de un almacén que puede ser de cemento y otros.

FIGURA 54: ALMACENES



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se encuentra un lugar de parqueo el cual se podrá estacionar las camionetas, las retroexcavadoras, movilidades de trasporte del personal como ser bus.

FIGURA 55: PARQUEO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra un lugar de acopio de tuberías el cual esta adecuadamente señalizado con las medidas de seguridad y viendo la cercanía del derecho vía.

FIGURA 56: PUNTO DE COPIO PARA TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra un acopio de agregados está en su mayoría para la creación de cámaras, corralitos y/o cámaras.

FIGURA 57: ACOPIO DE AGREGADOS.



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra un lugar donde poner los residuos debidamente señalado

FIGURA 58: ACOPIÓ DE RESIDUOS



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se puede ver un punto de encuentro el cual sirve para reunir a las personas como por ejemplo para dar las charlas de seguridad y destinar y distribuir los trabajos a realizar así también para dar y recibir opiniones para el mejoramiento de la obra.

FIGURA 59: PUNTO DE ENCUENTRO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra un lugar de primer auxilio para cualquier caso de emergencia o incidentes que pudiesen pasar en la elaboración del proyecto.

FIGURA 60: AMBIENTE DE PRIMEROS AUXILIAS



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se podrá apreciar un ambiente el cual sirve como taller

FIGURA 61: TALLER



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra el letrero de obra el cual muestra el monto de la obra en si, la ubicación de la obra, que empresa lo va ejecutar, plazo de la obra es decir cuánto tiempo tiene la empresa para la entrega definitiva, gestión de la obra es decir en qué año empezó dicha obra.

FIGURA 62: LETRERO DE OBRA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.1.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto Molle Huaykho

3.2.2 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO, MATERIAL, HERRAMIENTAS Y PERSONAL

3.2.2.1 OBJETIVO

Establecer algunos puntos necesarios para la movilización y desmovilización de equipos, materiales, herramientas y personal durante la ejecución del proyecto.

3.2.2.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la “MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS, MATERIAL, HERRAMIENTAS Y PERSONAL”, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO DEL TRAMO LA PAZ-COROICO-CARANAVI”.

3.2.2.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente : YPFB
- Contratista : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.2.4 RESPONSABILIDADES

3.2.2.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.2.4.2 Responsable de Calidad si se requiere

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.2.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad realizarse.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.2.5 DESARROLLO

La Movilización contemplará lo siguiente:

- **Medio de Transporte:** Las movilidades que se utilizarán en el proyecto son: Camionetas, volqueta, movilidades de apoyo en caso que se requiera. Todos los vehículos contarán con la inspección previa (mecánica, seguro, etc.) antes de realizar la operación de movilización.
- **Tipo de carga a transportar:** El peso de la carga no será más de lo que el mismo vehículo pueda soportar, esto con el fin de evitar accidentes durante el trayecto hacia las zonas de interés del proyecto, además todos los vehículos llevarán reflectivos en la parte de atrás advirtiendo que transporta algún tipo de carga, herramientas, etc. O simplemente para indicar que el vehículo forma parte del proyecto.
- **Inspección de equipos, herramientas y carga:** La carga (equipo y herramientas) deben estar bien aseguradas para evitar pérdidas durante el transporte.
- Para la movilización de personal se utilizará camionetas o vehículos que resguarden la seguridad de los mismos al momento del transporte.

Existe tres etapas en las que se desarrollará el proyecto: Previo al Inicio de Actividades (a); Durante la Ejecución de las Actividades (b) y la etapa Posterior a la Finalización de Actividades (c). Durante estas tres etapas las principales actividades serán:

- Recojo, Transporte y Retiro de Personal.
- Recojo, Carguío y Traslado de Equipos y Materiales.
- Des-Carguío, Distribución de Equipos y Materiales.

3.2.2.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.2.6.1 PERSONAL

- Chofer de volqueta
- Chofer de vehículo liviano
- Ayudantes generales

3.2.2.6.2 EQUIPOS Y/O HERRAMIENTAS

- Camioneta 4x4
- Volqueta de 6 M3 o 10 TN
- Camión de transporte
- Herramientas menores

3.2.2.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.2.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.2.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.2.7.3 MEDIO AMBIENTE

- Es responsabilidad nuestra tomar todas las medidas razonables para proteger el medio ambiente (tanto dentro como fuera del Lugar de las Obras) y para limitar los daños y las alteraciones que se puedan crear a las personas y las propiedades como consecuencia de la contaminación, polvo, el ruido y otros resultados de sus operaciones en cumplimiento de la ley 1333.
- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- La deposición final de los materiales se realizará a áreas autorizadas.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.

3.2.2.8 Registros fotográficos

En la siguiente figura muestra una camioneta mostrando el traslado del clave.

FIGURA 63: MOVILIZACIÓN DEL PERSONAL



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

Se muestra la excavadora el cual llegaron al lugar del proyecto

FIGURA 64: DESCARGUE DE RETROEXCAVADORAS



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la movilización de equipos y herramientas

FIGURA 65: MOVILIZACIÓN DE MATERIALES



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.2.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto Molle huayco

3.2.3 ELABORACIÓN DE PLANOS AS BUILT

3.2.3.1 OBJETIVO

Establecer la metodología y los requisitos a cumplir para efectuar los trabajos necesarios para la elaboración de planos as-built durante la ejecución del proyecto.

3.2.3.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la “ELABORACIÓN DE PLANOS AS BUILT”, a ser ejecutados dentro el proyecto: PROYECTO: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO DEL TRAMO LA PAZ-COROICO-CARANAVI”

3.2.3.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente** : YPFB.
- **Contratista** : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.3.4 RESPONSABILIDADES

3.2.3.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.3.4.2 Responsable de Calidad:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.3.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.3.5 DESARROLLO

CONDICIONES PREVIAS

- Los trabajos de elaboración de los planos as-built serán realizados en todo momento durante la ejecución del proyecto, para lo cual se deberá tener toda la información completa de las actividades que se vayan a realizar.
- El levantamiento de datos se realizará mediante GPS o en todo caso con un equipo topográfico (Estación Total).

- La elaboración de los planos As Built, será realizado por personal calificado (Dibujante de Planos As Built), con experiencia y con capacitación en el manejo de paquetes CAD.
- YPFB deberá entregar planos de la(s) zona(s) donde se realice el proyecto, en casos excepcionales la empresa, será el encargado de conseguir los planos de la zona previa coordinación con supervisión.
- Los planos As Built serán basados en la guía de elaboración de planos de acuerdo al cliente quien mediante supervisión deberá entregar dicha guía, esta guía constituye el marco para la presentación de los planos As-Built en la construcción.

PLAZO DE ELABORACIÓN

- Se llevará actualizado, durante el transcurso de la construcción de la obra, la elaboración de los planos As Built conforme a la obra ejecutada, con los detalles constructivos y la ubicación de las tuberías.
- Los planos finales conforme a obra serán realizados a una escala determinada en la guía.
- Se debe realizar la entrega de los planos As Built al Supervisor de obra antes de la entrega provisional, para que se proceda a su revisión.
- Los planos de obra deberán ser revisados antes de su entrega definitiva por el encargado de cartografía del cliente.

PRESENTACIÓN DE PLANOS

Los planos As-built serán entregados de la siguiente forma:

FIGURA 66: TIPOS DE PLANO AS-BUILT

N°	TIPO DE PLANO	DIMENSIÓN DE PLANOS A PRESENTAR	CANTIDAD DE EJEMPLARES		
			FORMATO FÍSICO	FORMATO DIGITAL	
1	PLANO GENERAL DE OBRA	A-1 o A-0	EN ATENCIÓN A LA MAGNITUD DE LA OBRA SE SELECCIONARÁ LA DIMENSIÓN ADECUADA AL PROYECTO	7	6
2	PLANO ESPECÍFICO POR ÁREAS	A-1	EN ATENCIÓN A LA MAGNITUD DE LA OBRA LA SUPERVISIÓN COMUNICARÁ SI CORRESPONDE LA PRESENTACIÓN DE PLANOS ESPECÍFICOS	6	

Fuente: Especificaciones redes de gas

ELABORACIÓN DE PLANOS

- Se debe entregar los planos que se detallan en el punto INFORMACIÓN PARA EL GASODUCTO, en los que se reflejará la ubicación precisa mediante la georreferencia y proyección cartográfica correcta, de la tubería (caso del plano general), diferenciada por diámetros, el mismo que contará con todos los accesorios empleados en cada uno de los tramos, con sus respectivas distancias por tramos entre accesorios soldados y líneas de eje de cada tramo, así mismo la señalización horizontal y vertical correspondiente.

El levantamiento de datos se realizará:

- Durante el bajado de tubería anotando el número de tubo, la longitud de los tubos, la profundidad, la ubicación de las juntas soldadas.
- Cuando los accesorios se estén instalando se debe tomar los tags inscritos en los mismos, esa información deberá estar plasmado en los planos as built.
- En los cruces de calles-avenidas y durante la construcción de las cámaras.
- También se debe realizar cuando el supervisor de la obra disponga el levantamiento de datos de requerimiento.

3.2.3.6 3.2.3.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.3.6.1 3.2.3.6.1 PERSONAL

- Cadista

3.2.3.6.2 3.2.3.6.2 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

- Hojas papel bond tamaño A3
- Hojas papel bond tamaño pliego
- Equipo de computación
- Equipo topográfico
- Impresora
- Plotter

3.2.3.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.3.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.

3.2.3.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.3.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- La deposición final de los materiales se realizará en áreas autorizadas.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.3.8 REGISTRO FOTOGRÁFICO

En la siguiente figura se muestra las referencias que se usa para la creación de los planos As Build.

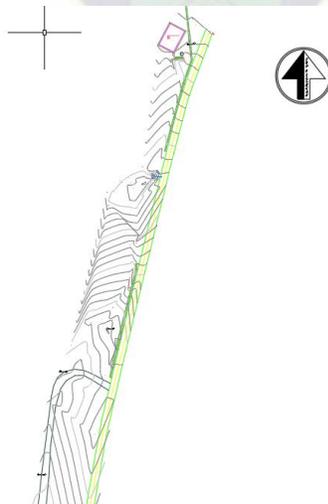
FIGURA 67: REFERENCIA PARA LOS PLANOS AS BUILD

SUBESTACION	
CUNETAS	—
CARRETERA	—
BORDE CAMINO	—
CASAS	—
ALAMBRADO O CERCO	—
OBRA DE ARTE	—
CASAS	—
EJE DE VIA	—
GAVION	—
EJE DE TUBERIA	—
PUNTOS DE ESTACION	▲
POSTE DE LUZ	⊙
CAMARA	○

Fuente : Especificaciones YPFB redes de gas.

En la siguiente figura se muestra una parte de cómo queda un plano As build.

FIGURA 68: EJEMPLO DE UNA PARTE DE UN PLANO



Fuente: Conatrol servicios petroleros,2023

3.2.3.9 3.2.3.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto Molle huayco

3.2.4 REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRÁFICO DE LA LÍNEA

3.2.4.1 OBJETIVO

Establecer la metodología y los requisitos a cumplir para efectuar los trabajos de replanteo y trazado topográfico, durante la ejecución del proyecto.

3.2.4.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para el “REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRÁFICO”, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO”

3.2.4.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente : YPFB.
- Contratista : BLAGAS

3.2.4.4 . RESPONSABILIDADES

3.2.4.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.4.4.2 Responsable de Calidad si se requiere:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.4.4.3 Supervisor de Seguridad

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.4.5 DESARROLLO

El personal técnico, Residente de Obra y Topógrafo conjuntamente con el supervisor de obra en caso de requerir deben demarcar toda el área simultáneamente a los trabajos de tendido de red con progresivas pintadas cada en distancias de acuerdo a la longitud del proyecto.

- a) Se deben solicitar permisos a los Gobiernos Municipales correspondientes (Camargo) y entidades de servicios públicos (electricidad, agua, fibra óptica, etc.) para dar conocimiento de las actividades que se realizarán durante la ejecución del proyecto.
- b) Se deben marcar en los bordes o en puntos claros de la línea donde existan algunos servicios básicos en caso de que la línea sea en áreas urbanas.

- c) La fijación de distancias tendrá en cuenta los factores socio – económicos del lugar de ejecución de la obra. La distancia que separará del eje de la tubería a la línea municipal oscilará entre 0,50 m y 2,50 m (de acuerdo al ancho de la calzada, a las canalizaciones y obstáculos subterráneos).
- d) En el caso que existan veredas que no cubran el ancho total de la acera, la tubería se instalará, de ser posible en la parte de la calzada. De todas formas, la distancia precedentemente indicada no será mayor de 3 metros.
- e) Se deben recopilar datos que permitan determinar los posibles obstáculos enterrados (cables, caños, etc.) para la ejecución de la zanja, en este caso se debe realizar los sondeos y averiguaciones respectivas. En caso de que se pueda realizar algunas modificaciones en el diseño, se dará conocimiento al supervisor de obra.
- f) El replanteo debe ser tal que el trazado no afecte la integridad de las infraestructuras como ser: edificios patrimoniales, culturales, zonas sensibles ambientales y otros que han sido establecidos por los Gobiernos Departamentales y/o Municipales.
- g) En el proceso del replanteo las leyendas deben ser pintadas en los muros y/o en las aceras de las casas existentes sin deformar la estética del lugar, teniendo en cuenta una distancia entre progresiva de 20 metros y en curvas una distancia de 10 m. O si el trazo es más corto las distancias serán más cortas.
- h) El replanteo debe contener los trazos de referencia, anchos de franja, dirección del tendido de tubería, cambio de tramo por eje de rasante municipal y accesorios a utilizar, para ello, se debe utilizar pintura de un color que permita la identificación clara.

3.2.4.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.4.6.1 PERSONAL

- Topógrafo
- Alarifes
- Ayudantes

3.2.4.6.2 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

- Estuco
- Estacas de madera
- Clavos
- Equipo topográfico

3.2.4.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE3.2.4 REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRÁFICO DE LA LÍNEA

3.2.4.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.4.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.4.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- La deposición final de los materiales se realizará a áreas autorizadas.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.4.8 REGISTROS FOTOGRÁFICO

En la siguiente figura se muestra el levantamiento topográfico por el método RTK el cual usa antenas satelitales el cual facilita y hace que sea más rápido.

FIGURA: Topografía con método RTK



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.4.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto Molle Huaykho

3.2.5 DESBROCE Y/O ABERTURA DEL DDV

3.2.5.1 OBJETIVO

Describir los trabajos necesarios para el desbroce de la vegetación (MALESA) acumulada dentro del trazo de determinadas ubicaciones de la red primaria Y/O GSODUCTO, de tal forma que facilite los trabajos de excavación de zanja en el terreno.

Esta tarea incluye distintas etapas que van a depender del tipo de condiciones del área donde se vayan a realizar los trabajos.

3.2.5.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para “DESBROCE”, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECANICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED”.

3.2.5.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente : YPFB
- Contratista : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.5.4 RESPONSABILIDADES

3.2.5.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.5.4.2 Responsable de Calidad:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.5.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en éste.

3.2.5.5 DESARROLLO

Los trabajos de desbroce se ejecutarán en coordinación con el supervisor de obra; se definirán las zonas de trabajo de desbroce, previamente se recogerán todos los desechos de metálicos, neumáticos, animales, papeles excedentes de materiales como escombros, basura, herramientas, equipo, piedras y cuando corresponda el material extraído por el deshierbe y nivelación del sector, etc., y se transportará fuera de la obra y del área de trabajo todos los materiales señalados y transportados hasta los lugares o botaderos establecidos para el efecto por las autoridades municipales locales. Los materiales que indique y considere el supervisor reutilizable, serán transportados y almacenados en los lugares que este indique, aun cuando estuvieran fuera de los límites de la obra. A objeto de efectuar un desbroce adecuado.

Se deberá cumplir con los componentes de desmovilización y preparación de terreno para la excavación, donde el supervisor constatará que no haya vegetación remanente que perjudique los trabajos de excavación relleno y compactado de zanja. Una vez terminada la obra la contratista está obligada a conservar la revegetación de acuerdo con el contrato.

3.2.5.6 PERSONAL, EQUIPOS Y MATERIALES

3.2.5.6.1 PERSONAL

- Ayudante

3.2.5.6.2 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

- Motosierra manual 125CC M2/HR M2/HR M2/HR

3.2.5.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.5.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.

3.2.5.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.5.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se muestra maquinaria pesada el cual es denominado coloquialmente Topadora el cual se encuentra habilitado el DDV para la posterior excavación de la zanja.

FIGURA 69: HABILITACIÓN DEL DERECHO DE VÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.5.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB Redes de Gas

3.2.6 EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO ROCOSO Y SEMIDURO A DURO

3.2.6.1 OBJETIVO

Describir en forma clara y sistemática el procedimiento para la excavación de zanja para el tendido de tubería, en los diferentes tipos de suelos.

3.2.6.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la “EXCAVACIÓN DE ZANJA”, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO”.

3.2.6.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente: YPFB.
- Contratista: BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.6.4 RESPONSABILIDADES

3.2.6.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.6.4.2 Responsable de Calidad:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase en caso de que así se requiera.

3.2.6.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.6.5 DESARROLLO

Para iniciar el trabajo de excavación se debe procederá al alojamiento y extracción de los materiales en los lugares demarcados; los materiales, que podrán ser utilizados posteriormente para rellenar zanjas o excavaciones, se deben apilar convenientemente a los lados de las mismas, a una distancia prudencial que no cause presiones sobre las paredes de la excavación ni puedan volver a caer dentro de las mismas.

La excavación podrá ser realizada con máquinas retro – excavadoras en lugares donde el acceso lo permita, o manual cuando esto no sea posible.

Los materiales sobrantes de la excavación serán trasladados y acumulados en los lugares autorizados. A medida que progrese la excavación, se debe tener especial cuidado con el comportamiento de las paredes, a fin de evitar deslizamientos. En caso de ser necesario se podrá utilizar entibados.

La profundidad y ancho de la zanja será de acuerdo a planos, gráficos y/o instrucciones emitidas por las especificaciones técnicas. La zanja será de como mínimo 1.50 metros y 50 cm de ancho, de tal manera que se asegure que la generatriz superior de la tubería esté recubierta por 1.00 metro con respecto al nivel del suelo, en caso de cruces especiales se coordinará con el supervisor para el aumento de los volúmenes de zanja, también esto aplica en intervenciones o soldaduras especiales.

Las zanjas o excavaciones terminadas, deben presentar superficies sin irregularidades, tanto las paredes como el fondo deben tener las dimensiones indicadas en los planos.

Durante la excavación se deben realizar accesos de entrada y salida de acuerdo a las especificaciones descritas en los documentos de seguridad.

Para fundaciones corridas la excavación se la realizará hasta 50 cm antes de la base de la fundación y en cimentaciones aisladas hasta 80 cm del nivel de desplante, el volumen restante necesariamente será hecho a mano, con el objeto de no alterar la estructura del suelo de fundación.

Todo el material excavado, en la medida que sea adecuado para ejecutar rellenos, dependiendo del tipo de relleno y que cumpla a lo estipulado en el punto de relleno y compactado, podrá ser utilizado como relleno, para ello este material deberá ser depositado temporalmente en sitios que no perjudiquen los trabajos y que no constituyan riesgo alguno.

3.2.6.6 PERSONAL, EQUIPOS Y MATERIALES

3.2.6.6.1 PERSONAL

- Supervisor de obra
- Ayudantes

3.2.6.6.2 EQUIPOS

- Excavadora
- Palas
- Picos
- Perforadora neumática
- Barretas
- Carretillas

3.2.6.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.6.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades)
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.

- Charlas de seguridad

3.2.6.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.6.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se muestra la excavación con una excavadora de marca Dosan el cual está en terreno semiduro a duro.

FIGURA 70: EXCAVACIÓN DE TERRENO SEMI DURO A DURO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la excavación de terreno rocoso con una excavadora.

FIGURA 71: EXCAVACIÓN DE TERRENO ROCOSO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.6.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto Molle huayco

3.2.7 CARGUÍO, TRANSPORTE Y DESCARGUÍO DE TUBERÍA Y ACCESORIOS DE ANC SCH 40.

3.2.7.1 OBJETIVO

Este procedimiento establece criterios para el CARGUÍO, TRANSPORTE Y DESCARGUÍO DE TUBERÍA Y ACCESORIOS DE ANC" SCH 40. Del área de almacenamiento de YPFB al predio del campo de trabajo, velando por la garantía de calidad de los Servicios, Seguridad, y Salud Ocupacional de los funcionarios, Preservación y Protección Ambiental.

3.2.7.2 ALCANCE

Aplica a las actividades comprendidas en la ejecución de los trabajos de CARGUÍO, TRANSPORTE Y DESCARGUÍO DE TUBERÍA Y ACCESORIOS DE ANC" SCH 40, durante la construcción del proyecto: "OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO LA PAZ COROICO-CARANAVI"

3.2.7.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente: YPFB Redes de Gas Chuquisaca.
- Contratista: BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.7.4 RESPONSABILIDADES

3.2.7.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.7.4.2 Responsable de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase en caso que así se requiera.

3.2.7.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.7.5 DESARROLLO

3.2.7.5.1 ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE TUBERÍAS

Las actividades serán coordinadas con los responsables de YPFB, organizaciones de los respectivos pueblos, comunidades circundantes a la construcción del ducto o en su caso con el propietario del predio.

Las áreas para el almacenamiento de la tubería contemplarán accesos transitables de forma que exista un buen flujo vehicular, áreas adecuadas para la carga y descarga de tuberías, en todo momento el área estará debidamente señalizada con letreros, cintas, etc.

3.2.7.5.2 CARGA Y DESCARGA DE TUBERÍAS

Los equipos para la ejecución de la actividad (carga y descarga) podrán ser grúas, retroexcavadoras, camión pluma, etc. La única condición será que posea la suficiente capacidad para la carga y descarga de la tubería y accesorios.

Para el movimiento de la tubería y demás accesorios se deben emplear dispositivos de suspensión adecuados (cintas, fajas, ganchos, etc) que se acomoden perfectamente a los extremos de la tubería o del cuerpo del mismo, de modo de asegurar la integridad de los biselados, revestimiento y evitar la ovalización del tubo.

Al momento de levantar o bajar la tubería se deben utilizar cuerdas en los ganchos de los extremos de las tuberías para evitar que estas giren bruscamente.

El apoyo para asentamiento de la tubería en los equipos de transporte y en el área de descarga podrán ser listones de madera o bolsas con aserrín, se debe distribuir a lo largo de su longitud para evitar posibles flexiones en el cuerpo de la tubería.

3.2.7.5.3 INSPECCIÓN Y RECEPCIÓN DE TUBERÍA

La inspección de la tubería se realizará con el objeto de verificar que el producto cumple las especificaciones técnicas de contrato, especificaciones y normas vigentes de YPFB. Las tuberías serán inspeccionadas inmediatamente después de su recepción y antes del inicio de soldadura, la identificación de los mismos estará según los criterios de API Spec. 5L.

Los siguientes puntos serán verificados en caso de que aplique:

- Espesor, ovalización y diámetro, según API Spec. 5L.
- Bisel y ortogonalidad, según API Spec. 5L.
- Estado de las superficies interna y externa, según criterios de la especificación del material.
- Alabeo o deformación, según API Spec. 5L.
- Estado del revestimiento, según criterios de la especificación del proyecto.

3.2.7.5.4 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO

A continuación, se indican los criterios de aceptación y rechazo permitidos por API 5 L y según especificaciones técnicas del proyecto. (Ver tabla). En caso de existir tubería rechazada esta será segregada y se podrá utilizar con previa autorización de cliente.

A continuación, se indican los criterios de aceptación y rechazo permitidos por API 5 L y según especificaciones técnicas del proyecto. (Ver tabla). En caso de existir tubería rechazada esta será segregada y se podrá utilizar con previa autorización de cliente.

- Cuerpo del tubo (diámetro y ovalidad): Debe cumplir las tolerancias mínimas especificadas en API 5L. Punto 9.11.3.1 de la siguiente tabla:

FIGURA 72: CRITERIO DE RECHAZO EN LA RECEPCIÓN

Table 10—Tolerances for Diameter and Out-of-roundness

Specified Outside Diameter <i>D</i> mm (in.)	Diameter Tolerances ^d mm (in.)				Out-of-roundness Tolerances mm (in.)	
	Pipe Except the End ^a		Pipe End ^{a,b,c}		Pipe Except the End ^a	Pipe End ^{a,b,c}
	SMLS Pipe	Welded Pipe	SMLS Pipe	Welded Pipe		
< 60.3 (2.375)	-0.8 (0.031) to +0.4 (0.016)		-0.8 (0.031) to +0.4 (0.016)		1.2 (0.048)	0.9 (0.036)
≥ 60.3 (2.375) to 168.3 (6.625)	±0.0075 <i>D</i>		-0.4 (0.016) to +1.6 (0.063)		0.020 <i>D</i> for $\frac{D}{t} \leq 75$; by agreement for $\frac{D}{t} > 75$	0.015 <i>D</i> for $\frac{D}{t} \leq 75$; by agreement for $\frac{D}{t} > 75$
> 168.3 (6.625) to 610 (24.000)	±0.0075 <i>D</i>	±0.0075 <i>D</i> , but maximum of ±3.2 (0.125)	±0.005 <i>D</i> , but maximum of ±1.6 (0.063)		0.020 <i>D</i>	0.015 <i>D</i>
> 610 (24.000) to 1422 (56.000)	±0.01 <i>D</i>	±0.005 <i>D</i> , but maximum of ±4.0 (0.160)	±2.0 (0.079)	±1.6 (0.063)	0.015 <i>D</i> , but maximum of 15 (0.6) for $\frac{D}{t} \leq 75$; by agreement for $\frac{D}{t} > 75$	0.01 <i>D</i> , but maximum of 13 (0.5) for $\frac{D}{t} \leq 75$; by agreement for $\frac{D}{t} > 75$
> 1422 (56.000)	As agreed					

^a The pipe end includes a length of 100 mm (4.0 in.) at each of the pipe extremities.
^b For SMLS pipe, the tolerances apply for $t \leq 25.0$ mm (0.984 in.), and the tolerances for thicker pipe shall be as agreed.
^c For expanded pipe with $D \geq 219.1$ mm (8.625 in.) and for nonexpanded pipe, the diameter tolerance and the out-of-roundness tolerance may be determined using the calculated inside diameter (the specified outside diameter minus two times the specified wall thickness) or measured inside diameter rather than the specified outside diameter (see 10.2.8.3).
^d For determining compliance to diameter tolerances, the pipe diameter is defined as the circumference of the pipe in any circumferential plane divided by pi (π).

Fuente : API 5L, 2004

- Espesor de pared: Debe cumplir las tolerancias mínimas especificadas en API 5L Punto 9.11.3.2 tabla.

TABLA 12: TOLERANCIA DE ESPESORES

Table 11—Tolerances for Wall Thickness

Wall Thickness <i>t</i> mm (in.)	Tolerances ^a mm (in.)
SMLS Pipe ^b	
≤ 4.0 (0.157)	+0.6 (0.024) −0.5 (0.020)
> 4.0 (0.157) to < 25.0 (0.984)	+0.150 <i>r</i> −0.125 <i>r</i>
≥ 25.0 (0.984)	+3.7 (0.146) or +0.1 <i>r</i> , whichever is the greater −3.0 (0.120) or −0.1 <i>r</i> , whichever is the greater
Welded Pipe ^{c,d}	
≤ 5.0 (0.197)	± 0.5 (0.020)
> 5.0 (0.197) to < 15.0 (0.591)	± 0.1 <i>r</i>
≥ 15.0 (0.591)	± 1.5 (0.060)
^a If the purchase order specifies a minus tolerance for wall thickness smaller than the applicable value given in this table, the plus tolerance for wall thickness shall be increased by an amount sufficient to maintain the applicable tolerance range.	
^b For pipe with <i>D</i> ≥ 355.6 mm (14.000 in.) and <i>t</i> ≥ 25.0 mm (0.984 in.), the wall thickness tolerance locally may exceed the plus tolerance for wall thickness by an additional 0.05 <i>r</i> , provided that the plus tolerance for mass (see 9.14) is not exceeded.	
^c The plus tolerance for wall thickness does not apply to the weld area.	
^d See 9.13.2 for additional restrictions.	

Fuente: API 5L, 2004

- **Longitud:** Se realizará la medición de longitudes en base a un muestreo y aprobado por supervisión, la medición se realizará con una cinta métrica (metálica) para su comparación de la longitud descrita en la etiqueta del fabricante.
- **Bisel:** Se verificará daños en el bisel, en cuanto al ángulo de bisel se verificará en cuatro posiciones desfasadas de aproximadamente 90 (noventa) grados, utilizándose un Calibre, el ángulo del bisel será de 30° con tolerancia de +5° o sea, de 30° a 35°, medidos perpendicularmente a la línea central del tubo (se podrá rectificar posteriormente al inicio de preparación antes de soldar).
- **Revestimiento:** El revestimiento anticorrosivo de la tubería será inspeccionada de forma visual, los daños serán marcados para posterior reparación.

3.2.7.5.5 REPARACIÓN DE LA TUBERÍA RECHAZADA

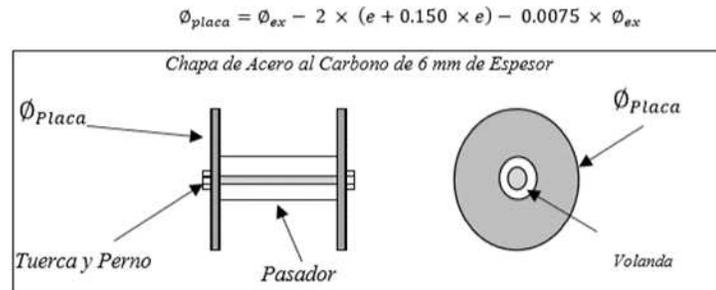
- **Cuerpo del tubo:** Si existiera defectos en el cuerpo, una vez autorizada la reparación por el cliente, se identificará la parte afectada del cuerpo y se realizará un corte extrayendo la longitud con defecto.
- **Bisel:** Si existiera defectos en el Bisel, una vez autorizada la reparación por el cliente, se identificará la parte afectada y se realizará un corte de un anillo de aproximadamente 20 cm. y se hará un nuevo bisel.
- **Ovalización:** Si existiera defectos de Ovalización, una vez autorizada la reparación, se identificará la parte afectada y se realizará un corte de un anillo de aproximadamente 20 cm. y se hará un nuevo bisel.
- **Revestimiento:** Si existiera defectos en el revestimiento de acuerdo a las dimensiones del defecto se procederá al reparo del mismo.

Los criterios para la aceptación y reparación de los defectos superficiales de fabricación de las tuberías, estarán de acuerdo con la norma ASME B 31.8.

3.2.7.5.6 PASO DE PLACA CALIBRADORA

Para revisar si la tubería provista por YPFB no posee ovalidad, aplastamiento u otro defecto que varía las dimensiones internas de la tubería, se pasará la placa calibradora a todas las tuberías a utilizar para la construcción. Si se encontrasen tuberías reprobadas por paso de placa calibradora u otro defecto. La placa calibradora será calculado mediante la siguiente formula:

FIGURA 73: FIGURA: PLACA CALIBRADORA



Donde:

ϕ_{placa} = Diámetro de la Placa (mm)
 ϕ_{ex} = Diámetro Externo de la Cañería (mm)
 e = Espesor nominal de Pared de la Cañería (mm)

Fuente: Especificaciones técnicas YPFB

TABLA 13: FORMULA CÁLCULO DE PLACA CALIBRADORA

Diámetro de placa			
Tubería	Diámetro externo (mm)	Espesor (mm)	Mm
2"	60.3	3.91	50.9
4"	114.3	6.02	99.6
6"	168.3	7.11	150.7

Fuente: ASME B31.8

3.2.7.5.7 TRANSPORTE DE TUBERÍAS

El traslado de las tuberías se realizará en camión tráiler u otro que cumpla las condiciones de seguridad.

El transporte será efectuado de tal forma que no se constituya en peligro para el tránsito normal de vehículos y para las personas por lo que el vehículo de transporte portará algunos elementos de seguridad (cintas reflectoras, banderines, etc). La cantidad de tuberías cargadas no sobrepasará la capacidad máxima de altura y peso del camión, como también la máxima carga y altura permitida por tránsito u otro tipo restricciones. En el transporte de tuberías, las cargas serán dispuestas de modo de permitir el amarre firme para que no se dañe el tubo o su revestimiento. Antes de remover el amarre de la

pila para descargar, se efectuará una inspección visual a fin de verificar si los tubos están convenientemente apoyados, sin riesgo de rodamientos.

3.2.7.6 PERSONAL, EQUIPOS Y MATERIALES

3.2.7.6.1 3.2.7.6.1 MATERIALES

- Listones de madera 2" x 4"
- Fajas de ajuste
- Cintas de izaje (Eslingas)

3.2.7.6.2 3.2.7.6.2 PERSONAL

- Ayudante
- Chofer de camión
- Operador de equipo pesado

3.2.7.6.3 3.2.7.6.3 EQUIPOS Y MAQUINARIA

- Camión de servicio de 10 TN
- Camión Grúa
- Placa calibradora

3.2.7.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.7.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se contará con lo siguiente:

- Charlas Diarias
- Procedimiento Operativo
- Plan de Contingencias
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).

3.2.7.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo
- Se comunicará a todo el personal de los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.7.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en estas actividades, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.

3.2.7.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

la siguiente figura se muestra el descargue de tubería, mediante una grúa a un lugar de acopio con sus respectivos apoyos distribuidos uniformemente.

FIGURA 74: DES CARGUÍO DE TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.7.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TÍTULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB Redes de Gas

3.2.8 DESFILE

3.2.8.1 OBJETIVO

Establecer una secuencia clara de los trabajos de desfile. Comprende todos los trabajos a ser ejecutados, siendo los siguientes de carácter enunciativo y no limitativo:

- Desfile de tubería

3.2.8.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para el “DESFILE DE TUBERÍA DE ANC SCH 40, a ser ejecutados dentro el proyecto: “Gasoducto La Paz- Coroico -Caranavi”

3.2.8.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente: YPFB
- Contratista: BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.8.4 RESPONSABILIDADES

3.2.8.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.8.4.2 Responsable de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.8.4.3 Supervisor de Seguridad:

3.2.8.5 DESARROLLO

Desfile de tuberías: Distribución a lo largo del trazado de la variante de red primaria:

- Los tubos serán desfilados de manera que no cause interferencia con el uso de los terrenos atravesados (Vías, Calles, accesos, etc.).
- El transporte hacia el desfile de tubería se realizará mediante camiones grúas o retroexcavadoras según el lugar de trabajo.
- Para el desfile de la tubería se considerará una separación del suelo de no menos de 20 cm para evitar posibles daños al revestimiento y facilitar el alineado para la soldadura, así mismo las tuberías serán colocadas sobre bolsas de tierra suelta o aserrín en yutes, las cuales serán colocadas a una distancia de no más de 6 mts entre cada bolsa tomando en cuenta la longitud de la cañería.
- El alineado no será continuo y habrá una separación lateral de por lo menos 20 cm. entre tubo y tubo, para cada lado de la tubería, esto con el objetivo de tener suficiente espacio para el alineado y engrampado de tubería en el proceso de la soldadura.
- En los cruces de caminos, sendas, u otro similar, el desfile de tuberías se realizará a intervalos regulares dejando espacios, de modo tal de permitir el libre tránsito de los animales y de vehículos u otro medio de movilización.

3.2.8.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.8.6.1 MATERIALES

- Bolsas de yute
- Aserrín
- Listones 2" x 4"
- Fajas de ajuste
- Cintas de izaje (Eslingas)

3.2.8.6.2 PERSONAL

- Ayudante
- Cañista
- Operador equipo pesado

3.2.8.6.3 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Camión grúa

3.2.8.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.8.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar la actividad se contará con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.8.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Se comunicará a todo el personal de los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.8.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.8.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se muestra el carguío de tubería de 4 pulgadas, si bien se podría hacer el mismo trabajo con una grúa en este caso al no ser diámetro grande se podría hacer con mano de obra.

FIGURA 75: CARGUÍO DEL PUNTO DE ACOPIO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra el descargue de la tubería ya en el DDV.

FIGURA 76: DESCARGUIO DE LA TUBERÍA A LA LÍNEA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra el desfile de tubería con bolsas de aserrín o tierra fina por debajo de la tubería para proteger la integridad de la tubería.

FIGURA 77: DESFILE DE TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.8.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TÍTULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB Redes de Gas

3.2.9 CURVADO DE TUBERÍA

3.2.9.1 OBJETIVO

Establecer de forma clara puntos y enunciados para la ejecución de los trabajos de curvado de las tuberías pertenecientes en el gasoducto La paz-Coroico-Caranavi.

3.2.9.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la “CURVADO DE TUBERÍA DE SCH 40 a ser ejecutados dentro el proyecto: “Gasoducto La paz -Coroico-Caranavi”.

3.2.9.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente : YPFB
- Contratista : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.9.4 RESPONSABILIDADES

3.2.9.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.9.4.2 Responsable de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.9.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.9.5 DESARROLLO

Posterior a los trabajos de desfile de la tubería, y los grados definidos a través del levantamiento o replanteo del trazo de la línea se determinará los grados de todas las curvas (horizontales, verticales y combinadas).

Una vez que los tubos sean debidamente identificados en los sectores que las condiciones del terreno y el diseño así lo requieran, con el equipo de apoyo, se procederá al curvado de tubería con el uso de una dobladora el cual será acondicionado para la actividad en los tubos según corresponda.

Condiciones previas al curvado: Antes de iniciar el curvado de tubería, para adecuarla a la excavación de la zanja, en lo que se refiere a los radios horizontales y verticales, el radio mínimo de curvatura del tubo será verificado para definir el ángulo máximo de curvado en frío.

Pre curvado: El pre curvado consiste en hacer un relevamiento del desarrollo de la tubería en base al comportamiento del terreno natural en relación a la tubería a ser soldada. Este pre curvado se logrará obtener a través del relevamiento topográfico del terreno.

El proceso del pre curvado será realizado de la siguiente manera:

Se medirán todas las juntas a ser soldadas y numerarlas desde el 01 hasta el número más próximo al final del kilómetro correspondiente en caso de aplicar.

Posteriormente cada tubo será debidamente marcado con los datos de ángulo de curva, orientación, la posición de la generatriz que será más comprimida, el lugar y el sentido de colocación.

Antes del curvado la generatriz a ser comprimida, serán marcadas las secciones del tubo a ser golpeadas durante el curvado. Los tubos después del curvado, serán

inspeccionados visualmente en toda la superficie para verificar posibles daños, el curvado estará libre de arrugas, aplastamiento y daños mecánicos en el tubo, los biseles y el revestimiento. Los tubos que estuvieran dañados, serán identificados y separados.

Ejecución del curvado: Para el curvado de tubería se procederá a realizar de acuerdo a la Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB Distrito Redes de Gas Chuquisaca y la Norma ASME B 31.8.

El curvado será distribuido a lo largo del tubo dejando en cada extremo un metro de sección recta y se debe doblar como máximo 1.5 grados por golpe.

Secciones curvadas que tengan una soldadura circunferencial, se debe dejar un metro de tramo recto a cada lado de la soldadura circunferencial.

Un tubo ya curvado no podrá ser posteriormente modificado para incrementar el radio de curvatura. El frente o grupo de curvado no debe distanciarse más de 1000 metros de la distribución.

Para el curvado en frío, la curvatura puede determinarse mediante cualquier método en descrito en la Tabla 841.2.3-1 de ASME B31.8.

TABLA 14: REQUERIMIENTOS DE DOBLADO EN FRIO

**Table 841.2.3-1
Pipeline Field Cold Bend Requirements**

Nominal Pipe Size	Maximum Deflection of Longitudinal Axis, deg	Minimum Radius of Bend in Pipe Diameters
NPS 12 (DN 300) and smaller	3.2	18D
NPS 14 (DN 350)	2.7	21D
NPS 16 (DN 400)	2.4	24D
NPS 18 (DN 450)	2.1	27D
NPS 20 (DN 500) and larger	1.9	30D

ASME B31.8,2022

La diferencia entre el mayor y el menor de los diámetros externos, medidos en cualquier sección del tubo, después del curvado, no excederá el 2.5% de su diámetro nominal exterior esto será verificado por el paso de un calibrador interno, que verificará la redondez del tubo.

Los tubos después del curvado, serán inspeccionados visualmente en toda la superficie para verificar posibles daños, el curvado deberá estar libre de arrugas, aplastamiento y daños mecánicos en el tubo, los biseles y el revestimiento. Los tubos que estuvieran dañados, serán identificados y separados.

Los tubos curvados tendrán en ellos inscrita una identificación la cual contendrá la siguiente información:

- Ángulo de curvatura.
- Posición de la generatriz superior (en el montaje)

- Sitio de Aplicación
- Sentido del montaje
- Giro

Placa calibradora: Para la determinación del Diámetro de la Placa Calibradora, será utilizada la siguiente fórmula:

El diámetro de la placa calibradora para curvado debe ser calculado, utilizando la siguiente fórmula:
$D_p = 0,975 \times DE - 2 \times e$

Dónde:

D_p = Diámetro de la placa (plg)

DE = Diámetro externo del tubo (plg.)

e = Espesor nominal de la pared del tubo (plg)

TABLA 15: DIÁMETRO DE LA PLACA CALIBRADORA

DIÁMETROS DE LAS PLACAS SEGÚN LOS ESPEORES					
Tubería			Diámetro de placas		
Grado	Φ_{ext} (Pulg)	Espesor (Pulg)	Pulgadas	cm	mm
API 5L XGr.B	4.50	0,237	3,887625	9.8552	98.552

Fuente: API 5L, 2004

Si la placa pasa libremente el interior del tubo, de una extremidad a otra, el mismo será aprobado, caso contrario, el mismo será reprobado, identificado y separado.

Curvado natural: Cuando fuera utilizado el curvado natural, este no deberá sobrepasar el límite elástico del material.

El radio mínimo de curvatura, para el curvado natural, en líneas transportando productos a temperatura ambiente, deberá ser calculado por la siguiente fórmula:

$$R_{min} = \frac{\epsilon * \Phi_{ex} * e}{2 * e * 0,9 * \tau_{min} - 0,7 * P_{pro} * \Phi_{ex}}$$

Dónde:

R_{min} = radio mínimo de curvatura para curvado natural, en cm;

ϵ = módulo de elasticidad del material, en Mpa;

T_{min} = tensión mínima de deformación especificada, en Mpa;

Φ_{ex} = diámetro externo del tubo, en cm;

E = espesor nominal de la pared del tubo, en cm;

P_{pro} = presión de proyecto del ducto, en Mpa.

Nota: = $2,00 \times 10^5$ [Mpa], para acero al carbono a la temperatura ambiente de 21°C.

3.2.9.6 MATERIAL, PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.9.6.1 PERSONAL

- Cañista

- Operador de camión grúa
- Ayudante

3.2.9.6.2 EQUIPOS Y MATERIALES

- Yutes
- Aserrín
- Cintas de izaje (Eslingas)
- Listones 2" x 4"
- Placa calibradora de 4" y porta placa
- Curvadora hidráulica DN 4"
- Camión Grúa

3.2.9.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.9.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se contará con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.9.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Se comunicará a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.9.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.9.8 REGISTROS FOTOGRAFICOS

En la siguiente figura se muestra al personal agarrado un hilo de caña teniendo los siguientes pasos

- Se agarra dos de los dos lados el hilo recto.
- Se vuela a agarrar esta vez una persona más en el centro y va por el centro de la curva así formándose un triángulo con el anterior hilo.

- Tenido los dos hilos de caña se procede a medir la la diferencia entre los dos hilos el cual se simulará en cavadora.

FIGURA 78: CALCULO DEL ANGULO DE CURVATURA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL, 2023

En la siguiente figura ya es el momento que se va curvado siempre poniendo nivel y midiendo cuanto se curva siendo así nunca superarse los 2 cm medidos con el flexo.

FIGURA 79: CURVADO DE TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL, 2023

En la siguiente figura se muestra el paso de la placa calibradora para asegurar que no tenga abolladuras por lo curvado.

FIGURA 80: PASO DE LA PLACA CALIBRADORA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL, 2023

3.2.9.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del Proyecto
ASME B31.8	Gas Transmission and Distribution Piping Systems
API 5L	Specification for line pipe

3.2.10 SOLDADURA DE TUBERÍA

3.2.10.1 OBJETIVO

Este Procedimiento establece criterios para la soldadura de tuberías de, viendo la Garantía de la Calidad de los Servicios, Seguridad, y Salud Ocupacional de los funcionarios, durante la ejecución del proyecto del Gasoducto La paz – Coroico- Caranavi.

3.2.10.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la SOLDADURA DE TUBERÍA, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO LA PAZ – COROICO-CARANAVI.”

3.2.10.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente:** YPFB
- **Contratista:** BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.10.4 RESPONSABILIDADES

3.2.10.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.10.4.2 Responsable de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.10.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.10.5 DESARROLLO

Control de Consumibles

- El electrodo revestido deberá presentar identificación individual por medio de inscripción legible.
- Todos los electrodos deberán poseer al menos una impresión legible de clasificación AWS aplicable o marca comercial.
- El prefijo E, de la clasificación AWS, podrá ser omitido de la impresión del Revestimiento.
- El revestimiento, para todas las dimensiones de electrodos revestidos, debe ser concéntrico en toda su extensión.
- El alma del electrodo (metal de aporte) no deberá presentar ningún tipo de oxidación, esto podrá verificarse visualmente en los extremos de agarre del electrodo y en las puntas previo retiro del revestimiento ó tomando como muestra un electrodo y doblándolo para retirar el revestimiento.
- Para electrodo revestido, irregularidades o discontinuidades en el revestimiento, tales como: reducción localizada de espesor, fisuras, daños en la punta de arco, desprendimientos falta de compactación, grietas, deberán ser considerados inaceptables.

Verificación, limpieza y/o preparación de los biseles: La preparación, detalles de los biseles y el ajuste de las piezas se realizará de acuerdo al procedimiento de Biselado y limpieza de bisel.

Antes de soldar se deben tomar en cuenta las siguientes actividades de limpieza.

- Se realizará una inspección interna y externa, con el propósito de chequear material extraño y la detección de aplastamientos, defectos de laminación, entalles u otras discontinuidades superficiales que puedan perjudicar la soldadura y/o el paso de los “pigs” (chanchos) de limpieza.
- El interior de los tubos será limpiado antes de acoplarse a través del paso de un chanco de escoba de nylon o espuma del mismo diámetro del tubo, esto para eliminar tierra, piedras, arena o cualquier otra suciedad existente.
- No serán permitidos los aplastamientos y entalles en el bisel con más de 2 mm de profundidad; en caso que ocurran, tales defectos deberán ser removidos por métodos mecánicos de desgaste o por el retiro de un anillo.

- Todas las extremidades biseladas, serán esmeriladas y los bordes de los tubos serán escobillados en una faja de al menos 10 cm en cada lado de la región del bisel, externa e internamente, al tubo.
- En caso de usar cañería con costura longitudinal, se colocará de modo que las costuras estén desplazadas unas de otras evitando el alineamiento con una relación de por lo menos diez veces el espesor de la tubería. Las costuras deben estar ubicadas en la parte superior (entre -30° y $+30^\circ$)
- La altura de la tubería no deberá ser menor a los 200 mm del suelo, debe darse espacio suficiente para proveer a los soldadores un acceso suficiente para la soldadura en toda la circunferencia de la junta.
- Sí existiera humedad la junta será secada mediante el uso de un soplete con llama no concentrada.
- El precalentamiento, cuando sea aplicado, será ejecutado en una extensión de al menos 100 mm de ambos lados del eje de la soldadura.
- En el precalentamiento de tubos es permitido el uso de soplete con llama no concentrada, de manera tal que sea garantizada la uniformidad de temperatura en toda la junta.

Soldadura de tuberías

Para realizar la soldadura se debe considerar lo siguiente:

- considerar una adecuada preparación de los biseles y el ajuste de las piezas que deben ser verificadas por medio de calibradores y estarán de acuerdo al WPS.
- Cuando fuera necesaria la remoción de una soldadura circunferencial, ésta será realizada a través de un anillo cuyo corte esté a lo mínimo a 50 mm de distancia del eje de la soldadura.
- El trabajo de soldadura podrá ser suspendido por requerimiento del supervisor y Fiscal cuando las condiciones atmosféricas o el mal trabajo de soldadura impidan su normal prosecución.
- Todas las extremidades biseladas, serán esmeriladas y los bordes de los tubos deben ser escobillados en una faja de 50 mm en cada lado de la región del bisel, externa e internamente, al tubo. Sí existiera humedad la junta deber ser secada mediante el uso de un soplete con llama no concentrada.
- En caso de usar cañería con costura longitudinal, se colocará de modo que las costuras estén desplazadas unas de otras evitando el alineamiento con una relación de por lo menos diez veces el espesor de la tubería. Las costuras deben estar ubicadas en la parte superior (entre -30° y $+30^\circ$)
- Cada soldadura tendrá por lo menos tres pasadas, la soldadura terminada estará libre de huecos, inclusiones no metálicas, burbujas de aire y otros defectos.
- Si a juicio del supervisor y Fiscal la soldadura adolece de fallas o defectos se terminará el arreglo en un tiempo suficientemente corto para no retrasar operaciones subsiguientes.
- Las soldaduras terminadas serán limpiadas con cepillo de acero para remover la escoria y óxido para facilitar la inspección visual.

- Los caños que tengan defectos en sus extremos tales como laminación o rajaduras serán sacados de la línea en construcción.
- Los caños que tengan defectos en sus extremos serán cortados y nuevamente biselados.
- En el avance de soldadura la segunda pasada (hot pass) será efectuada inmediatamente después de la primera pasada.
- Durante la construcción de la línea se hará uso de inspecciones radiográficas a las soldaduras, de acuerdo a lo establecido. Si alguna de las soldaduras no aprobase la inspección se reparará la soldadura de acuerdo a lo pedido por el supervisor y Fiscal, con costo para el contratista.
- Todas las soldaduras comenzadas en el día deberán ser terminadas en el día.
- Antes del acoplado de los tubos, se efectuará una inspección y limpieza interna, con el propósito de chequear material extraño y la detección de aplastamientos que puedan perjudicar la soldadura y/o el paso de los “pigs” (chanchos) de limpieza. Oportunamente se debe identificar, en las extremidades, la posición de la costura longitudinal.
- Antes del acoplamiento de los tubos, sus extremidades no revestidas serán inspeccionadas interna y externamente, chequeándose discontinuidades tales como: defectos de laminación, aplastamientos, entalles u otras discontinuidades superficiales.
- Todos los biseles de campo de los tubos serán realizados y acabados utilizando un equipo mecánico u oxi-acetileno, de acuerdo con los criterios de acabado del bisel previsto en la EPS y API Spec. 5L.
- El tubo no será manipulado antes de la finalización del primer pase o después del amolado de éste. Se concluirá la ejecución del segundo pase para permitir su movimiento. En el caso de tubos lastrados o de lingadas que puedan ser sometidas a tensión durante la soldadura, el movimiento sólo será efectuada después de la conclusión del segundo pase.
- El pre-calentamiento, cuando sea aplicado y definido en la EPS, debe ser ejecutado en una extensión de al menos 110 mm de ambos lados del eje de la soldadura, al contorno de toda la circunferencia del tubo, debiendo estar a una temperatura constante y uniforme, chequeada a través de lápiz de fusión o pirómetro de contacto, en la superficie diametralmente opuesta a la incidencia de la llama de calentamiento.
- La temperatura de pre-calentamiento, estipulada en el procedimiento de soldadura, calificada, será mantenida durante toda la soldadura y en toda la extensión de la junta.

Inspección después de la Soldadura: La calidad de la soldadura será controlada por inspección visual.

- Toda soldadura que sea inspeccionada deberá cumplir los criterios de aceptación de discontinuidades de la norma API Std. 1104, y ser apropiadamente reparada y re-inspeccionada.
- Escoria, poros y salpicaduras serán removidas de cada pasada en la junta, los soldadores y ayudantes deberán hacer la revisión completa de la junta para

eliminar este tipo de defectos antes de continuar con el siguiente pase de soldadura.

Condiciones climáticas: Serán establecidos sistemas para proporcionar al soldador y el área de soldadura, protección por medio de parasoles, carpas o mamparas cuando sea necesario, con el objeto de evitar condiciones climáticas perjudiciales a la calidad de la soldadura y para prestar mejor condición al ambiente de trabajo de los soldadores.

3.2.10.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.10.6.1 PERSONAL

- Cañista
- Amolador
- Ayudante de soldador
- Soldador 6g
- Inspector de soldadura Nivel 2

3.2.10.6.2 MATERIALES EQUIPOS Y MAQUINARIA

- Motosoldadora
- Amoladora 7"
- Amoladora 4 ½"
- Termo Electrodo
- Disco de corte 4 ½"
- Disco de corte 7"
- Disco cepillo circular 7"
- Disco de desbaste 4 ½"
- Disco de desbaste 7"
- Electrodo e-6010

3.2.10.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.10.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se contará con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.10.7.2 3.2.10.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.

- Se comunicará a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.10.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.10.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se ve una grampa el cual sirve para alinear las dos tuberías para la respectiva soldadura.

FIGURA 81: ALINEAMIENTO DE TUBERÍA PARA LA SOLDADURA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la soldadura de la tubería con soldadores certificados los cuales tienen categoría 6G.

FIGURA 82: SOLDADURA DE TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la al inspector de soldadura realizado una inspección visual.

FIGURA 83: INSPECCIÓN VISUAL



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.10.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto
API 1104	Standard for Welding Pipelines and Related Facilities

3.2.11 RADIOGRAFÍA (GAMMAGRAFÍA)

3.2.11.1 OBJETIVO

Establecer criterios para la END POR RADIOGRAFÍA DE JUNTAS SOLDADAS SCH 40, viendo la garantía de la calidad de los servicios, seguridad, y salud ocupacional de los funcionarios, durante la ejecución del proyecto.

3.2.11.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la “END POR RADIOGRAFÍA DE JUNTAS SOLDADAS DE ANC SCH 40 a ser ejecutados dentro el proyecto.

3.2.11.3 3.2.11.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente:** YPFB
- **Contratista:** BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.11.4 RESPONSABILIDADES

3.2.11.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.11.4.2 Responsable de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.11.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.11.5 DESARROLLO

Para una buena ejecución y evaluación de los trabajos de inspección radiográfica se tomará en cuenta las siguientes NORMAS:

- API 1104
- ASTM E 94
- ASTM E 390
- ASTM E 347

Los exámenes de radiografiado se realizarán de acuerdo a lo siguiente:

a) Inspección radiográfica de puntos especiales en un cien por ciento, como ser en cruces de ríos, caminos y avenidas y puntos que hayan sido reparados.

b) Inspección radiográfica al principio de cada operación de soldadura o al inicio de la modificación de los procedimientos de soldadura; se inspeccionará un cien por ciento en las diez primeras juntas soldadas, estas formaran parte del total de juntas a inspeccionar definido por el tipo de localización.

c) Localidades de acuerdo a ASME B31.8:

Localidad Clase 4, inspeccionar un 75% de las juntas soldadas.

- Localidad Clase 3, inspeccionar un 40% de las juntas soldadas.
- Localidad Clase 2, inspeccionar un 15% de las juntas soldadas.
- Localidad Clase 1, inspeccionar un 10% de las juntas soldadas.

El 100% de las juntas reparadas y cortadas serán inspeccionadas por radiografiado.

Ensayo no destructivo de END por radiografía

- Durante el radiografiado de las juntas, se cumplirá con todas las normas de seguridad pertinentes al caso, para no ocasionar daños a terceros.
- Cada una de las placas radiográficas será debidamente identificada bajo normativa. Todos los resultados serán enviados en un lapso de veinticuatro horas, después de efectuada la soldadura.
- Se utilizará indicadores de calidad de imagen definidas en la ASTM E 747. La técnica radiográfica detectara los defectos cuya profundidad sea igual a 2% (sensibilidad Vertical) y su anchura 2% (sensibilidad lateral) del espesor total gamma grafiado.
- Los alambres esenciales (IQI) serán puestos en contacto directo con el caño y la cantidad a colocar de los mismos estará de acuerdo con la NORMA API 1104, y en casos de reparación se colocarán al menos un IQI en la zona de reparación.
- Las imágenes radiográficas tendrán una densidad no menor a 1.8 a través de la porción de soldadura de mayor espesor y no más de 3.5 a través del material base.
- La variación en una misma placa de -15% a +30% del valor leído en la zona de interés. Si se supera el valor máximo la placa no se aprobará.
- La calidad de cada placa no es afectada en el revelado, transporte o almacenaje
- Cada una de las placas estarán correctamente identificadas, de tal forma que el personal encargado de la prueba, la localización y la fecha sean registrados.
- Toda placa radiográfica no aprobada de acuerdo con los criterios anteriores deberá ser repetida, la no ejecución de una nueva radiografía es causal de rechazo de una junta soldada.

3.2.11.6 3.2.11.6 MATERIALES, HERRAMIENTAS Y EQUIPOS

3.2.11.6.1 3.2.11.6.1 MATERIALES

- Placa Radiográfica 2"
- Revelador para Rayos X
- Fijador para Rayos X

3.2.11.6.2 3.2.11.6.2 MANO DE OBRA

- Inspector GAMMAGRAFÍA NIVEL 2
- Ayudante

3.2.11.6.3 3.2.11.6.3 EQUIPO Y MAQUINARIA

- Equipo De Gamma Grafiado O Rayos X'S Con Fuente IR-192

- Laboratorio Móvil

3.2.11.7 3.2.11.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.11.7.1 3.2.11.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.11.7.2 3.2.11.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.11.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos deben estar en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.11.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se muestra un nivel 2 en radiografía el cual está efectuando la gammagrafía poniendo las plaquetas para su posterior lanzamiento de rayos x por la fuente.

FIGURA 84: Gammagrafía



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.11.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TÍTULO DEL DOCUMENTO
YPFB COMERCIAL	Especificaciones Técnicas del proyecto MOLLE WHUAYKO
API 1104	Standard for Welding Pipelines and Related Facilities

3.2.12 MANTA TERMO CONTRAÍBLE

3.2.12.1 OBJETIVO

Presentar la metodología a emplear para la ejecución del revestimiento de juntas c/manta Termo contraíble (Con provisión de mantas) durante la ejecución del proyecto cumpliendo con los requisitos, normas e instrucciones del fabricante.

3.2.12.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la LIMPIEZA Y REVESTIMIENTO DE JUNTAS C/MANTA TERMO CONTRAÍBLE DN 4" (Con provisión de mantas), a ser ejecutados dentro el proyecto: PROYECTO: "GASODUCTO LA PAZ COROICO - CARANAUI".

3.2.12.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente** : YPFB
- **Contratista** : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.12.4 RESPONSABILIDADES

3.2.12.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.12.4.2 Responsable de Calidad:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.

3.2.12.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.12.5 DESARROLLO

3.2.12.5.1 PROCESO

Antes del inicio de la actividad los materiales e insumos a utilizar deben contar con su respectivo certificado de calidad y hoja de datos.

3.2.12.5.1.1 PREPARACIÓN DE SUPERFICIE

La preparación de la superficie será con el método de limpieza con herramientas manuales o lijado abrasivo, en caso de no cumplir con la rugosidad necesaria se aplicará un pase con bristle blaster.

Antes de la limpieza para la aplicación del revestimiento se verificará si las condiciones ambientales están aptas para el inicio de la limpieza, condiciones climáticas (fuertes vientos, lluvia) la humedad relativa no sea mayor al 85%.

La aplicación en una humedad relativa entre 85% y 95% es tolerable siempre y cuando se cumplieran las siguientes condiciones:

- La temperatura de la superficie de la cañería será de 3°C por encima de punto de rocío.
- La cañería será precalentada a una temperatura entre 50°C y 70°C.
- El lugar donde se desarrollan los trabajos tendrá una humedad relativa artificial de al menos 85%.

Se asegurará que el revestimiento original del tubo, tenga el borde biselado con un ancho aproximado de 30 grados.

3.2.12.5.1.2 LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS MANUALES

Entre los requisitos básicos para que un revestimiento sea aplicado con éxito sobre acero, es la correcta preparación de la superficie, removiendo óxido de laminación, restos de soldadura, suciedad, grasa, aceite, agua y otros contaminantes.

Contaminantes como oleos y grasas deberán ser removidos utilizando un solvente, de manera de que no queden residuos grasos. Este solvente deberá ser compatible con los materiales de revestimiento.

Antes del lijado, la superficie de acero a ser revestida deberá ser calentada entre 40 a 50°C de manera de remover cualquier humedad, la tubería a revestir será limpiada manualmente con lija hasta enmarcarse al padrón de limpieza SSPC-SP2.

Será exigida la remoción de la capa de laminación poco adherida, herrumbre, pintura antigua suelta y otros materiales extraños perjudiciales.

Después de realizar el lijado, la superficie preparada estará libre de abrasivos, contaminantes, suciedades, polvos u otros materiales extraños. Residuos del lijado y suciedades deberán ser retirados.

Si las superficies preparadas se deteriorarán y no atendiesen a los requerimientos especificados, se debe repetir el proceso de preparación de superficies.

3.2.12.5.1.3 3.2.12.5.1.3 LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS MECÁNICAS.

Para este trabajo podrán emplearse cepillos de alambre, herramientas de impacto como percutores de aguja y lijadoras, o el bristle blaster para eliminar los restos de laminación levemente adheridos, pinturas y óxidos.

Con los cepillos de alambre o copa deberá tenerse especial cuidado de NO pulir la superficie metálica, ya que esto retiraría gran parte del anclaje que la cañería obtuvo durante el lijado previo al proceso de fabricación del revestimiento. En caso de ocurrir este último se deberá lijar adecuadamente la zona mencionada, a fin de brindar una mayor rugosidad y facilitar de esta forma la adherencia de la Manta Termocontraíble.

Posteriormente se retirará el polvo superficial con cepillos, trapos limpios o aire comprimido limpio y seco.

Los materiales utilizados deberán producir un perfil angular en la superficie que se encuentre (50 a 110 o mayor) micrones medidos con un micrómetro o cinta de perfiles Testes, para el cual se tomarán 2 juntas por kilómetro, coordinando esta actividad tanto el director de obra como el supervisor de obra.

3.2.12.5.1.4 3.2.12.5.1.4 CRITERIO DE ACEPTACIÓN.

En el criterio de aceptación para el caso de limpieza con herramientas manuales o mecánicas, la superficie deberá presentar un color similar a metal casi blanco, de acuerdo al grado de limpieza SSPC SP-10.

3.2.12.5.1.5 3.2.12.5.1.5 SOLAPADO CON REVESTIMIENTO INTEGRAL.

Se limpiará el revestimiento existente o principal en las zonas adyacentes a la superficie a cubrir, hasta un ancho aproximado de (50 – 60) mm mayor que la medida de la manta. Se Rebajará los bordes del revestimiento, para prevenir que en la manta quede aire atrapado o la misma se corte al realizar el flameado.

3.2.12.5.2 3.2.12.5.2 APLICACIÓN DE LA PINTURA EPOXI PRIMER

Se preparará la mezcla de componentes según las proporciones suministradas (Primer Parte A + Parte B - Por volumen: 2 partes de B base - 1 parte de A). Se mezclarán las Partes con un elemento limpio hasta homogeneizar la mezcla y/o durante 30 segundos.

Se aplicará el epoxi ya mezclado obteniendo un espesor uniforme con un mínimo de 4 mils en todo el metal al descubierto.

3.2.12.5.3 3.2.12.5.3 APLICACIÓN DE LA MANTA TERMOCONTRAIBLE

En el caso de que las esquinas de la manta no se encuentren cortadas desde fábrica, se deberán cortar aproximadamente a 15 mm x 50 mm, si así se requiere y en concordancia con el cliente para una mejor adherencia de la manta.

Inmediatamente después de la aplicación de la mezcla de Primer Epoxi, se debe proceder al colocado de la Manta termocontraíble, quitando el film desmoldante y centrando la manta sobre la junta de soldadura o parte a cubrir, previendo que el solapado quede en la parte superior del tubo (entre la 10 y las 2 en las agujas del reloj).

Se debe envolver el tubo con la manta sin cruzarlo retirando previamente todo el film desmoldante, evitando en todo momento que el adhesivo de la manta tenga contacto con partículas de tierra, asegurando a la vez el largo deseado de solapado y de vuelo o huelgo. Se debe calentar suavemente la cara interior a solapar y presionar hacia abajo con la mano debidamente protegida por guantes de frizado.

Se debe colocar un sello centrado sobre la unión de la manta. La importancia del sello se limita a evitar el deslizamiento de la manta durante su contracción y posterior enfriamiento a temperatura ambiente, por lo que se recomienda especial atención al realizar la colocación de los mismos.

Una vez aplicados los sellos y empleando la medida adecuada de antorcha, se debe comenzar el calentamiento en el centro de la manta alrededor del tubo con movimientos abiertos de vaivén desde la parte baja en forma circunferencial sin focalizar en ningún punto y con la llama de la antorcha preferentemente atacando en posición perpendicular a la superficie tratada, aprox. a 10/15 cm. (4"/6") de esta, hasta que se logre la contracción en un anillo central. Se debe evitar el flameo intenso y directo sobre el sello.

Se debe continuar con el calentamiento circunferencial, aplicando el calor en el centro de la manta y alrededor de la cañería, usando movimientos largos para evitar la formación de burbujas, desde el centro hacia uno de los lados hasta completar la contracción. De igual manera se deberá calentar el lado restante.

Podría presentarse en ocasiones que el viento tenga el sentido de la línea de tendido, en estos casos es aconsejable iniciar la contracción desde el extremo desde donde proviene el mismo a fin de evitar la oclusión de burbujas de aire.

Una vez que la contracción se haya completado, se debe finalizar el calentamiento al observar que el adhesivo asoma por los bordes de la manta en toda la circunferencia. Se debe usar el rodillo de mano para extender la superficie y empujar fuera cualquier burbuja de aire atrapada desplazándola hacia la zona cercana al cierre, empujándola luego hacia el borde más cercano.

Prestar especial atención al área revestida para asegurar que no queden espacios vacíos o canales. Sobre los caños pequeños se debe presionar firme y completamente con un rodillo o con mano enguantada. De ser necesario, se repasará con llama para asegurar adherencia en todo el borde del sello y la superficie. Observar fluencia de adhesivo bajo las zonas solapadas.

La exposición a intemperie por períodos largos puede ocasionar desprendimientos parciales de los cierres. Este comportamiento no perjudica la calidad de la protección brindada por la manta, ya que luego del enfriamiento el cierre no tiene influencia sobre el conjunto. Si eventualmente se produjera levantamientos parciales de los sellos, se recomienda calentar nuevamente la zona despegada y adherir nuevamente.

Todos los materiales de revestimiento serán almacenados en ambientes cerrados y debidamente ventilados, donde la temperatura ambiente no pase de los 45°C, y a una altura del suelo de mínimo 10 cm. Todos estos materiales deben estar en sus embalajes originales y siguiendo las recomendaciones del fabricante.

3.2.12.5.4 3.2.12.5.4 INSPECCIÓN Y TESTEO

Se recomienda que el proceso de aplicación de la manta sea realizado de la siguiente manera.

- Inspección Visual
- Detección de Fallas
- Verificación de Adherencia.

3.2.12.5.4.1 3.2.12.5.4.1 INSPECCIÓN VISUAL

- La manta tendrá un contacto total con la unión soldada.
- Los extremos de la manta estarán firmemente adheridos al revestimiento de la línea.
- No debe haber extremos levantados.
- Se observará que el adhesivo termoplástico haya fluido por ambos extremos de la manta.
- La manta deberá presentar un aspecto uniforme, no debiendo existir huecos, burbujas, cortes, quemaduras o agujeros.
- No debe haber signos de elementos extraños atrapados en el adhesivo debajo de la manta.
- El perfil del cordón de la soldadura se puede ver a través de la manta
- No debe manipular el tubo hasta que la manta haya alcanzado temperatura menor a 90°C antes del bajado de tubería.
- para aplicaciones en Cruce Especiales (Quebradas, Caminos etc.), el producto puede ser enfriado en agua.

3.2.12.5.4.2 3.2.12.5.4.2 DETECCIÓN DE FALLAS

Se debe realizar el control a las mantas aplicadas con un detector eléctrico (Holiday Detector) de acuerdo a un procedimiento específico descrito en otro documento del proyecto.

El voltaje será seleccionado de acuerdo con el revestimiento tres capas de la línea existente, con el fin de evitar cualquier daño. La inspección podrá realizarse en conjunto con el revestimiento de la tubería antes del bajado de tubería.

De existir, cualquier falla será indicada por una chispa eléctrica entre el electrodo y la superficie de metal y a través de una señal auditiva, se marcará la zona con un marcador y reparar.

3.2.12.5.4.3 VERIFICACIÓN DE ADHERENCIA

Se entrecortará el polietileno en una tira rectangular de 25 x 200 mm. perpendicularmente al eje de la tubería (en posición horaria de 9 o 3) haciendo que el elemento de corte penetre hasta el metal.

Se removerán manualmente los primeros 25-35 mm del borde de la tira con la ayuda de un estilete, asegurándose que la línea del corte inicial este centrada con la capa del adhesivo.

Una vez obtenida una punta libre de la tira se enganchará el Dinamómetro y se abrochará la grampa correspondiente.

Se debe tomar el dinamómetro con ambas manos, se empleará una fuerza firme de 4 Kgf. Con un Angulo de 90° con respecto a la circunferencia de la tubería manteniendo la carga por 60 seg., siempre manteniendo el sentido del ángulo del tirado.

La velocidad de desprendimiento debe ser menor o igual a 100 mm/min.

En caso que los resultados de los ensayos no sean satisfactorios (falla predominantemente adhesiva), otros dos ensayos (uno en el área de solape al revestimiento de planta y otro en el acero) deberán ser hechos en la misma manta para determinar si la falla es puntual.

Si estos dos ensayos adicionales fueran satisfactorios, las mantas deben ser aprobadas. En caso que los ensayos también fallen, la manta será rechazada y otras dos mantas adyacentes deberán ser ensayadas. En caso que los ensayos presenten resultados satisfactorios, el lote de mantas será considerado aprobado. En caso que sean rechazadas, el lote será rechazado y el origen del problema será localizado.

3.2.12.5.4.4 3.2.12.5.4.4 FRECUENCIA DE PRUEBA DE ADHERENCIA

La frecuencia será de la siguiente manera: en una de las primeras 10 juntas, y luego en una cada 100 juntas consecutivas., caso que las condiciones del terreno o clima no fueran las adecuadas para realizar el manteado regularmente, se hará la prueba cada ½ km. o en su respecto cada 45 juntas manteadas.

3.2.12.6 3.2.12.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.12.6.1 3.2.12.6.1 PERSONAL

- Supervisor de obra.
- Inspector de Calidad.
- Inspector de HSE.
- Mantero.
- Ayudante General.

3.2.12.6.2 3.2.12.6.2 EQUIPOS

- Antorcha para calentamiento de superficie y contracción.
- (Garrafa o tubo de gas, regulador de gas, manguera).
- Estilete.
- Rodillos de uso manual.
- Termómetro infrarrojo y/o de contacto.
- Escofina.
- Lija.
- Medidor de anclaje.
- Holiday Detector.
- Jeep Meter
- Higrómetro (Medidor de Humedad)
- Dinamómetro.
- Manta termocontraible con cierre incluido
- Primer parte a.

- Primer parte b.
- Cepillo bristle blaster.
- Bristle blaster.
- Generador eléctrico.
- Calentador para gas propano.

3.2.12.7 3.2.12.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.12.7.1 3.2.12.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se contará con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.12.7.2 3.2.12.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.12.7.3 3.2.12.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.12.8 3.2.12.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se muestra la limpieza de la junta con lija para su posterior manto.

FIGURA 85: LIMPIEZA DE LA JUNTA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra el manto en la foto se muestra que ya puso la manta termo contraíble y ahora está en proceso de poner el cierre.

FIGURA 86: MANTEO DE LA JUNTA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.12.9 3.2.12.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB	Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB Redes de Gas
ANEXOS de ANH	“Construcción de Redes de Gas Natural”

3.2.13 VERIFICACIÓN DE REVESTIMIENTO MEDIANTE HOLIDAY DETECTOR Y REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO

3.2.13.1 OBJETIVO

Presentar la metodología a emplear para la verificación de revestimiento mediante holiday detector y reparación de revestimiento durante la ejecución del proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO DEL TRAMO LA PAZ-COROICO-CARANAVI”.

3.2.13.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la VERIFICACIÓN DE REVESTIMIENTO MEDIANTE HOLIDAY DETECTOR Y REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO DEL TRAMO LA PAZ-COROICO-CARANAVI”.

3.2.13.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente** : YPFB Distrito Redes de Gas Chuquisaca.
- **Contratista** : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.13.4 RESPONSABILIDADES

3.2.13.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.13.4.2 Responsable de Calidad:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.13.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.13.5 DESARROLLO

Inspección de revestimiento mediante Holiday Detector: El equipo Holiday estará calibrado y en condiciones adecuadas para verificar el daño al revestimiento de la tubería. El voltaje del Holiday detector será el adecuado de acuerdo al tipo de revestimiento y diámetro de la tubería a inspeccionar. Se probará que el equipo está funcionando adecuadamente antes de dar inicio a los trabajos.

El paso de holiday será realizado a toda la tubería construida. El holiday será pasado durante el bajado de la tubería preferentemente. En caso de encontrarse alguna

imperfección éstas serán reparadas en un 100% de manera se garantice que la tubería está completamente revestida en aquellos tramos que irán enterrados.

El tubo será bajado en la zanja después que se efectúe el paso del detector de fallas en el revestimiento (Holiday Detector), el voltaje que debe aplicarse al revestimiento es de acuerdo al espesor de revestimiento de acuerdo a lo siguiente, a una velocidad de 30 cm/s. (NAPCA Bulletin 15-83-94).

$$V = 1250\sqrt{t}$$

Siendo:

V = voltaje de inspección, en volts.

t = espesor total del sistema de revestimiento, en mils.

TABLA 16: VOLTAJE RESPECTO AL TIPO DE REVESTIMIENTO

Ítem	Tipo de revestimiento	Espesor t(mils)	Espesor t(mm)	Voltaje V(Volts)	Observaciones
1	Cinta Poliken	20+20+6=46	0.508+0.508+0.15=1.166	8477.91	AP
2	Tricapa	86.6+6=92.6	2.2+0.15=2.35	12028.61	AP

Fuente: ANH, 2024

Debido a variables como la humedad relativa y la temperatura, el detector de voltaje deberá probarse no menos de dos veces al día, antes del inicio del trabajo, por la mañana y antes de finalizar el trabajo por la tarde. Para asegurar un voltaje adecuado de inspección, el equipo deberá estar correctamente descargado a tierra y el voltaje será ajustado de acuerdo con las instrucciones del fabricante del equipo. Luego de que el voltaje haya sido probado apropiadamente, el electrodo deberá ser pasado una vez sobre el revestimiento y sobre superficies envueltas a un ritmo de aproximadamente 30-60 pies/minuto (9-18 m/min.). Si el electrodo es detenido durante la pasada sobre la superficie encintada, la corriente al electrodo deberá interrumpirse inmediatamente para evitar dañar al revestimiento.

Detección y reparación de la discontinuidad: Cualquier discontinuidad o falta de revestimiento será indicada por una chispa eléctrica entre el electrodo y la superficie de metal, así como también una señal audible. El envoltorio de cinta aplicado en frío superará la inspección eléctrica si no ocurriera ninguna chispa. Si una chispa eléctrica ocurriera entre el electrodo y la superficie metálica, la discontinuidad deberá ser marcada con un indicador adecuado, como tiza o crayón, para identificar el área a reparar.

Reparación de revestimiento: Los daños a revestimientos serán reparados utilizando velas de reparación o parches de reparación, el tipo de material a utilizar estará de acuerdo al grado de daño que tenga el revestimiento de la tubería.

Luego de finalizada la reparación, debe controlarse dicha zona pasándose el detector de fallas. Es necesario retirar la suciedad adherida y arreglar los bordes salientes para que no dañen el parche. Queda a criterio de la inspección, realizar el cambio de mantas si el daño es mayor al indicado.

3.2.13.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.13.6.1 PERSONAL

- Supervisor de obra
- Inspector de calidad
- Operador Holiday
- Ayudante
- Cañista

3.2.13.6.2 EQUIPOS

- Holiday Detector.
- Equipo de protección personal completo.
- Vela.

3.2.13.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.13.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.13.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.13.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.13.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se el paso del holiday detector por la tubería.

FIGURA 87: PASO DE HOLIDAY DETECTOR



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la reparación con vela usando un soplete para calentar la vela.

FIGURA 88: REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.13.9 3.2.13.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB	Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB Redes de Gas
ANEXOS de ANH	“Construcción de Redes de Gas Natural”
YPFB	Procedimientos específicos Operativos para Sistemas en Servicio

3.2.14 BAJADO

3.2.14.1 OBJETIVO

- Bajado de tubería

3.2.14.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para el “BAJADO DE TUBERÍA DE ANC DN 4” SCH 40, a ser ejecutados dentro el proyecto: “OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL GASODUCTO DEL TRAMO LA PAZ- COROICO-CARANAVI”.

3.2.14.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente** : YPFB
- **Contratista**: BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros.

3.2.14.4 RESPONSABILIDADES

3.2.14.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.14.4.2 Responsable de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.14.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.14.5 DESARROLLO

Bajado de tuberías: La operación de bajado se inicia después de verificadas las siguientes condiciones.

- La zanja estará exenta de agua y ante la existencia de esta se procederá al retiro de la misma, mediante el uso de bombas u otro mecanismo adecuado.
- Preparación de la zanja en los cuales se verificará la profundidad, anchura, el fondo de la zanja conforme el Procedimiento Excavación en Zanja.
- Verificación del revestimiento con Holiday Detector con su voltaje correspondiente, para el espesor de revestimiento de acuerdo al tipo de revestimiento.
- La operación del bajado de la tubería será ejecutada dependiendo de la conformación del tipo de terreno y el lugar de trabajo empleando Retroexcavadoras, tecles conjuntamente con trípodes.
- Donde existan muchos servicios básicos atravesados en la zanja, se podrá optar por deslizar las lingadas de tuberías jalándolas mediante eslingas con ayuda de retro-excavadoras, para tal caso se inspeccionará que dentro la zanja, estén ubicadas bolsas con aserrín o tierra fina para que el revestimiento no sufra daños.
- La longitud de la lingada a ser bajada será tal, que no comprometa la seguridad del personal y equipos envueltos en la operación y que no cause daños a la tubería.

- Se tomará atención de que las fajas no queden en las juntas revestidas.
- La tubería estará prevista de tapas laterales para evitar el ingreso de basura, tierra u otros objetos extraños.
- En los terrenos rocosos, arcillosos, antes del bajado se colocará una camada de al menos 10 cm. de tierra suelta o arena para no dañar el revestimiento de la tubería en el momento del bajado.
- Antes de ser autorizado el tapado, será hecho un último examen visual a fin de detectar posibles daños causados en la operación de bajado.
- Cuando la lingada no se acomode en el fondo de la zanja o tenga contacto con los laterales de la zanja, se realizará excavación adicional para que la misma quede bien acomodada y asentada.
- Usar bolsas con arena o tierra en los lugares donde la lingada estuviera en balanceo de forma que la misma quede apoyada totalmente su parte inferior en toda su longitud.
- Para el bajado de tubería con trípodes se pondrá énfasis en el asentamiento de los trípodes, los que serán asentados sobre terreno firme y a una distancia del borde de la zanja que permita soportar el peso de la tubería a ser movida.

3.2.14.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.14.6.1 MATERIALES

- Bolsas de yute
- Aserrín
- Listones 2" x 4"
- Fajas de ajuste
- Cintas de izaje (Eslingas)

3.2.14.6.2 PERSONAL

- Ayudante
- Cañista
- Operador equipo pesado

3.2.14.6.3 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

- Camión grúa

3.2.14.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.14.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se contará con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad.

3.2.14.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo.
- Se comunicará a todo el personal de los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.14.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.14.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

La siguiente figura se muestra el bajado de tubería:

FIGURA 89: BAJADO DE TUBERÍA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL, 2023

3.2.14.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto

3.2.15 RELLENO DE ZANJA CON TIERRA FINA O CERNINA Y RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA COMÚN Y CINTA DE SEÑALIZACIÓN

3.2.15.1 OBJETIVO

Describir en forma clara y sistemática el procedimiento para el relleno y compactado de zanja con tierra cernida y común y su respectiva cinta de señalización durante la ejecución del proyecto.

3.2.15.2 ALCANCE

- Aplica a todas las actividades comprendidas para el “RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA FINA O CERNIDA RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA CON COMÚN”, a ser ejecutados dentro el proyecto.
- Colocar la cinta de señalización, que señalará la red de gas a construir.

3.2.15.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente** : YPFB
- **Contratista** : BLAGAS Construcciones y Servicios Petroleros

3.2.15.4 RESPONSABILIDADES

3.2.15.4.1 Director de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.15.4.2 Inspector de Calidad:

- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase en caso de que así se requiera.

3.2.15.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.15.5 DESARROLLO

RELLENO CON TIERRA CERNIDA O FINA

El relleno y compactado de material, se realizará en dos capas de material. La primera capa será material fino (tierra cernida) que servirá de asiento para el confinamiento de la tubería. El espesor de la cama será de acuerdo a la figura 1, la cual será nivelada y asentada, la segunda capa será la de protección de tubería y una tercera capa como se muestra en la figura, que serán debidamente asentadas con apisonadores manuales, el control de compactación será realizado por Supervisión.

PROVISIÓN Y COLOCADO DE CINTA DE SEÑALIZACIÓN

- La cinta de señalización será ubicada en todos los tramos de tendido de red con

la longitud y disposición previamente aprobada por el Supervisor.

- Antes de la compra de la cinta como provisión, las dimensiones serán correctamente verificadas en las especificaciones técnicas del proyecto.
- Los rollos de las cintas de señalización estarán almacenadas de forma que los rayos del sol no afecten en el desgaste del color de las letras que indican “precaución línea de gas”.
- La cinta de señalización será ubicada 30 cm antes del nivel superior de la zanja indicando “PRECAUCIÓN - LÍNEA DE GAS”

FIGURA 90: CINTA DE SEÑALIZACIÓN



Fuente: Anexos ANH, 2023

- La cinta será tendida de forma totalmente plana, verificando que esta no este doblado o rasgado en algún lado de la misma.
- Para el tendido de la cinta el extremo será sujetado por tramos de tierra con la finalidad de esta quede completamente asentada y bien alineada.
- Se tendrá especial cuidado en no rasgar o doblar la cinta al momento de la compactación, esta cinta no podrá ser usada por el contratista para señalar un área de trabajo.

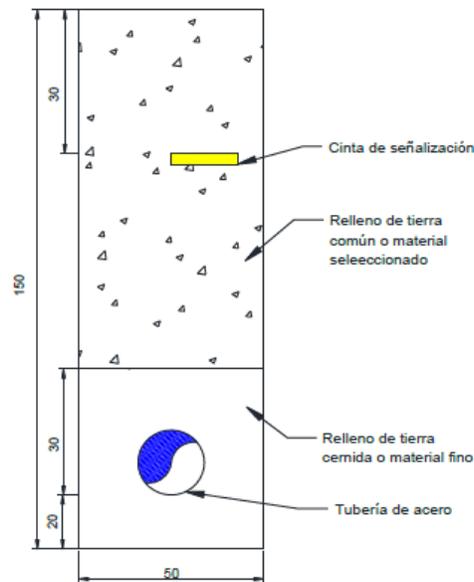
RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL COMÚN

- La zanja debe estar perfilada con un ancho constante de 50 cm en toda su profundidad, libre de cualquier escombros o cualquier otro elemento que pueda dañar la tubería.
- En caso de presentarse daños en los servicios básicos existentes, se debe realizar las reparaciones necesarias o las gestiones necesarias con la entidad correspondiente si el daño así lo amerita.
- El equipo de compactación a ser empleado será una compactadora mecánica, en caso de no estar especificado, se coordinará con el supervisor para el uso de otro tipo de compactador, en ambos casos el suelo debe cumplir con la densidad de compactación especificada.
- Los bordes de la zanja deben estar libres de material excavado u otros elementos perjudiciales considerando una distancia mínima de 20 cm.
- El grado de compactación para vías con tráfico vehicular debe ser de 95% del Proctor modificado. Y en el caso de veredas deberá ser del orden del 90% mínimo del Proctor modificado. Se debe garantizar siempre que la tubería no sufra deformación por aplastamiento debido al grado de compactación.

- Se deben ejecutar pruebas de densidad y/o calicatas en sitio a diferentes niveles del relleno, como mínimo cada 200 metros o donde se especifique.
- A partir de la capa de relleno con tierra cernida, se debe colocar material de relleno (tierra común), a una altura mínima de 115 centímetros en aceras y calzadas, pudiendo esta variar de acuerdo a instrucciones del Supervisor de Obra.
- Se debe considerar el metro restante para el relleno común, en caso de e existir otras disposiciones como indica la figura 1, estas serán consideradas junto al supervisor de obra.

FIGURA 91: ESQUEMA DE LA ZANJA

SECCIONES DE ZANJA RED PRIMARIA – TERRENO SIN COBERTURA (TIERRA)



Fuente: ANH, 2023

3.2.15.6 3.2.15.6 PERSONAL, EQUIPOS

3.2.15.6.1 3.2.15.6.1 PERSONAL

- Jefe de Obra
- Operadores de volqueta
- Ayudantes Generales.
- Operador de compactadora.

3.2.15.6.2 EQUIPOS, HERRAMIENTAS Y MATERIALES

- Volqueta
- Palas
- Picos
- Herramientas menores
- Compactadora manual saltarín

- Apisonador
- Arena fina
- Cinta de señalización

3.2.15.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.15.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo.
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades).
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.

3.2.15.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.15.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos deben estar en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se debe contar con equipos contra incendio.

3.2.15.8 REGISTROS FOTOGRÁFICOS

En la siguiente figura se muestra el relleno de tierra fina o tierra cernida para que exista daño en la tubería por ejemplo materiales rocosas.

FIGURA 92: RELLENO DE TIERRA FINA O CERNIDA



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra la puesta de la cinta de señalización o bien llamado cinta de entierro, él se puede apreciar en la figura se coloca a 30 cm de la superficie.

FIGURA 93: PUESTA DE CINTA DE SEÑALIZACIÓN



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

En la siguiente figura se muestra el relleno con tierra común para el tapado de la tubería.

FIGURA 94: TAPADO CON TIERRA COMÚN



Fuente: Elaboración propia, CONATROL 2023

3.2.15.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto

3.2.16 PROTECCIÓN CATÓDICA

3.2.16.1 OBJETIVO

En el proceso indicado dentro de su alcance de ejecución tiene como objetivos previstos el realizar las actividades de implementación de protección catódica.

3.2.16.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas para la IMPLEMENTACIÓN DE PROTECCIÓN CATÓDICA, a ser ejecutados dentro el proyecto del Gasoducto de Senkata-Caranavi Coroico.

3.2.16.3 DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- **Cliente :** YPFB
- **Contratista :** BLAGAS. CONSTRUCCIONES Y SERVICIOS PETROLEROS

3.2.16.4 RESPONSABILIDADES

3.2.16.4.1 Residente de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.16.4.2 Inspector de Calidad:

- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Generar los registros aplicados con la actividad en caso de que así se requiera.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase en caso de que así se requiera.
- El instrumentista deberá realizar su trabajo concorde a normas.

3.2.16.4.3 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

3.2.16.5 DESARROLLO

A. EXCAVACIÓN DE ZANJA

Previo a la excavación se realizará un monitoreo del área a excavar, utilizando para ello un Detector de Metales o en todo caso utilizar planos de alcantarillados, fibra óptica, etc.

- La excavación de zanja comprenderá de dimensiones 0.8 m de profundidad, 0.40 m de ancho, la profundización se realizará de acuerdo a la ubicación de las tuberías de red primaria y enfriamiento. La longitud de apertura se definirá con el supervisor de obra.
- Cuando existan profundidades mayores a los 1,2 metros, se verificará que exista la cantidad necesaria de oxígeno para que el personal pueda realizar sus actividades de manera segura.
- La excavación se la realizara mediante picos, palas y barretas.
- Existirán salidas de emergencia para todo el personal que ingrese a la zanja (escaleras o rampas), en caso de que la zanja sea de una profundidad considerable.
- Todas las excavaciones cumplirán con las inclinaciones (talud) recomendadas para el tipo de suelo duro. En los casos en que la topografía del lugar no permita la realización de las zanjas con las inclinaciones recomendadas, o donde exista demasiada humedad se recurrirá al apuntalamiento y/o al entibado de la zanja.

- El material resultante de la excavación se depositará a una distancia de 0.20 m. del borde de la excavación.
- Cuando exista grandes cantidades de tierra suelta, esta necesariamente será removida a una distancia que evite el deslizamiento de ese material hacia la zanja, o caso contrario se realizara el retiro a un depósito autorizado.

B. INSTALACIÓN DE LECHOS GALVÁNICOS

- Antes de realizar la instalación de lechos galvánicos, se realizará la medición de resistencia de suelos de acuerdo al procedimiento (RESISTENCIA DE SUELO SG.113/19.PR.OE.03). Para luego realizar el perfil de resistividades, memoria de cálculo y de acuerdo a esto determinar el lugar más adecuado para la instalación de los mismos.
- Los ánodos se instalarán a una profundidad determinada por el cálculo de los perfiles de resistividad, mismos estarán en forma completamente vertical.
- Los ánodos serán adquiridos con todo el tratamiento químico correspondiente en composición de acuerdo a especificaciones técnicas.

ACOMETIDAS DC

- Las acometidas DC serán ubicadas a 0.80 m de profundidad estas estarán encima de una cama de tierra fina de 0.10 m para luego ser cubiertas por una cama también de tierra fina de 0.30 m. encima de esta llevara una cinta de señalización que advierta de la ubicación de los cables.
- El cable será Cable AWG No. 12 con revestimiento HMWPE para puntos de prueba y Cable AWG No. 8 con revestimiento HMWPE para los lechos.

SEÑALIZACIÓN

- Los mojones serán prefabricados o adquiridos de acuerdo a dimensiones establecidas por el supervisor de obra.
- Los mojones serán trasladados en volquetas u otra movilidad lo suficientemente resistente.
- El manipuleo de los mojones se realizará con el cuidado correspondiente, para esto serán envueltos con cartones para evitar que se desportille durante el transporte, acopio e instalación.
- La instalación se realizará manualmente para lo cual se tendrá los recaudos necesarios por el peso de los mojones.
- Antes de que los mojones queden en su posición final se realizara el control de las dimensiones, mismas deben ser de 10 – 15 cm. A partir de la rasante de la superficie.
- Se utilizará niveles manuales para verificar que el mojón quede completamente horizontal.

C. INSTALACIÓN DE PUNTOS DE INYECCIÓN DE CORRIENTE

- Los postes de inyección serán de hormigón H21 prefabricados o adquiridos de acuerdo a dimensiones establecidas por el supervisor de obra.
- Los cables de los ánodos serán AWG N°8, en caso de que estos no puedan llegar a la caja de punto de prueba se ampliará su longitud con conectores tipo perno Split Bold KS-23, y revestidos con cinta vulcanica scotch y resina epóxica, el mismo proceso sucederá si ocurre con los cables de puntos de prueba de la tubería.
- El punto de prueba tendrá el suficiente radio para realizar las conexiones y puentes entre ánodos y tuberías.

D. SISTEMA DE HUMECTACIÓN

El sistema de humectación se ubicará en cada uno de los ánodos instalados, mismo sistema tendrá derivaciones con la inclinación debida para que el goteo pueda drenar fácilmente

El sistema de instalación será con tubería de PVC SCH 40 al igual que los accesorios de derivación.

E. AISLADORES ELÉCTRICOS

El aislador eléctrico se lo realizara en todos los lechos anódicos y puntos de prueba donde así se requiera, estos deberán ser instaladas de la siguiente manera:

- Tendrá el tamaño suficiente para realizar de hasta cinco conexiones.
- Los aisladores eléctricos que se colocarán serán baquelitas fenólicas.
- Las conexiones que se ubicaran en las baquelitas tendrán ojales de cable para que estos puedan quedar fijados de forma que estos no se puedan sacar fácilmente.
- Las baquelitas fenólicas deben ser ubicados de forma fija.

F. INSTALACIÓN DE PUNTOS DE PRUEBA TIPO A

Para la instalación de puntos de prueba tipo A se tomarán las siguientes consideraciones durante la ejecución de las actividades.

- Los mojones serán de hormigón H21 prefabricados o adquiridos de acuerdo a dimensiones establecidas por el supervisor de obra.
- Los mojones serán trasladados en volquetas u otra movilidad lo suficientemente resistente.
- El manipuleo de los mojones se realizará con el cuidado correspondiente, para esto serán envueltos con cartones para evitar que se desportille durante el transporte, acopio e instalación.
- La instalación se realizará manualmente para lo cual se tendrá los recaudos necesarios por el peso de los mojones.

- Antes de que los mojones queden en su posición final se realizara el control de las dimensiones, mismas deben ser de 1.0 – 1.1 mts. A partir de la rasante de la superficie.
- Se utilizará plomadas o niveles manuales para verificar que el mojón quede completamente vertical, 180° respecto al eje vertical.
- Posterior a la instalación el mojón será cubierto con pintura vial de secado rápido, y las leyendas inscritas serán marcadas con aerosol previa coordinación con el supervisor de obra.
- Los puntos de prueba llevarán dos cables AWG N°12 que serán soldados a la tubería en puntos previamente definidos por el supervisor de obra.
- La soldadura se la realizara mediante cadweld de acuerdo a procedimiento (SOLDADURA CADWELD SG.113/19.PR.OE.04). con una separación entre los puntos A y B de al menos 50 cm.
- Para realizar el recubrimiento cable a tubería, el área de aplicación será limpiada completamente removiendo todo el exceso de pintura adherida de la tubería y la escoria de la soldadura, para tal caso se utilizará lijas manuales.
- Una vez esté completamente limpia se aplicará la pintura epóxica (liquido scotch kote 323 de 2 componentes 3M.)
- Toda el área será completamente cubierta antes de realizar las actividades posteriores.

G. INSTALACIÓN DE PUNTOS DE PRUEBA TIPO B

Para la instalación de puntos de prueba tipo B se tomarán las siguientes consideraciones durante la ejecución de las actividades.

- Las actividades civiles de construcción de los mojones tendrán el mismo procedimiento que los puntos de prueba tipo A.
- Los puntos de prueba llevaran dos cables AWG N°12 soldados a la tubería de entrada al EDR y tubería de salida (línea de enfriamiento), en caso de que se tengan interconexión a algún EDR o Derivación.
- La soldadura se la realizara mediante cadweld de acuerdo a procedimiento (SOLDADURA CADWELD SG.113/19.PR.OE.04). con una separación entre los puntos A-B y C-D de al menos 50 cm.
- El recubrimiento llevara el mismo procedimiento que para la instalación de los puntos de prueba tipo A.

3.2.16.6 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.16.6.1 PERSONAL

- Residente de obra
- Instrumentista eléctrico

3.2.16.6.2 EQUIPOS

- Soldadura cadweld
- Recubrimientos scotch 2 componentes
- Cepillos mecánicos
- Llaves manuales
- Herramientas menores

3.2.16.7 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.16.7.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se deberá contar con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades)

3.2.16.7.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo
- Comunicar a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se debe contar en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.16.7.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad debe cumplir con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.
- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos deben estar en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se debe contar con equipos contra incendio.

3.2.16.8 REGISTROS

IDENTIFICACIÓN DEL REGISTRO		CONSERVACIÓN DEL REGISTRO		
Código	Nombre	Responsable	Lugar de Archivo	Tiempo de Custodia

	IMPLEMENTACION PROT. CAT.	Coordinador de Calidad/SGI	Obra	Hasta Conclusión de Obra
--	---------------------------	----------------------------	------	--------------------------

3.2.16.9 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TITULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto.
NACE STD SP0169	Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping Systems.
Anexo 2	Diseño y construcción de Redes de Gas ANH.

3.2.17 PRUEBA HIDROSTÁTICA

3.2.17.1 OBJETIVO

Establecer la metodología y los requisitos a cumplir para efectuar los trabajos de: limpieza, llenado, prueba hidrostática y finalmente el vaciado y secado, con la finalidad de asegurar la calidad de la construcción, integridad y resistencia de La línea, garantizando que las actividades involucradas sean ejecutadas con seguridad y calidad, cuidando la salud del personal involucrado y el Medio Ambiente en conformidad con las Leyes, Normas y Procedimientos Vigentes.

3.2.17.2 ALCANCE

Aplica a todas las actividades comprendidas en la ejecución de los trabajos involucrados en la Prueba Hidrostática a ser ejecutada en el gasoducto Senkata-Caranavi-Coroico que comprende la Construcción de 4" DN y 6" DN perteneciente a YPFB, desde el KP: 00+000.

DEFINICIONES Y/O ABREVIATURAS

- Cliente: YACIMIENTO PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS
- Contratista: Blagas
- M3/hr: Metro cúbico por hora
- l/min: Litros por minuto

- Km: Kilómetro
- OD: Diámetro externo
- ID: Diámetro interno
- ND: Diámetro nominal
- °C: Grados Celsius
- t: Espesor nominal de pared
- pp: Presión de prueba
- PD: Presión de diseño
- MOP: Máxima presión de operación
- MAOP: Máxima presión admisible de operación
- S (SMYS): Tensión Mínima de fluencia admisible
- Kg/cm²: Kilogramo fuerza por centímetro cuadrado
- Psi: Libra por pulgada cuadrada

3.2.17.3 RESPONSABILIDADES

3.2.17.3.1 Gerente General:

- Es responsabilidad de Gerencia General proporcionar los recursos necesarios para cumplir este procedimiento.

3.2.17.3.2 Residente de Obra:

- Coordinar la provisión de los recursos necesarios para la correcta ejecución del presente procedimiento, así como también la revisión y verificación del cumplimiento del procedimiento.

3.2.17.3.3 Encargado de Prueba Hidrostática:

- Tiene la responsabilidad de supervisar la prueba hidrostática, así como la de gestionar los recursos necesarios para la ejecución de este procedimiento.
- Realizar las inspecciones y verificaciones establecidas en este procedimiento utilizando siempre la última revisión del procedimiento aprobado.
- Generar los registros aplicados con la actividad.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.17.3.4 instrumentista

- Realizar la instrumentación de todos los equipos que se ocuparán en la prueba hidrostática.
- Verificar los instrumentos y certificados de calidad a ser empleados en la fase.

3.2.17.3.5 Supervisor de Seguridad:

- Es responsable de supervisar todos los aspectos de seguridad para el desarrollo de la actividad.
- Hacer que se cumpla en las especificaciones y los procedimientos establecidos por YPFB.

3.2.17.4 DESARROLLO

3.2.17.4.1 DESCRIPCIÓN

El presente procedimiento cubre las actividades que comprenden la limpieza de la línea, llenado de la tubería con agua, prueba de resistencia y fugas, vaciado, secado y aceptación de la Prueba Hidrostática.

- * Limpieza interna de la tubería
- * Paso de Placa Calibradora
- * Llenado de la tubería (línea)
- * Prueba hidrostática
- * Vaciado y secado

Después de la construcción y antes de que la tubería y sus accesorios sean utilizados, deberán ser sometidos a pruebas de presión.

3.2.17.4.2 PREPARATIVOS PRELIMINARES

Para la prueba de la Línea de 4" y 6 "se utilizarán cabezales de 4" y 6" adaptados para instalar manifolds a ambos lados de la tubería con el fin de instalar la instrumentación y control de la prueba, para tal caso estos deberán ser de un espesor y resistencia de fluencia mayor o igual al de la tubería que se someterá a prueba.

- * Instalar equipos en el lugar de la prueba Hidrostática y croquis de instalación.
- * Verificar certificados de calibración de los instrumentos.
- * Verificar suministros de agua para la prueba.

* Ubicación de un adecuado de evacuación del agua, con la finalidad de evitar erosión en el terreno

* Señalizar las áreas de trabajo con riesgos, tubería de Prueba, aislando la posibilidad de acceso de personal no autorizado.

NOTA: Se aclara que se realizará una prueba de resistencia y fuga o hermeticidad, ya que la totalidad de la tubería se encuentra enterrada, por tanto, se realizará una prueba de resistencia mecánica de 4 horas y Fuga de 24 -Hrs de acuerdo a los lineamientos de la ANH y las normas aplicables a la construcción de líneas para distribución de gas por ductos. De esta manera se cumple con el anexo de la ANH del D.S. 1996 y normas vigentes para construcción de líneas para la distribución de hidrocarburos basados en la norma ASME B 31.8. además de las especificaciones técnicas de proyecto.

3.2.17.5 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA LÍNEA

A continuación, se hace una descripción de la tubería que serán sometidos a Prueba Hidrostática

Tramo	Progresiva	Longitud (m)	Diámetro (plg)	Espesor de pared (plg)	Material	SMYS

3.2.17.6 PERFIL DE PRUEBA (HIDROSTÁTICA Y PRESIONES)

El perfil de prueba a presentar debe contener como mínimo las siguientes informaciones:

* Longitud de los tramos de la prueba

* Elevaciones del punto Inicial, Final, punto más alto, más bajo y la progresiva correspondiente

* indicaciones de la Mínima y Máxima presión correspondiente a las elevaciones de los tramos de prueba.

- * Espesor de pared y tipo de material.
- * Máxima y mínima presión de prueba.
- * Tiempo de estabilización una vez llenada la línea
- * Tiempo de prueba de resistencia
- * Tiempo de prueba de Fugas

En base a los perfiles de presiones y elevaciones, se determinará el punto de llenado, como también la diferencia de alturas entre el punto más bajo y el punto más alto, y así se determinará las presiones de prueba.

Fórmula para el cálculo de la presión de la columna hidrostática.

$$P=1.421057*H$$

Donde:

P= presión (carga de agua) [psig]

H= Diferencia de altura entre dos cotas [m]

3.2.17.7 PLAN DE PRUEBA

Será elaborado un Plan de Prueba el cual considerará la sección de prueba del Ducto, conteniendo la siguiente información para la sección a probarse:

- a) Perfil hidráulico indicando las presiones y respectivas elevaciones.
- b) Detalle de la limpieza, llenado y vaciado observando los criterios de manejo ambiental y de seguridad en la carga como descarga del ducto, especificando cada etapa desarrollada en el presente procedimiento.
- c) Memoria de cálculo para:
 - 1) Volumen de agua a utilizar.
 - 2) Presiones de prueba tanto de resistencia mecánica como de fuga y Hermeticidad (máxima y mínima).
 - d) Criterios de aceptación para cada una de las actividades de la Prueba Hidrostática.

3.2.17.8 LIMITES DE PRESIONES DE PRUEBA

Para el cálculo de las presiones de prueba, se considerará lo siguiente:

- **Presión de Prueba de Resistencia Mínima (según ASME B31.8 - Tabla 841.3.2-1)**

$$PPR_{min} = \text{Factor C} * MOP$$

Dónde:

PPR_{mtn}= Presión de Prueba de Resistencia Mínima, psig

Factor C= según clase de localidad =

.MOP= Máxima Presión de Operación

- **Presión de Prueba de Resistencia Mínima Admisible (según RDCOADB)**

$$PPR_{min\ adm} = PPR_{min} * 0,975$$

Dónde:

PPR min adm = Presión de Prueba de Resistencia Mínima Admisible, psig

PPR min=Presión de prueba de Resistencia Mínima, psig

- **Presión de Prueba de Resistencia Máxima (según ASME B31.8 - según API 5L)**

$$PPR_{max} = \frac{2 * S * F * t * E * T}{D}$$

PPr máx = Presión de prueba de resistencia Máxima [Psig]

t= Espesor de la tubería [in]

S=Tensión mínima de Fluencia Especificada [Psig]

F = Factor de Prueba **F** de acuerdo a grado y diámetro de material

T=Factor de Temperatura = 1.

E Factor de Junta Longitudinal 1.

D = Diámetro Externo de la tubería real [in]

■ **Presión de Prueba de Hermeticidad Mínima (según ASME B31.8 y Anexo 2 ANH)**

$$PPH_{mín} = 1,0 \times MOP$$

Dónde:

PPH min =Presión de Prueba de Hermeticidad Mínima [psig]

3.2.17.9 CRITERIO DE ACEPTACIÓN

Considerando el cálculo de la variación de presión en función a la variación de la temperatura (Fuente: Pipeline seventh edition - Anexo 2 ANH), se tiene:

$$D_p = \frac{\beta - 2 * \alpha}{\frac{D * (1 - \nu^2)}{E * t} + C}$$

Donde:

Dp= Cambio de presión debido al cambio de temperatura T, psig

B= Coeficiente de expansión del agua

$$B = \frac{-64.268 + (17.0105 * T) + (0.0016048 * T^2)}{10^6}$$

D= Diámetro interno de la tubería, in

E= Módulo de elasticidad del acero, 30•10⁶

V= Módulo de Poisson, 0.3

C= Factor de compresibilidad del agua

A =Coeficiente de expansión del acero, 1.11 6•10⁻⁵ (1/°C)

T=Espesor de la tubería, in

T=Temperatura promedio de la prueba, °C

De esta manera el criterio de aceptación base para la prueba hidrostática es el siguiente:

Para el caso en que la temperatura inicial (T_i) de la prueba sea mayor a la temperatura final de la prueba (T_f), la presión admisible será dada por la diferencia de presión inicial (P_i) menos la variación de presión total calculada dP , y el criterio de aceptación tendrá que cumplir **$P_i \geq P_f \geq P_{adm}$** .

$$P_{adm} = P_i - Pd$$

Para el caso en que la temperatura inicial de la prueba sea menor a la temperatura final de prueba, la presión admisible será dada por la suma de presión inicial más la variación de presión total calculada dP , y el criterio de aceptación tendrá que cumplir **$P_i \leq P_f \leq P_{adm}$** .

$$P_{adm} = P_i + dP$$

La variación de presión total viene dada por la siguiente ecuación:

$dp = Dp \frac{(T_i - T_f)}{T_i}$ Dónde:

T_i = Temperatura al inicio de la prueba (°C)

T_f = Temperatura al final de la prueba (°C)

3.2.17.10 DESARROLLO

Este procedimiento cubre todas las actividades involucradas para la ejecución de los trabajos de Prueba Hidrostática y se desarrollaran en el siguiente orden:

- * Limpieza.
- * Paso de Placa Calibradora.
- * Llenado con agua.
- * Prueba hidrostática.
- * Vaciado de agua.
- * Secado y Limpieza final.

Asimismo, la ejecución de las pruebas hidrostáticas obedece a un cronograma con fechas establecidas, cubriendo todas las actividades mencionadas anteriormente, de esta manera, la ejecución de la prueba será confirmada 72 Horas Hábiles antes de su fecha -de ejecución ,a la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) e YPF. Si existiera alguna variación en las fechas establecidas para la ejecución de las pruebas,

se debe considerar lo establecido en el Artículo 35 del RDCOADB, el cual indica: "En caso de que la Compañía cambie la fecha de la prueba de presión, la misma deberá notificar a la ANH, por lo menos 48 horas antes de que la nueva prueba esté programada para llevarse a cabo".

LIMPIEZA

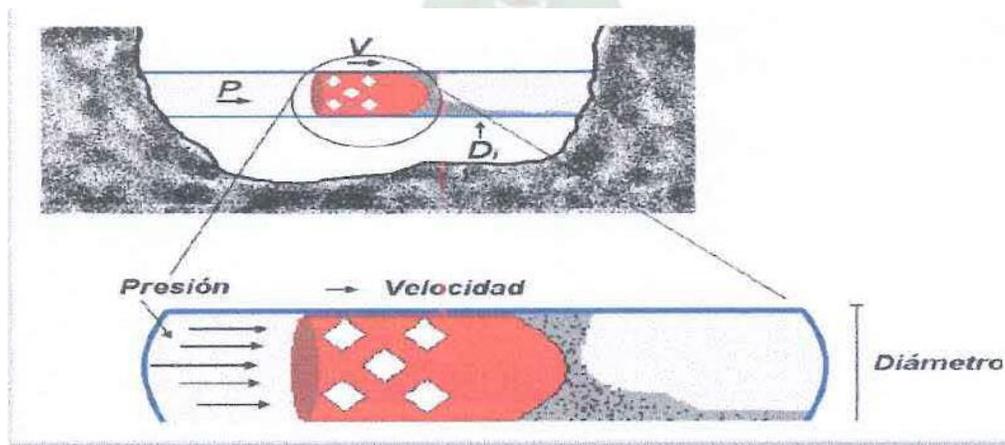
Con la finalidad de asegurar la limpieza interna, la línea a probar debe ser recorrida por lo menos por un "pig" de limpieza, observándose lo siguiente:

a) Antes de la prueba Hidrostática, la línea debe ser limpiada con el pasaje de chanchos, con el fin de eliminar sedimentos de escorias y elementos que puedan perjudicar la normal realización de la prueba.

Las baterías de limpieza estarán compuestas por chanchos de esponja de baja densidad para arrastre de los sedimentos.

b) El pasaje de los chanchos de Limpieza debe repetirse hasta que el tramo de prueba quede limpio y no salgan escorias o suciedades que puedan causar perjuicios durante la normal ejecución de la prueba, los mismos serán impulsados por aire a presión.

FIGURA 95: ILUSTRACIÓN DE UN PIG DE LIMPIEZA



Fuente: Elaboración propia, Control 2023

veces de despacho serán repetidas según el estado y condición de salida de cada corrida, por lo que se lanzará una segunda o tercera vez de ser necesario hasta conseguir una limpieza aceptable y razonable, criterio que es definido por la contratista en acuerdo con la supervisión.

e) Finalmente, completada la limpieza, se realizará la corrida de la placa calibradora, que será acoplada a un chanco con cubetas, su desplazamiento deberá ser constante, utilizando presión controlada desde el cabezal de lanzamiento, evitando que el chanco impacte con fuerza en el cabezal receptor y pueda deformar la placa. (Se aconseja protección adecuada en el cabezal receptor).

d) El diámetro de la placa calibradora debe ser calculado, utilizando la siguiente fórmula:

$$D_p = DE - 2e (1+K) - 0,025 DE - 0,250''$$

Donde:

D_p = diámetro de la platina (pulg.)

DE = diámetro externo del tubo (pulg.)

e = espesor nominal de la pared del tubo (pulg.)

K = tolerancia del espesor, de acuerdo con la Tabla siguiente

FIGURA 96: GRADO DEL ACERO

Diámetro nominal del tubo	Proceso de Fabricación	Grado del Acero (API 5L)	
		B	X42 a X70
2,375"	CC y SC	0,18	0,15
3,5"	CC y SC	0,18	0,15
4,5" a 18"	CC y SC	0,15	0,15
>20"	CC	0,18	0,20
>20"	SC	0,15	0,18

Fuente: Api 5L, 2012

CC: Con costura

se: Sin costura

3.2.17.10.1 Provisión y llenado de agua

El agua a utilizar en la prueba será agua dulce, limpia, exenta de elementos agresivos al tubo y previamente aprobado por un análisis fisicoquímico por un laboratorio que proporcione el contenido completo de los componentes del agua.

El agua a utilizar cumplirá con los siguientes parámetros:

- p.H.: 6 a 9.
- Cloruros: máximo: 200 p.p.m.
- Sulfatos: máximo: 250 p.p.m.
- Sólidos en suspensión: máximo: 50 p.p.m.

Los volúmenes de agua necesaria para el llenado de la sección serán calculados aplicando la siguiente formula:

$$V_{H_2O} = L * \frac{\pi}{4} Di^2$$

Donde:

V_{H_2O} =Volumen de agua requerido en metros cúbicos

Di =diámetro interno del ducto en metros=Diámetro externo-2t

L =Longitud de la tubería en metros

Ejecución de la prueba

3.2.17.10.2 Prueba Hidrostática

La primera parte de la prueba hidrostática se constituirá en una prueba de resistencia mecánica de 4 horas, la cual servirá para verificar la integridad estructural y resistencia mecánica de la tubería, así como también aliviar tensiones que surgen a la hora del montaje. La segunda parte será la prueba de estanqueidad de 24 horas.

Los siguientes dos puntos serán cumplidos:

- La presión en el punto más alto del tramo a probar debe ser igual o mayor que la mínima presión especificada de prueba.
- La presión en el punto más bajo del tramo debe ser igual o menor que la máxima Presión especificada de prueba.

Las presiones de prueba en cualquier punto del tramo probado, estarán limitadas a los valores máximos y mínimos indicados en el proyecto. La presión de prueba será 1.5 veces la presión de operación, sin embargo, esto puede variar en función de la clase, localización, etc.

3.2.17.10.3 Secuencia de presurización

La línea será llenada de agua y será mantenida a una presión del 50% de la presión de prueba 0.5 hora antes del inicio de la misma. Durante este periodo de estabilización se esperará a que la temperatura del agua del interior de la tubería tienda a igualarse con la temperatura ambiente o del subsuelo, para evitar con esto que la presión sufra variaciones substanciales; por este motivo este tiempo de estabilización podrá variar para más o para menos hasta que se consiga aproximar esta diferencia de temperatura. Posteriormente la presión será elevada hasta el 75% de la presión de prueba, la elevación de debe ser de forma moderada aprox. en 15 minutos. Una vez alcanzado el 75% se debe mantener por 0.5 hora.

Luego la presión será elevada de forma moderada y a una variación constante hasta alcanzar el 100% de la presión de prueba y mantenida durante 4 horas, en este periodo se realizará la prueba de resistencia mecánica.

Luego se purgará la cantidad de agua necesaria para que la presión baje nuevamente al 75% de la presión de prueba. Esto con el propósito de sacar bolsones de aire en el tramo, y dar inicio a la prueba de hermeticidad por 24 horas.

3.2.17.10.4 Detección y localización de pérdidas

Si cualquiera de las presiones registrara disminuciones que superen las admitidas por las variaciones de las temperaturas, se localizará visualmente la zona en que se produce la pérdida, por la aparición de humedad o baño sobre la superficie.

Si se verificara una pérdida de presión y esta resulta localizable a simple vista la zona afectada, se dividirá el tramo bajo prueba en dos, y se repetirá la prueba hidrostática tantas veces como sea necesario hasta acotar el tramo afectado (aproximaciones sucesivas).

Una vez detectada la pérdida (visualmente o por aproximaciones sucesivas) se procederá a evacuar el agua del tramo y a desconectar los cabezales y el equipo utilizado. Si la pérdida se verifica en la soldadura circunferencial, se procederá a su reparación o corte en función del resultado del ensayo radiográfico.

3.2.17.10.5 Criterio de aceptación y rechazo

La prueba de hermeticidad o fugas es dada por concluida si el ducto, después de un período continuo de 24 horas, la presión de prueba, no se haya verificado u observado cualquier fuga y que la variación de la presión entre el inicio y el final de la prueba pueda ser justificada por los cálculos de efecto térmico, conforme a la formula descrita abajo.

3.2.17.10.6 Vaciado y disposición final del agua

Después de obtener resultados satisfactorios en la prueba hidrostática, cuando todos los datos obtenidos hayan sido debidamente registrados, se procederá al venteo para bajar la presión y seguidamente se abrirán las válvulas de drenaje para eliminar el agua de la tubería. El vaciado del agua se realizará hacia un reservorio preparado, ya sea piscinas temporales, tanques, cisternas, etc.

Para asegurar la total eliminación de agua del tramo, se utilizarán más chanchos de vaciado que serán impulsados utilizando aire comprimido según el sentido más conveniente para la operación. Se repetirá esta operación hasta que deje de salir agua y al tramo quede en condiciones para comenzar el secado final a satisfacción de la inspección de obra.

Antes de realizar la disposición final del agua, se realizará el análisis físico químico del agua utilizada para la prueba, una vez obtenidos los resultados se debe verificar las condiciones del agua y ver si se encuentra dentro de los parámetros indicados en la norma. La disposición final será de acuerdo a los resultados físicos-químicos del agua obtenidos la cual deberá ser aprobado previamente por el supervisor de obra.

3.2.17.10.7 Secado

Para realizar el secado de tuberías se utilizará polly pigs de media o alta densidad. La cantidad de polly pigs a utilizar estará en función de una vez logrado el secado de la tubería.

Se dará por terminado el secado cuando se evidencia que la tubería está completamente seca o a criterio del supervisor de obra quien puede realizar las pruebas que requiera para verificar el secado de la tubería.

3.2.17.11 PERSONAL Y EQUIPOS

3.2.17.11.1 MATERIALES

- Agua para prueba
- Polly pig esponja de 4"
- Chancho de baja densidad de 4" (Texturado)
- Chancho de media densidad de 4" (Esponja)
- Chancho de alta densidad de 4"

3.2.17.11.2 PERSONAL

- Ayudante
- Instrumentista
- Chofer de cisterna

3.2.17.11.3 EQUIPOS

- Bomba de alta presión
- Bomba de llenado
- Balanza de peso muerto
- Cabezal de prueba
- Camión cisterna 4000 a 10000 LT
- Compresor (a tornillo)
- Registrador de presión y temperatura

3.2.17.12 SEGURIDAD, SALUD Y MEDIO AMBIENTE

3.2.17.12.1 SEGURIDAD

Antes de iniciar las actividades se contará con lo siguiente:

- Procedimiento Operativo
- EPP (ropa de seguridad, casco, botas, guantes, gafas, protector auditivo y otros específicos que se requieran en las diferentes actividades)
- Se señalizará el área de trabajo con cinta demarcatoria y letreros informativos.
- Charlas de seguridad

3.2.17.12.2 SALUD

La actividad contará con:

- Botiquín en los frentes de trabajo
- Se comunicará a todo el personal los peligros a la salud, las barreras y/o controles de salud y sus responsables.
- Se contará en el área de trabajo con el Plan de Emergencias.

3.2.17.12.3 MEDIO AMBIENTE

- El Personal involucrado en la actividad cumplirá con las reglas y medidas de protección y prevención ambiental según especificaciones del Proyecto.

- Todos los residuos generados en esta actividad, tales como: papel, cartón, plásticos, vasos desechables, restos de comidas, embalajes, etc. Serán acondicionados en bolsas plásticas y transportados al final de la actividad para su disposición final.
- Todos los equipos estarán en buen estado a fin de no contaminar el medio ambiente.
- Se contará con equipos contra incendio.

3.2.17.13 REGISTROS

IDENTIFICACIÓN DEL REGISTRO		3.2.17.14 CONSERVACIÓN DEL REGISTRO		
Código	Nombre	Responsable	Lugar de Archivo	Tiempo de Custodia
	PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TUBERÍA ANC DN 4”	Coordinador de Calidad/SGI	Obra	Según requerimiento

3.2.17.15 REFERENCIAS

CÓDIGO DOCUMENTO	TÍTULO DEL DOCUMENTO
YPFB Redes de Gas	Especificaciones Técnicas del proyecto

CÓDIGO DOCUMENTO	TÍTULO DEL DOCUMENTO
	Especificaciones Técnicas para Construcción de YPFB
ASME-B.31.4-2009	Liquids Transmission and Distribution Piping Systems.
ASME-B.31.8-2009	Gas Transmission and Distribution Piping Systems
API RP 1110	Pressure Testing of Liquid Petroleum Pipelines
	Planos y Típicos Aprobados
RDCOAD	Reglamento para el diseño, construcción, operación y abandono de ductos
ANEXO 2	D.S. 1996 “Construcción de Redes de Gas Natural”

CAPITULO 4 APLICACIÓN PRACTICA

En este capítulo se presentarán los resultados del desarrollo y la obtención del diseño del gasoducto La Paz – Coroico - Caranavi, acorde a las acciones propuestas en el trabajo.

4.1 DETERMINACIÓN DEL TRAZADO DEL GASODUCTO LA PAZ-COROICO-CARANAVI

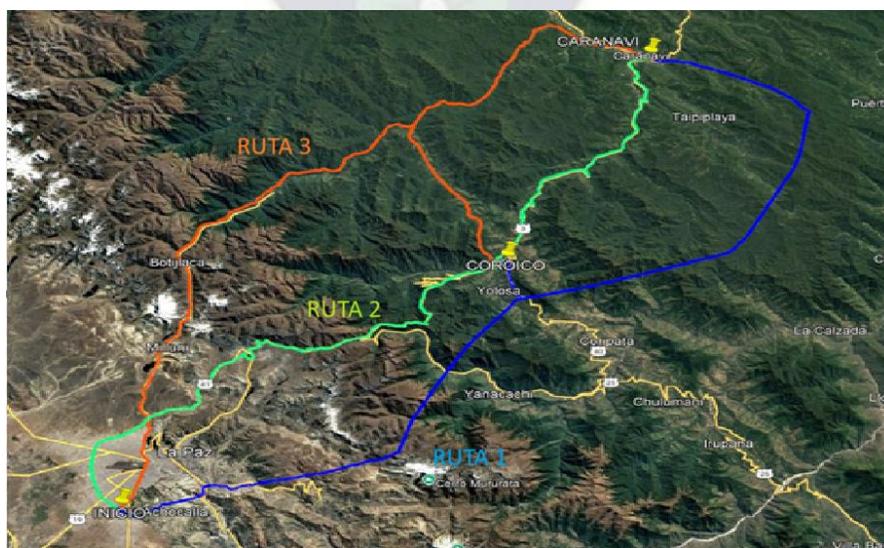
Para la determinación del trazo planteara tres alternativas al cuales las cuales se analizará la longitud del gasoducto el cual se podrá identificar zonas de riesgo, zonas de que dificulten la construcción de la misma y así también el mantenimiento.

Se evaluará los siguientes aspectos

- Cruces de ríos y arroyos
- Proximidad de concentraciones de población y áreas restringidas
- Análisis de terreno
- Análisis de longitudes preliminares de la ruta del ducto
- Estimación de costos

En la siguiente figura se muestra tres rutas que parte de Senkata hasta antes del camal a Coroico los cuales son alternativas el cual serán analizadas y evaluadas.

FIGURA 97: RUTAS ALTERNATIVAS



Elaboración propia, 2024

Para mejorar optimizar la ruta del ducto se tomará en cuenta lo siguiente:

- Evaluar las diversas consideraciones y/o restricciones para cada una de las rutas.
- Efectuar las mejoras en cada una de las rutas alternativas a través de combinaciones de variables y búsquedas de oportunidades, así como costo beneficio.
- Volver a dibujar nuevamente la ruta definitiva.
- Reevaluar cada una de las preliminares para luego recomendar la ruta óptima desde el punto de vista económico.

ALTERNATIVA DE RUTA 1

En la alternativa 1 de Senkata - Caranavi no hay elevaciones exageradas pronunciadas y pasa por carreteras en su mayoría del tramo, La ruta número 1 consiste en la construcción del gasoducto bajando por la avenida Versalles, pasando por Calacoto y valle de las animas y para el ramal cerca San Pedro de la Loma y por último Caranavi el cual pasa por el centro de la zona sur el cual

En la siguiente figura se muestra el perfil de elevaciones de Senkata a Caranavi como alternativa 1

FIGURA 98: PERFIL LONGITUDINAL DE ALTERNATIVA 1 SENKATA - CARANAVI



Elaboración propia, 2024

En la siguiente figura se muestra la alternativa 1 del ramal a Coroico este presenta elevaciones muy pronunciadas el cual dificulta la construcción del gasoducto.

FIGURA 99: PERFIL LONGITUDINAL DE ALTERNATIVA 1 RAMAL COROICO



Elaboración propia, 2024

ALTERNATIVA DE RUTA 2

En la siguiente figura se muestra el perfil de elevaciones de Senkata a Caranavi como alternativa 2 el cual no muestra elevaciones pronunciadas y pasa por carretera.

FIGURA 100: PERFIL LONGITUDINAL DE ALTERNATIVA 1 SENKATA - CARANAVI



Elaboración propia, 2024

EL perfil de elevaciones del ramal para la alternativa dos es la mas cercana y la ma optima al no tener elevaciones pronunciadas y porque pasa mas cerca del gasoducto troncal

FIGURA 101: PERFIL LONGITUDINAL DE ALTERNATIVA 1 RAMAL COROICO

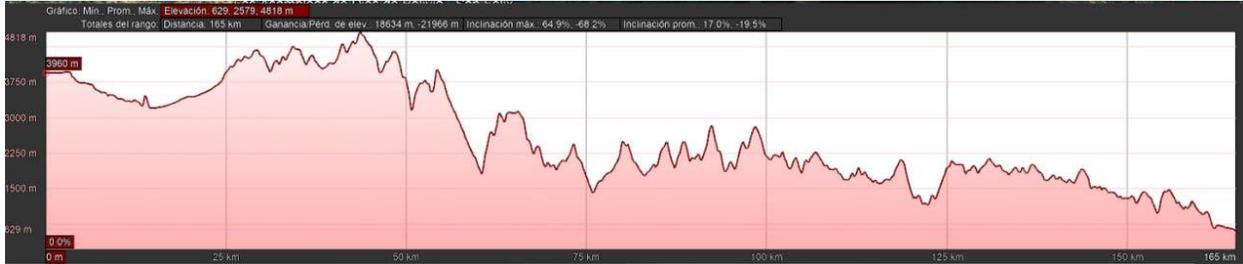


Elaboración propia, 2024

RUTA 3

La alternativa numero 3 tiene agresivas elevaciones como se muestra en la siguiente figura pasa por mucha selva

FIGURA 102: PERFIL LONGITUDINAL DE ALTERNATIVA 1 SENKATA - CARANAVI



Elaboración propia, 2024

Se muestra un perfil del ramal en la alternativa 3 el cual es muy extenso a comparación de las otras alternativas.

FIGURA 103: PERFIL LONGITUDINAL DE ALTERNATIVA 1 RAMAL COROICO



Elaboración propia, 2024

TABLA 17: TABLA COMPARATIVA DE LAS DIFERENTES ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	DISTANCIA [KM]	ACCESO	ZONAS DE VEGETACIÓN ATRAVESADAS	ALTURAS
Ruta 1	Caranavi=145km Coroico=32.8 km	No es de fácil acceso ya que nos dificulta los ríos.	Atraviesa en su mayor tramo por vegetación	CARANAVI 4786 H. Max (m) 545 H. Min (m)

				COROICO 2258 H. Max (m) 761 H. Min (m)
Ruta 2	Caranavi=159km Coroico= 2.45km	Cuenta con vía de acceso debido a que recorre por la carretera principal en su mayoría	No atraviesa por zonas de vegetación extensa (bosques y selvas)	CARANAVI 3750 H. Max (m) 609 H. Min (m) COROICO 1605 H. Max (m) 1097 H. Min (m)
Ruta 3	Caranavi=150km Coroico=9.9km	Se cuenta con acceso ya que llega hacia San Pedro de la Loma, pero tiene tramos de vegetación	Pasa por un pequeño tramo de vegetación	CARANAVI 4818 H. Max (m) 629 H. Min (m) COROICO 1605 H. Max (m) 1097 H. Min (m)

Fuente: Elaboración propia, 2024

FIGURA 104: TABLA COMPARATIVA

ALTERNATIVA	MENOR DISTANCIA [KM]	MAYOR FACILIDAD DE ACCESO	NO ZONAS DE VEGETACIÓN ATRAVESADAS	MENORES ELEVACIONES PRONUNCIADAS
Ruta 1				
Ruta 2		x	X	x
Ruta 3	x			

Fuente: Elaboración propia

En comparación de la ruta 1 y 3 la ruta 2 tiene mayor longitud, pero no se requiere apertura de un nuevo camino o sendero para la construcción del gasoducto en comparación de las demás rutas.

En conclusión, se optará por la alternativa 2.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DEL GASODUCTO

Al describir las peculiaridades geográficas del área que se extiende desde el city gate de Senkata hasta Coroico y Caranavi, es esencial considerar los desafíos que plantean los terrenos rocosos, la densa vegetación y las quebradas que se extiende a lo largo del trayecto examinado. La siguiente figura ofrece una visión detallada de las particularidades geográficas de donde partirá el gasoducto.

FIGURA 105: CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS DE CITY GATE SENKATA



Fuente: Fuente: Elaboración propia en base a google earth., 2024

En la siguiente figura se muestra el inicio de trayecto el cual se encuentra en Senkata más precisos en el city gate de la ciudad de El Alto.

FIGURA 106: CITY GATE SENKATA



Fuente: YPFB Transporte.,2024

El city gate el cual está en operación desde 1984 además transporta gas por ducto de acero al carbono y esta tiene una entrada desde la ruta que se encuentra en la carretera Oruro – La paz, asimismo tiene la capacidad de 65 (MMPCD) la entrada del gasoducto GAA tiene así dos entradas uno con 6 (plg) y MOP DE 1420 (PSI) y el otro de 12 (plg) y con MOP de 1420 psia al igual que el primero, son las dos entradas que tiene.

"Gas es distribuido a los city gate de los distritos Valle Hermoso, La Ceja, Rioseco y Viacha. La presión máxima de operación es de 350 psi, con un diámetro nominal de 6 pulgadas en las redes de gas."

Esta adaptación sigue los patrones identificados al proporcionar información técnica específica sobre la distribución de gas a varios city gate, incluyendo la presión máxima de operación y el diámetro nominal de las redes de gas. La estructura es clara y concisa, y se utilizan unidades de medida para describir las características de las redes de gas. En la figura siguiente se muestra el perfil altimétrico, también conocido como perfil de levantamiento planimétrico, el cual representa el tramo Senkata Caranavi

FIGURA 107: PERFIL ELEVACIONES DEL SENKATA - CARANAVI



Fuente: Fuente: [Elaboración propia en base a google earth., 2024]

En la figura siguiente se muestra el perfil altimétrico, también conocido como perfil de levantamiento planimétrico, el cual representa el ramal el cual lleva Coroico.

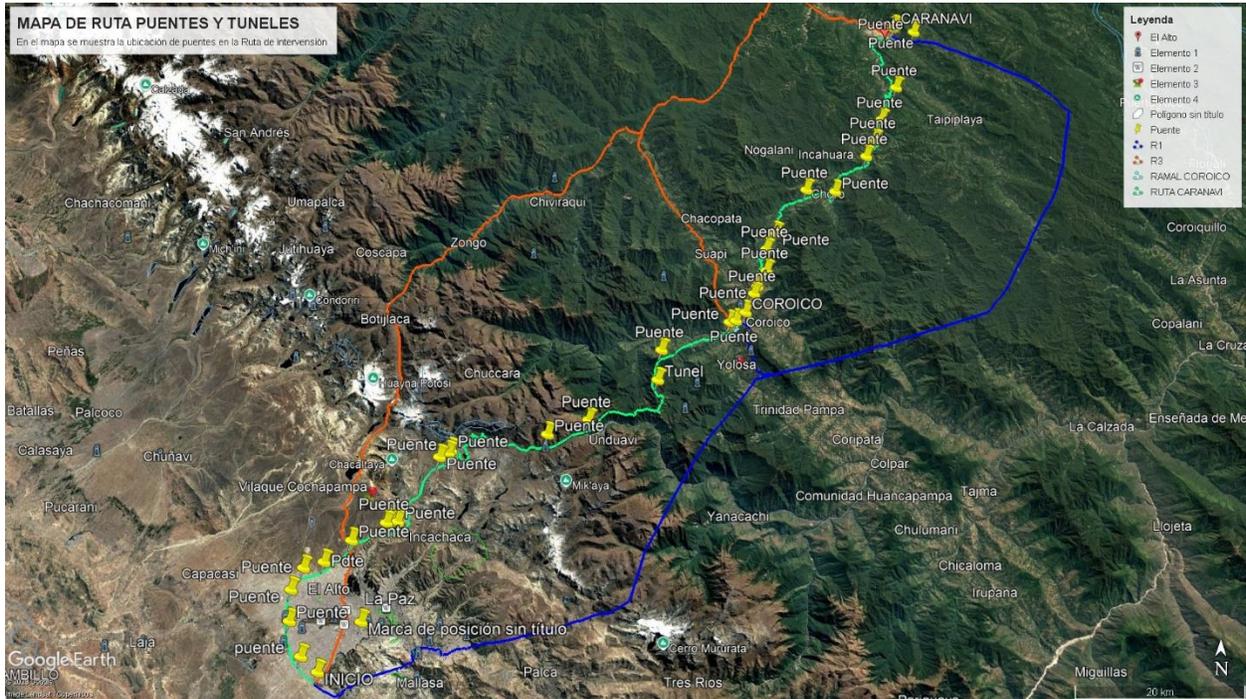
FIGURA 108: PERFIL ELEVACIONES DEL RAMAL COROICO



Fuente: Fuente: [Elaboración propia en base a google earth., 2024]

Asi tambien se hace un relevamiento de puentes de acuerdo al trazado del tramo identificados a lo largo del gasoducto como se muestra en la siguiente figura

FIGURA 109: RUTA DE PUENTES EN EL TRAMO 2



Fuente: elaboracion propia, 2024

4.2 ANÁLISIS DE LA CARACTERÍSTICAS DEL GASODUCTO GAA

El fluido que va a ser transportado por la línea de recolección es gas natural y su producción corresponde al gasoducto GAA:

4.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LA CROMATOGRAFÍA DEL GAS

En la siguiente figura se muestra la composición del gas natural proveniente de GAA.

FIGURA 110: CROMATOGRAFÍA DEL GAS NATURAL

Componente	Formula	(%molar)	Fracción molar $Y_i = \% \text{ molar} / 100$
Nitrógeno	N₂	1.850	0.0185
Dióxido de carbono	CO₂	0.941	0.00941

Metano	C1	92.316	0.92316
Etano	C2	4.502	0.04502
Propano	C3	0.349	0.00349
Iso - butano	iC4	0.002	0.00002
Normal – butano	nC4	0.010	0.0001
Iso – pentano	iC5	0.005	0.00005
Normal – pentano	nC5	0.007	0.00007
Hexano	C6	0.003	0.00003
Heptano	C7+	0.015	0.00015
	TOTAL	100.00	1

Fuente: Elaboración propia en base a la cromatografía de YPFB Transporte., 2015

A continuación, se detalla el significado de cada columna y su obtención respectiva, de la anterior tabla.

Columna de componentes: en esta columna se detalla los diferentes componentes que posee el gas natural.

Columna, fórmulas: en esta columna se puede apreciar las fórmulas de los componentes presentes en la cromatografía.

Columna, composición molar (% molar): en esta columna se puede apreciar las concentraciones de cada componente en porcentaje molar, la sumatoria debe ser igual al 100%.

Columna, fracción molar (Yi): en esta columna se puede apreciar las concentraciones de cada componente en fracción molar la misma se obtiene dividiendo entre 100 cada concentración de la columna de composición molar, la sumatoria debe ser igual a la unidad.

La composición del GAA nos indica que estamos en presencia de gas seco, es un gas que prácticamente está formado por metano (C1), etano (C2) y algunos pequeños porcentajes de carbono, según especificaciones internacionales el Gas natural debe tener un contenido de dióxido de carbono de ser >2% en volumen como máximo para el transporte y comercialización de hidrocarburos. El cual excede el máximo permisible de calidad del Gas. Como consecuencia se debe realizar el tratamiento respectivo con la aplicación de diferentes solventes químicos.

4.2.2 PARÁMETROS DE OPERACIÓN

Para determinar las condiciones de operación de la línea de recolección para el transporte se debe considerar La Presión y Temperatura del Gas de alimentación del GAA, que se muestra en la siguiente Tabla que ingresa a la estación de regulación y medición de Senkata.

TABLA 18: CONDICIONES DE OPERACIÓN

Presión	1420 Psia
Temperatura	520 °R
Caudal	142660.525[m3/d]

Fuente: base a YPFB., 2015

4.2.3 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS

La determinación de las propiedades fisicoquímicas del gas natural, de las propiedades pseudo - crítica y peso molecular del gas se muestran en la siguiente tabla a partir de la cual se calculará por medio de las ecuaciones: $P_{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i \times P_{Ci}$ y $T_{PC} = \sum_{i=1}^n Y_i \times T_{Ci}$ los cuales se encuentran en el capítulo II en propiedades del gas natural.

TABLA 19: CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DEL GAS

Columna 1	Columna 2	Columna 3	Columna 4	Columna 5
Composición	Y_i	Mw (lb/lbmol)	P (Psia)	T (°R)
N2	0.0185	28,0314	492,8	227,51
CO2	0.00941	44,01	1.069,50	547,73
C1	0.92316	16,043	667	343,34
C2	0.04502	30,07	707,8	550,07
C3	0.00349	44,097	615	665,92
lc4	0.00002	58,123	527,9	734,41
nC4	0.0001	58,123	548,8	765,51
lc5	0.00005	72,15	490,4	828,96

nC5	0.00007	72,15	488,1	845,7
C6	0.00003	86,177	439,5	911,8
C7+	0.00015	100,204	397,4	970,9
TOTAL	1			

Fuente: Elaboración propia., 2024

A continuación, se detalla el significado y la obtención de las diferentes columnas, de la anterior Tabla.

Columna 2, Y_i : En esta columna se puede apreciar las concentraciones de cada Pseudo componente en fracción molar, pues la sumatoria debe ser igual a la unidad.

Columna 3, M_w : En esta columna se recopiló los Pesos Moleculares de cada Pseudo componente.

Columna 4, P : En esta columna se recopiló las Presiones Críticas de cada Pseudo componente.

Columna 5, T : En esta columna se recopiló las Temperaturas Críticas de cada Pseudo componente.

Columna 6, $MW_i = y_i * MW$ (peso molecular aparente del gas): En esta columna se realizó la multiplicación entre la columna 2 y la columna 3; es decir es el producto de cada fracción molar con su respectivo peso molecular del Pseudo -componente en cuestión, la sumatoria de todos los productos es igual al Peso Molecular de la Mezcla, es decir el Peso Molecular del Gas Natural expresada en Lb/Lbmol.

$$MW_i = Y_i * MW$$

$$\Sigma MW_i = 17.283869 \text{ [lb/lbmol]}$$

Columna 7, $P_{sc} = y_i * P$: En esta columna se realizó la multiplicación entre la columna 2 y la columna 4; es decir es el producto de cada fracción molar con su respectiva Presión Crítica del Pseudo componente en cuestión, la sumatoria de todos los productos es igual a la Presión Pseudo-crítica del Gas Natural expresada en Psia, es decir aplicando la regla de kay.

$$P_{sc} = Y_i * P$$

$$\Sigma P_{sc} = 669.1369 \text{ [psia]}$$

Columna 8, $T_{sc} = y_i * T$: En esta columna se realizó la multiplicación entre la columna 2 y la columna 5; es decir es el producto de cada fracción molar con su respectiva Temperatura Crítica ($^{\circ}R$) del componente en cuestión, la sumatoria de todos los productos es igual a la temperatura pseudo-crítica del gas natural expresado en $^{\circ}R$ aplicando la regla de kay

$$T_{sc} = Y_i * T$$

$$\Sigma T_{sc} = 353.774 \text{ [}^{\circ}R\text{]}$$

Con estos datos se procede a encontrar las propiedades pseudo-criticas. Como se muestra en la siguiente tabla.

Presión pseudo-criticas	Temperatura pseudo-critica
Psc (psi)= Yi * P	Tsc (°R) = Yi * T
669.136941	353.7739161

Fuente: Elaboración propia., 2024

4.2.3.1 Factor de ajuste por contaminantes

Mediante la ecuación, de la fundamentación teórica se determina el factor de ajuste por contaminantes de dióxido de carbono en el GAA es de 0.941%.

$$\begin{aligned}\varepsilon &= 120 * (Y_{CO_2}^{0,9} + Y_{CO_2}^{1,2}) + 15 * (Y_{H_2S}^{0,5} - Y_{H_2S}^4) \\ \varepsilon &= 120 * (0.00941^{0,9} + 0.00941^{1,2}) + 0 \\ \varepsilon &= \mathbf{2.24469}\end{aligned}$$

Dónde:

$$\varepsilon = 2.24469$$

Yco2 = 0.941 [%] contenido de CO2

YH2S = 0 [%] contenido de H2S

El factor de ajuste por contaminantes será utilizado para corregir la temperatura y la presión del gas natural utilizando la fundamentación teórica, con lo que se obtendrá la temperatura y presión corregida.

$$\begin{aligned}T'_c &= T_{sc} - \varepsilon \\ T'_c &= 353.774 - 2.24469 \\ T'_c &= \mathbf{351.52923[°R]}\end{aligned}$$

Dónde:

$$T'_c = 351.52923 [°R]$$

$$TSC = 353.774 [°R]$$

$$\varepsilon = 2.24469$$

La temperatura corregida por contenido de dióxido de carbono o contaminantes del GAA es de $T'_c = 351.52923 [°R]$

$$\begin{aligned}P'_c &= \frac{P_{sc} * T_{sc}}{T_{sc} + B' * (1 - B') * \varepsilon} \\ P'_c &= \frac{669.136941 * 353.7739161}{353.7739161 + 0 * (1 - 0) * 2.24469} \\ P'_c &= \mathbf{664.9181 [Psi]}\end{aligned}$$

Dónde:

$$P'_c = 664.9181 [Psi]$$

$$PSC = 669.136941[Psi]$$

$$TSC = 353.7739161 [°R]$$

$$\varepsilon = 2.24469$$

La presión corregida en presencia de dióxido de carbono o contaminantes en el gas es de $P'_c = 664.9181$ [Psi]

4.2.3.2 4.2.3.2 Gravedad específica

Por la ecuación de la fundamentación teórica determinaremos la gravedad específica del gas.

$$\begin{aligned} MW_g &= SG_g \times MW_{aire} \\ SG_g &= \frac{MW_g}{MW_{aire}} \\ SG_g &= \frac{17.283}{28.9625} \\ \mathbf{SG_g} &= \mathbf{0.59677} \end{aligned}$$

Dónde:

$$SG_g = 0.59677$$

$$MW_g = 17.283 [\text{lb/lbmol}]$$

$$MW_{aire} = 28.9625 [\text{lb/lbmol}]$$

Donde la gravedad específica del gas es 0,59677 que corresponde a un gas seco y si es mayor a 0.7 se considera como un condensado.

4.2.3.3 4.2.3.3 Presión y temperatura pseudo-reducidas

Se proceda a la determinación de la presión y temperatura pseudo-reducidas de la fundamentación teórica, con los datos corregidos anteriormente, la presión del GAA es de 1.150 psi y una temperatura de 520 °R.

$$\begin{aligned} P_{pr} &= \frac{P}{P'_{pc}} \\ P_{pr} &= \frac{1420 \text{ Psi}}{664.9181 \text{ Psi}} \\ \mathbf{P_{pr}} &= \mathbf{2.1356} \end{aligned}$$

Dónde:

$$P_{pr} = 2.135602$$

$$P = 1420 [\text{Psia}]$$

$$P_{pc} = 664.9181 [\text{Psia}]$$

$$\begin{aligned} T_{pr} &= \frac{T}{T_{pc}} \\ T_{pr} &= \frac{520 \text{ °R}}{351.529 \text{ °R}} \\ \mathbf{T_{pr}} &= \mathbf{1.4792511} \end{aligned}$$

Dónde:

$$T_{pr} = 1.4792$$

$$T = 520 [^{\circ}\text{R}]$$

$$T_{sc} = 351.5292 [^{\circ}\text{R}]$$

4.2.3.4 Factor de compresibilidad

Se determina el factor de compresibilidad empleando el Método de Brill, B.P. y Beggs, H.D., determinada en el fundamento teórico mediante para el cálculo del factor de compresibilidad (Z).

$$A = 1,39 \times (T_{pr} - 0,92)^{0,5} - 0,36 \times T_{pr} - 0,10$$

$$A = 1,39 \times (1.4792 [^{\circ}\text{R}] - 0,92)^{0,5} - 0,36 \times 1.4792 [^{\circ}\text{R}] - 0,10$$

$$\mathbf{A = 0.4069}$$

$$B = (0,62 - 0,23 * T_{pr})P_{pr} + \left[\frac{0,066}{T_{pr} - 0,86} - 0,037 \right] P_{pr}^2 + \frac{0,32}{10^{9(T_{pr}-1)}} P_{pr}^6$$

$$B = (0,62 - (0,23 * 1.4792)) * 2.1356 + \left[\frac{0,066}{1.4792 - 0,86} - 0,037 \right] 2.1356^2 + \frac{0,32}{10^{9(1.4792-1)}} * 2.1356^6$$

$$\mathbf{B = 0.9116}$$

$$C = 0,132 - 0,32 \log(T_{pr})$$

$$C = 0,132 - 0,32 * \log(1.4792)$$

$$\mathbf{C = 0.00776}$$

$$D = \text{antilog} \times (0,3106 - 0,49T_{pr} + 0,1824T_{pr}^2)$$

$$D = \text{antilog} \times (0,3106 - (0,49 * 1.4792) + (0,1824 * 1.4792^2))$$

$$\mathbf{D = 0.9658}$$

$$Z = A + \frac{1 - A}{\exp(B)} + C \times P_{pr}^D$$

$$Z = 0.4069 + \frac{1 - 0.4069}{\exp(0.9163)} + 0,0775 \times 2.1356^{0.97}$$

$$\mathbf{Z = 0.8056}$$

Donde el factor de compresibilidad (Z) = 0.8056 es un factor de corrección para determinar el comportamiento de los gases reales los cuales se pueden comportar como gases ideales tomando como referencia los valores del punto crítico.

- **Densidad del gas**

$$\rho_g = \frac{P \times PM_g}{Z \times R \times T}$$
$$\rho_g = \frac{1420 \times 17.2839}{0.8056 \times 10,73 \times 520}$$
$$\mathbf{\rho_g = 5.46 [lb/ft^3]}$$

La densidad del gas la cual es 5.46 [lb/ft³] lo que se determinó corresponde a la clasificación del gas natural.

- **Viscosidad del gas**

Se determina la viscosidad empleando la ecuación de la fundamentación teórica utilizando el método de Lee, Gonzales.

$$K = \frac{(9,2 + (0,5794 \times \rho_g)) (T + 460)^{1.5}}{209 + (550,4 \times \rho_g) + (T + 460)}$$

$$K = \frac{(9,2 + (0,5794 \times 5.46))(520 + 460)^{1.5}}{209 + (550,4 \times 5.46) + (520 + 460)}$$

$$\mathbf{K = 90.4342}$$

$$Y = 2,4 - (0,2 \times X)$$

$$Y = 2,4 - (0,2 \times 6.0879)$$

$$\mathbf{Y = 1.1824}$$

$$X = 3,5 + \frac{986}{(T + 460)} + (0,2897 \times \rho_g)$$

$$X = 3,5 + \frac{986}{(109 + 460)} + (0,2897 \times 5.46)$$

$$\mathbf{X = 6.0879}$$

Sustituyendo los valores obtenidos para la viscosidad:

$$\mu_g = K \times 10^{-4} \exp\left(X \left(\frac{\rho_g}{62.428}\right)^y\right)$$

$$\mu_g = 90.4342 \times 10^{-4} \exp\left(6.0879 \left(\frac{5.46}{62.428}\right)^{1.1285}\right)$$

$$\mu_g = \mathbf{0.1335 [CP]}$$

Donde la viscosidad del gas a medida que aumenta la temperatura disminuye la velocidad del gas debido a la expansión térmica de las moléculas a elevadas presiones un gas tiende a comportarse como un líquido.

4.3 CALCULO DE LA DEMANDA DE GAS

4.3.1 DEMANDA DE GAS EN CARANAVI

Para el cálculo de la demanda seguiremos los siguientes pasos:

Paso1: Proyección de la población

Paso 2 Consumo Doméstico

Paso 3 Consumo Comercial

Paso 4 Consumo Industrial

Paso 5 Consumo Industrial

4.3.1.1 4.3.1.1 Proyección de la población

Se debe recopilar la información DEMOGRÁFICA de la Población a la que se pretende suministrar Gas Natural.

A) CÁLCULO DE NÚMERO DE HABITANTES POR EL INE

Para conocer la cantidad de población evaluada de INE del 2012 recurrimos a su página oficial: www.ine.gob.bo

FIGURA 111: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

Luego de entrar a la página buscamos la pestaña de “CENSOS Y BANCO DE DATOS” Y se abrirá una pestaña el cual buscamos y hacemos clic en “Sistema de información Geográfica SIG” como se muestra en la siguiente figura:

FIGURA 112: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

Luego nos aparecerá una ventana el cual esta denomina con MAPAS TEMÁTICOS como muestra en la siguiente figura.

FIGURA 113: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

hacemos scroll down con el ratón es decir bajamos abajo hasta encontrar la pestaña “MAPAS CENSO 2012” y hacemos clic en ello, como se muestra en la siguiente figura:

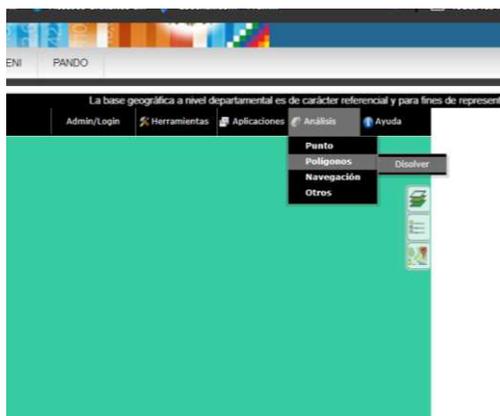
FIGURA 114: FIGURA: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

Luego nos aparecería un mapa de Bolivia y en la parte superior nos parece por departamento para que sea más fácil de encontrar el lugar deseado en ese caso Caranavi, luego de encontrar el sitio nos vamos a la pestaña de “ANÁLISIS “ Se abrirá una pestaña la cual seleccionamos “polígonos” y por ultimo “DISOLVER” como muestra la siguiente figura:

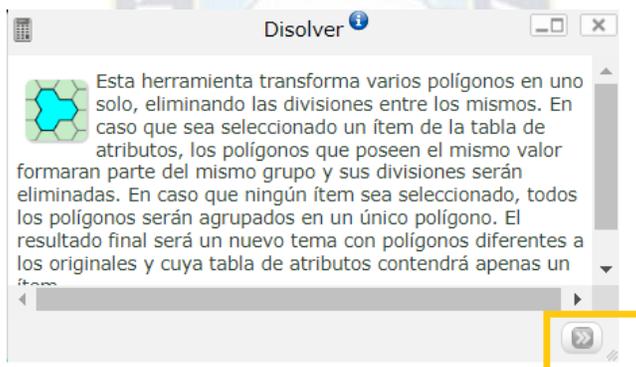
FIGURA 115: FIGURA: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

Después de dar Clic se abrirá una ventana, dentro de la ventana le damos siguiente (el cual está en la parte inferior derecha) como muestra la siguiente figura:

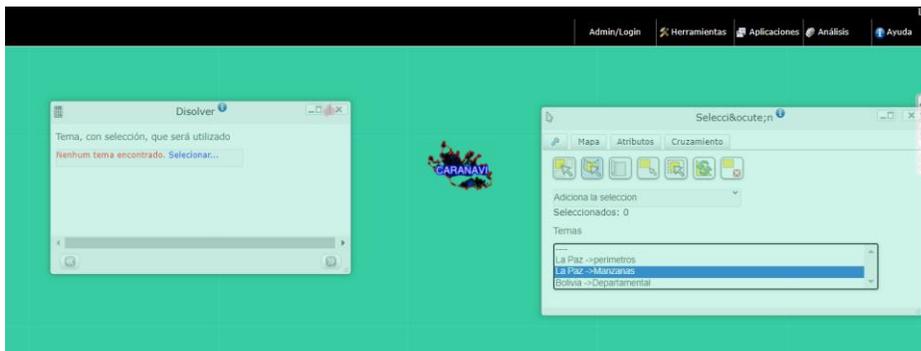
FIGURA 116: FIGURA PESTAÑA DISOLVER



Fuente: ine.gob.bo

Así mismo se abrirá una ventana que el cual nos pide seleccionar el tema el cual procedemos a seleccionar le damos clic y se nos abre otra venta el cual damos clic en “LA PAZ -MANZANAS” como muestra en la siguiente figura:

FIGURA 117: FIGURA: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

Ya seleccionado “LA PAZ -MANZANAS” se nos habilita un círculo en la punta el mause, eso significa que nos habilita para poder hacer un polígono en el área de interés.

FIGURA 118: FIGURA: PAGINA DEL INE



Fuente: ine.gob.bo

Una vez terminado el polígono le damos doble clic y se nos cambiara de color a nutra área de interés, después le damos siguiente y nos da los datos pertinentes de población y otros datos más como muestra la seguirte figura;

FIGURA 119: POBLACIÓN EMPADRONADA EN CARANAVI



Fuente: *ine.gob.bo*

Ya teniendo los datos de la anterior ventana tenemos el **NUMERO DE HABITANTE EL CUAL ES DE 13299 habitantes y número de hogares 4771.**

b) TASA DE CRECIMIENTO

Nos dirigimos a la página oficial del INE y nos descargamos el documento “Tasa-de-Crecimiento-Intercensal-y-densidad” el cual buscamos nuestro lugar de interés en este caso Caranavi.

TABLA 20: TASA DE CRECIMIENTO

DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y MUNICIPIO	TOTAL	CENSO 2001	TOTAL	CENSO 2012	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO		
Puerto Pérez	7.830	3.827	4.003	7.028	3.523	-1,0	
Aroma	86.480	43.799	42.681	97.364	49.354	48.010	1,1
Sica Sica	26.818	13.601	13.217	31.054	15.920	15.134	1,3
Umala	9.583	5.005	4.578	8.775	4.519	4.256	-0,8
Ayo Ayo	6.981	3.470	3.511	7.798	3.973	3.825	1,0
Calamauca	12.112	6.101	6.011	12.104	6.151	5.953	0,0
Patacamaya	20.039	10.187	9.852	22.806	11.340	11.466	1,2
Colquechaca	8.020	3.977	4.043	9.785	4.998	4.787	1,8
Collana	2.927	1.458	1.469	5.042	2.453	2.589	4,9
Nor Yungas	23.681	12.460	11.221	36.983	18.907	18.076	4,0
Coroico	12.237	6.641	5.596	19.397	10.133	9.264	4,1
Cocipata	11.444	5.819	5.625	17.586	8.774	8.812	3,8
Abel Iturralde	11.828	6.604	5.224	18.073	9.827	8.246	3,8
Ixiamas	5.625	3.226	2.399	9.362	5.209	4.153	4,5
San Buenaventura	6.203	3.378	2.825	8.711	4.618	4.093	3,0
Bautista Saavedra	11.374	5.806	5.568	16.308	8.422	7.886	3,2
Chacazani	9.161	4.732	4.429	13.023	6.769	6.254	3,1
Cuzva	2.213	1.074	1.139	3.285	1.653	1.632	3,5
Manco Kapac	22.892	11.021	11.871	27.154	13.241	13.913	1,5
Copacabana	14.586	6.958	7.628	14.931	7.254	7.677	0,2
San Pedro de Tiquina	6.093	3.034	3.059	5.962	2.903	3.059	-0,2
Tito Yupanqui	2.213	1.029	1.184	6.261	3.084	3.177	9,3
Gualberto Villarroel	15.722	8.262	7.460	17.782	9.439	8.343	1,1
San Pedro Cnarahua	8.103	4.253	3.850	8.776	4.647	4.129	0,7
Papel Pampa	6.053	3.162	2.891	7.002	3.706	3.296	1,3
Chacazilla	1.566	847	719	2.004	1.086	918	2,2
José Manuel Pando	6.137	3.088	3.049	7.381	3.785	3.596	1,6
Santiago de Machaca	4.402	2.180	2.222	4.500	2.298	2.202	0,2
Cataoca	1.735	908	827	2.881	1.487	1.394	4,5
Caranavi	51.153	28.092	23.061	59.365	31.568	27.797	1,3

Fuente: *INE, 2012*

Podemos apreciar en la anterior figura anterior que el **índice de crecimiento es de 1.3 en Caranavi.**

Teniendo estos datos del inciso a) y b) procedemos a proyectar con la siguiente formula:

$$P_{Proyectada} = P_{inicial} * (1 + \alpha)^t$$

Donde:

P Proyectada = Población Proyectada, (Habitantes)

P inicial = Población Inicial (Habitantes)

α = Tasa de crecimiento anual (%)

t = Periodo de tiempo (Años)

A continuación, se muestra una tabla con la proyección de la anterior formula:

TABLA 21: TABLA: PROYECCIÓN DE HABITANTES A 20 AÑOS

$P_{proyectada} = P_{inicial} * (1 + \alpha)^t$			
	AÑO	N° DE HABITANTES	N° DE HOGARES
	2012	13299	4771
	2013	13472	4834
	2014	13648	4896
	2015	13825	4960
	2016	14005	5024
	2017	14187	5090
	2018	14371	5156
	2019	14558	5223
	2020	14747	5291
	2021	14939	5360
	2022	15133	5429
	2023	15330	5500
1	2024	15529	5571
2	2025	15731	5644
3	2026	15935	5717
4	2027	16143	5791
5	2028	16352	5867
6	2029	16565	5943
7	2030	16780	6020
8	2031	16999	6099
9	2032	17219	6178
10	2033	17443	6258
11	2034	17670	6339
12	2035	17900	6422
13	2036	18132	6505
14	2037	18368	6590
15	2038	18607	6676
16	2039	18849	6762
17	2040	19094	6850
18	2041	19342	6939
19	2042	19594	7029
20	2043	19848	7121

Fuente : *Elaboración propia, 2024.*

En la anterior tabla se ve que se proyectó para 20 años el cual empieza en el año 2024 hasta el año 2043.

4.3.1.2 Consumo domestico

El consumo doméstico se calcula con la siguiente formula:

$$Q_{DOM} = (A_1 * C_1 * S_1 + A_2 * C_2 * S_2) * N$$

Donde:

Qdom= Caudal domestico

Cn= Consumo

Sn=Coeficiente de simultaneidad

N=Número de hogares

El consumo se calcula de la siguiente formula

$$C = \frac{P}{PCS}$$

C = CONSUMO (m³ (S)/h)

P = POTENCIA DEL EQUIPO (Kw/h)

PCS = PODER CALORÍFICO SUPERIOR (10.87 KW/m³ (S))

Donde algunos valores ya están establecidos por los anexos de la ANH como ser:

TABLA 22: TABLA: POTENCIA DE UN EQUIPO

EQUIPO	POTENCIA DEL EQUIPO (KW/H)
COCINA	10.56
CALENTADOR DE AGUA	14

Fuente : Anexos ANH.

Así también están establecidos por nuestro anexo de la ANH la S y A como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 23: TABLA: PORCENTAJE MÍNIMOS DE COBERTURA Y SIMULTANEIDAD

Porcentajes Mínimos de cobertura y simultaneidad de aparatos			
Cobertura del aparato		Coeficiente de simultaneidad	
Cocina A_1	Calentador de Agua A_2	Cocina S_1	Calentador de Agua S_2
A establecer por la Empresa Distribuidora	20%	15%	30%

Fuente : Anexos ANH.

En la siguiente tabla se muestra el cálculo pertinente de consumo doméstico individual el cual falta multiplicar por N que es el número de hogares:

TABLA 24: TABLA: CONSUMO INDIVIDUAL DOMESTICO

$$Q_{DOM} = (A_1 \cdot C_1 \cdot S_1 + A_2 \cdot C_2 \cdot S_2) \cdot N$$

COCINA			CALENTADOR DE AGUA			Q (DOMESTICO)
A1 (%/100)	C1 (M3 (s)/ H)	S1 (%/10)	A2 (%/100)	C2 (M3 (s)/ H)	S2 (%/100)	M3 (S)/h
1	0.971481141	0.15	0.2	1.287948482	0.3	0.2230

Fuente : Elaboración propia,2024.

Ya después multiplicamos por N y luego procedemos a proyectar como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 25: TABLA: CONSUMO DOMÉSTICO PROYECTADO

	AÑO	CONSUMO DOMESTICO M3/H
	2012	1,064.00
	2013	1,078.00
	2014	1,092.00
	2015	1,106.00
	2016	1,120.00
	2017	1,135.00
	2018	1,150.00
	2019	1,165.00
	2020	1,180.00
	2021	1,195.00
	2022	1,211.00
	2023	1,226.00
1	2024	1,242.00
2	2025	1,259.00
3	2026	1,275.00
4	2027	1,291.00
5	2028	1,308.00
6	2029	1,325.00
7	2030	1,342.00
8	2031	1,360.00
9	2032	1,378.00
10	2033	1,396.00
11	2034	1,414.00
12	2035	1,432.00
13	2036	1,451.00
14	2037	1,470.00
15	2038	1,489.00
16	2039	1,508.00
17	2040	1,528.00
18	2041	1,547.00
19	2042	1,567.00
20	2043	1,588.00

Fuente : Elaboración propia,2024.

Como podemos apreciar el consumo doméstico es de **1558 M3/H**

4.3.1.3 Consumo Comercial

Consideración: El Anexo 1 en su apartado 7.3 indica que "...el caudal de consumo comercial será evaluado y debidamente justificado por la empresa distribuidora..."

- CASO 1: Establecer un % del CONSUMO DOMESTICO para determinar el consumo comercial; (10 % a 15 %).
- CASO 2: Históricos de consumo facturados en Poblaciones / Municipios que tengan características similares.

$$Q_c = \frac{\%}{100} * Q_{domestico}$$

En nuestro caso usaremos el caso 1 y aumentaremos un 15%. A continuación, se muestra en la siguiente tabla proyectado y aumentado este 15%:

TABLA 26: CONSUMO COMERCIAL PROYECTADO

AÑO	N° DE HABITANTES	N° DE HOGARES	CONSUMO DOMESTICO M3/H	CONSUMO COMERCIAL M3/H	
2012	13299	4771	1,064.00	160.00	
2013	13472	4834	1,078.00	162.00	
2014	13648	4896	1,092.00	164.00	
2015	13825	4960	1,106.00	166.00	
2016	14005	5024	1,120.00	168.00	
2017	14187	5090	1,135.00	170.00	
2018	14371	5156	1,150.00	173.00	
2019	14558	5223	1,165.00	175.00	
2020	14747	5291	1,180.00	177.00	
2021	14939	5360	1,195.00	179.00	
2022	15133	5429	1,211.00	182.00	
2023	15330	5500	1,226.00	184.00	
1	2024	15529	5571	1,242.00	186.00
2	2025	15731	5644	1,259.00	189.00
3	2026	15935	5717	1,275.00	191.00
4	2027	16143	5791	1,291.00	194.00
5	2028	16352	5867	1,308.00	196.00
6	2029	16565	5943	1,325.00	199.00
7	2030	16780	6020	1,342.00	201.00
8	2031	16999	6099	1,360.00	204.00
9	2032	17219	6178	1,378.00	207.00
10	2033	17443	6258	1,396.00	209.00
11	2034	17670	6339	1,414.00	212.00
12	2035	17900	6422	1,432.00	215.00
13	2036	18132	6505	1,451.00	218.00
14	2037	18368	6590	1,470.00	221.00
15	2038	18607	6676	1,489.00	223.00
16	2039	18849	6762	1,508.00	226.00
17	2040	19094	6850	1,528.00	229.00
18	2041	19342	6939	1,547.00	232.00
19	2042	19594	7029	1,567.00	235.00
20	2043	19848	7121	1,588.00	238.00

Fuente : Elaboración propia, 2024.

En la anterior tabla podemos apreciar que nos sale un valor de 238 m3/h

En la siguiente tabla podemos apreciar un resumen de los resultados

Tabla: Caudal doméstico y caudal comercial

TABLA 27: SELECCIÓN DE EDR SEGÚN EL ANEXO DE LA ANH.

	CAUDAL	M3/H
	DOMESTICO	1,588.00
"+" 15	COMERCIAL	238.00
	CAUDAL TOTAL	1,826.00

Qs

Fuente : Elaboración propia,2024.

La suma de estos dos caudales (Qs) de la anterior tabla es el resultado del caudal para la red secundaria, pero en nuestro caso nos falta sumar más consumos para llegar a abastecer todo el consumo de una población como por ejemplo calcularemos consumos de GNV e industrial en los siguientes subtítulos.

Con estos datos del Qs podemos calcular la capacidad del EDR según los anexos.

TABLA 28: SELECCIÓN DE EDR SEGÚN EL ANEXO DE LA ANH.

CAPACIDAD DE EDR (m3/h)	DIAMETRO ENTRADA (Plg)	DIAMETRO SALIDA (Plg)	TRANSICION ANC – PE (mm)
500	2	3	90
1000	2	3	90
2000	3	4	110
5000	4	6	125

Fuente : Anexos ANH.

Como nuestro caudal es 1826 m3/200 podemos optar por una capacidad de 2000 m3/h.

4.3.1.4 Consumo Industrial

El consumo en el sector industrial depende de la capacidad industrial de la zona.

Es posible consultar los Planes de Desarrollo Municipal PDM.

Tabla: Consumo industrial

CONSUMO INDUSTRIAL

CONSUMO INDUSTRIAL			
DESCRIPCION DE USUARIOS	CANTIDAD	CONSUMO PROYCTADO (M3/H)	TOTAL (M3/H)
Planta Industrial de Café	1	235	235
HOSPITAL	1	70	70
Hoteles	4	60	240
Centro de innovación tecnológica del café	1	160	160
TOTAL			705

Qind

Fuente : Elaboración propia , Anexos de la ANH.

4.3.1.5 Consumo GNV

De acuerdo a un catálogo vemos y al número de GNV calculamos el consumo de GNV como muestra la siguiente tabla:

TABLA 29: CONSUMO DE GNV

MICROBOX MODELO MCS 160-3 1500-12		
DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
PRESION DE ASPIRACION MAXIMA	12	BAR
PRESION DE ASPIRACION MINIMA	6	BAR
MAXIMA PRESION REGULADA	10	BAR
PRESION MAXIMA DE ALMACENAMIENTO	250	BAR
CAPACIDAD MAXIMA DE ALMACENAMIENTO	1000	LTS
POTENCIA ELECTRICA INSTALADA	185	KW
TENSION	380	VOLT
RENDIMIENTO DEL MOTOR	93.75	%

Qgnv	1
NUMERO DE GNV'S	750

Qgv

Fuente : Elaboración propia , Anexos de la ANH.

En si haciendo un resumen y sumado todos los consumos tenemos:

TABLA 30: RESUMEN DE CAUDAL

Qs (M3/H)	Qind (M3/H)	Qgnv (M3/H)	Q TOTAL (M3/H)
1,826.00	705	750	3,281.00

Fuente : Elaboración propia, Anexos de la ANH.

El cual escogemos mediante tablas nuestro city gate el cual está en nuestros anexos de la ANH.

TABLA 31: CAPACIDAD DE CITY GATE

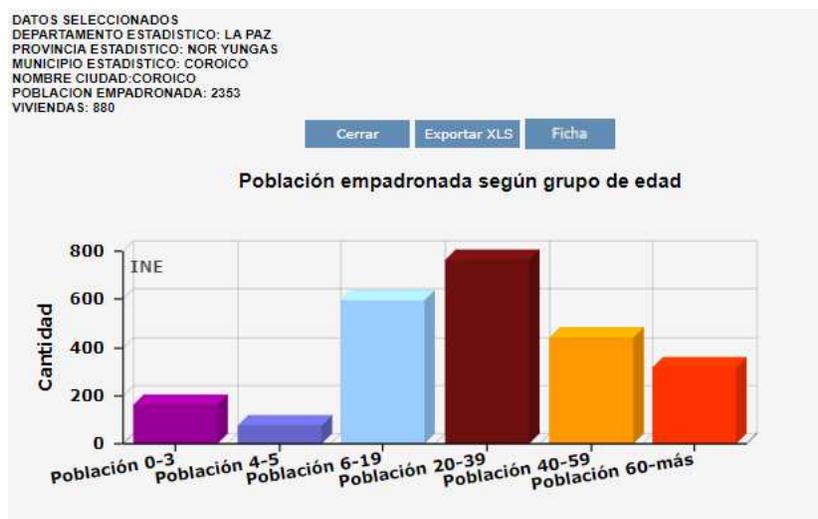
CAPACIDAD DE CITY GATES (m ³ /h)	PRESIÓN DE INGRESO (PSI)	PRESIÓN DE SALIDA (PSI)
5000	1400	200 - 450
7000	1400	200 - 450
10000	1400	200 - 450
50000	1400	200 - 450

Fuente : Elaboración propia, Anexos de la ANH.

Ahora con los datos ya calculados procedemos a calcular el diámetro en el gasoducto

4.3.2 DEMANDA DE GAS EN COROICO

FIGURA 120: POBLACIÓN EMPADRONADA EN CARANAVI



Fuente: ine.gob.bo

TABLA 32: TASA DE CRECIMIENTO EN COROICO

DEPARTAMENTO, PROVINCIA Y MUNICIPIO	TOTAL	CENSO 2001	TOTAL	CENSO 2012	TASA ANUAL DE CRECIMIENTO INTERCENSALES		
Puerto Pérez	7.830	3.827	4.003	7.028	3.523	-1,0	
Aroma	86.480	43.799	42.681	97.364	49.354	48.010	1,1
Sica Sica	26.818	13.601	13.217	31.054	15.920	15.134	1,3
Umala	9.583	5.005	4.578	8.775	4.519	4.256	-0,8
Ayo Ayo	6.981	3.470	3.511	7.798	3.973	3.825	1,0
Calamarca	12.112	6.101	6.011	12.104	6.151	5.953	0,0
Patacamaya	20.039	10.187	9.852	22.806	11.340	11.466	1,2
Colquencha	8.020	3.977	4.043	9.785	4.998	4.787	1,8
Collana	2.927	1.458	1.469	5.042	2.453	2.589	4,9
Nor Yungas	23.681	12.460	11.221	36.983	18.907	18.076	4,0
Coroico	12.237	6.641	5.596	19.397	10.133	9.264	4,1

Fuente : INE, 2012

Con los cálculos Mostrados en los cálculos de la demanda en Caranavi se proyecta para Coroico.

TABLA 33: PROYECCIÓN DE CONSUMO

AÑO	N° DE HABITANTES	N° DE HOGARES	CONSUMO DOMESTICO M3/H	CONSUMO COMERCIAL M3/H
2012	2353	800	178.00	27.00
2013	2450	833	186.00	28.00
2014	2550	867	193.00	29.00
2015	2655	903	201.00	30.00
2016	2764	940	210.00	32.00
2017	2877	979	218.00	33.00
2018	2995	1019	227.00	34.00
2019	3118	1060	236.00	35.00
2020	3246	1104	246.00	37.00
2021	3379	1149	256.00	38.00
2022	3517	1196	267.00	40.00
2023	3661	1245	278.00	42.00
1	2024	3811	289.00	43.00
2	2025	3968	301.00	45.00
3	2026	4130	313.00	47.00
4	2027	4300	326.00	49.00
5	2028	4476	339.00	51.00
6	2029	4659	353.00	53.00
7	2030	4850	368.00	55.00
8	2031	5049	383.00	57.00
9	2032	5256	398.00	60.00
10	2033	5472	415.00	62.00
11	2034	5696	432.00	65.00
12	2035	5930	450.00	68.00
13	2036	6173	468.00	70.00
14	2037	6426	487.00	73.00
15	2038	6689	507.00	76.00
16	2039	6963	528.00	79.00
17	2040	7249	550.00	83.00
18	2041	7546	572.00	86.00
19	2042	7855	596.00	89.00
20	2043	8178	620.00	93.00

Fuente : Elaboración propia, Anexos de la ANH.

Sumando todos los consumos de doméstico, comercial, Industrial y GNV tiene como siguiente sumatoria como se muestra en la siguiente tabla:

Qs (M3/H)	Qind (M3/H)	Qgmv (M3/H)	Q TOTAL (M3/H)
713.00	1200	750	2,663.00

Fuente : Elaboración propia, Anexos de la ANH.

CAPACIDAD DE CITY GATES (m3/h)	PRESIÓN DE INGRESO (PSI)	PRESIÓN DE SALIDA (PSI)
5000	1400	200 - 450
7000	1400	200 - 450
10000	1400	200 - 450
50000	1400	200 - 450

Fuente : Elaboración propia, Anexos de la ANH.

Con el resultado que se tiene se puede escoger un city gate de capacidad de 5000 m3/h que es el mínimo en tablas de los anexos de la ANH.

Como existen dos caudales que y uno es ramal el caudal de ambos se llega a sumar
 $Q_{\text{Caranavi}} = 3281.0$ $Q_{\text{Coroico}} = 2663.0$ M3/h

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Caranavi}} + Q_{\text{Coroico}}$$

$$Q_{\text{Total}} = 3281 + 2663$$

$$Q_{\text{Total}} = 5944 \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Si lo llegamos a convertir a ft3/d seria:

$$Q_{\text{Total}} = 5037849 \left[\frac{ft^3}{d} \right]$$

Y convertido en MMPCD

$$Q_{\text{Total}} = 5.039 \text{ MM} \left[\frac{ft^3}{d} \right]$$

4.4 PROTECCIÓN CATÓDICA

4.4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA

A continuación, se presentan las características generales del ducto:

CARANAVI

- Diámetro nominal de la tubería 6 pulgadas (0.1524 m)
- Diámetro externo de la tubería 6.625 pulgadas (0.168 m)
- Espesor de pared de la tubería 0.125 pulgadas (3.175 mm)

- Material de la tubería Acero API 5L Gr. X 42000
- Revestimiento externo de la tubería Tricapa FBE / copolimero adhesivo / HDPE
- Revestimiento de las juntas soldadas
- Longitud de la tubería 159.161 metros

RAMAL COROICO

- Diámetro nominal de la tubería 4 pulgadas (0.1016 m)
- Diámetro externo de la tubería 4.5 pulgadas (0.1143 m)
- Espesor de pared de la tubería 0.125 pulgadas (3.172 mm)
- Material de la tubería Acero API 5L Gr. B
- Revestimiento externo de la tubería Tricapa FBE / copolimero adhesivo / HDPE
- Revestimiento de las juntas soldadas
- Longitud de la tubería 2453 metros

4.4.2 CALCULO DE REQUERIMIENTO DE CORRIENTE.

El requerimiento de corriente para el sistema de protección catódica del Gasoducto Senkata-Caranavi – Coroico se calcula empleando las siguientes formulas:

4.4.2.1 CALCULO DE ÁREA TOTAL DEL GASODUCTO

Para el cálculo del área a ser protegido emplearemos las siguientes formula

ÁREA

$$A = \pi * OD * L$$

A= Área de la superficie del ducto [m]

$\pi = 3.14$ Contante [-]

OD= Diámetro exterior [m]

L= Longitud de la tubería [m]

Para el ducto de 6 plg

$$A_{T1} = \pi * OD * L$$

$$A_{T1} = \pi * 0.168 * 159161$$

$$A_{T1} = 84003.197[m^2]$$

Para el ducto de 4 plg

$$A_{T2} = \pi * OD * L$$

$$A_{T1} = \pi * 0.1143 * 2453$$

$$A_{T1} = 880.833[m^2]$$

Ahora vamos a sumar las dos áreas de 6 (plg) y 4 (plg)

$$A_T = A_{T1} + A_{T1}$$

$$A_T = 84003.197[m^2] + 880.833[m^2]$$

$$A_T = 84884.03[m^2]$$

Conforme los datos precedentes, existirá un área total de superficie ducto de 84884.03 metros cuadrados.

4.4.2.2 CALCULO DE LA DENSIDAD DE CORRIENTE.

El cálculo de la densidad de corriente está en función de la resistividad de terreno en el cual estará enterrada el Gasoducto Senkata-Caranavi-Coroico, en consecuencia, utilizaremos la siguiente ecuación:

$$D_c = 73.3 - 13.35 * \log \rho$$

Dc= Densidad de corriente para la protección catódica la tubería (Amp/m²)

P= Resistividad de corriente para la protección catódica de la tubería(Ω-cm)

$$D_c = 73.3 - 13.35 * \log \rho$$

$$D_c = 73.3 - 13.35 * \log 10497$$

$$D_c = 19.619 \left[\frac{mAmp}{m^2} \right]$$

Conforme los datos precedentes, existirá una densidad de corriente de 19.619 Amperios por metro cuadrado.

4.4.2.3 CALCULO DE CORRIENTE REQUERIDA.

El requerimiento de corriente para el sistema de protección catódica del Gasoducto Senkata-Caranavi – Coroico se calcula empleando la siguiente formula:

$$I_{RE} = D_C * A_T * A_D$$

A_T = Area total de la superficie del ducto [m²]

D_C = Densidad de corriente requerida para la protección catodica del ducto $\left[\frac{Amp}{m^2} \right]$

A_D = Porcentaje de acero expuesto por defecto en el revestimiento del ducto [%]

I_{RE} = Requerimiento de corrinete [Amp]

$$I_{RE} = D_C * A_T * A_D$$

$$I_{RE} = 0.019 \left[\frac{\text{Amp}}{\text{m}^2} \right] * 84884.03[\text{m}^2] * \frac{1.5}{100}$$

$$I_{RE} = 24.192[\text{Amp}]$$

Conforme los datos precedentes, existirá un requerimiento de corriente de 24.192 Amperios, para proteger catódicamente del Gasoducto Senkata-Caranavi-Coroico, durante 20 años de operación.

El porcentaje de área desnuda se considera en función a la recomendación establecidas en los manuales de Protección Catódica establecidos por NACE, donde establece que el porcentaje de la superficie desnuda en tuberías bien revestida es de al menos 2 órdenes de magnitud menos que el 1% desnudo, para el caso de acero revestido con Epoxy fundido, adicionalmente a este porcentaje se consideró un 0.5% de área desnuda como factor de seguridad, utilizando finalmente 1.5% de área desnuda en función al Área total.

4.4.3 SELECCIÓN DEL TIPO DE SISTEMA DE PROTECCIÓN CATÓDICA.

En el trayecto donde estará instalado el Gasoducto Senkata-Caranavi-Coroico existe líneas de mediana y alta tensión de corriente alterna, lo cual, representa una posible interferencia de corriente alterna.

Para poder contrarrestar esta posible interferencia de corriente AC, el sistema de protección catódica que puede cumplir con las dos funciones de proteger catódicamente y de mitigar las interferencias AC, es el de tipo galvánico, con lechos de ánodos distribuidos. Por lo tanto, utilizaremos ánodos de magnesio de 32 libras, distribuidos en tres posiciones.

4.4.3.1 CALCULO DE LA MASA ANÓDICA.

Para el cálculo de la masa anódica, utilizaremos la ecuación del libro de Peabody y en función de la corriente requerida se tiene el siguiente cálculo:

$$W_A = \frac{I_{RE} * T}{0.256 * U * E}$$

Ecuación del libro de Peabody, Donde:

I_{RE} = Corriente requerida desde [Amp]

T = Tiempo de vida sistema [20]

U = Factor de utilización de los ánodos [-]

E = Factor de eficiencia de los ánodos [-]

W_A = Consumo de masa en los ánodos para tiempo de diseño [Kg]

$$W_A = \frac{I_{RE} * T}{0.256 * U * E}$$

$$W_A = \frac{24.192 * 20}{0.256 * 0.85 * 1}$$

$$W_A = 2223.529 [Kg]$$

Conforme los datos precedentes, existirá un consumo de masa anódica de 2223.529 kilogramos, para proteger catódicamente del Gasoducto Senkata-Caranavi-Coroico, durante de 20 años de operación.

4.4.3.2 NUMERO DE ÁNODOS:

En función de la masa anódica requerida calcularemos la cantidad de ánodos de magnesio de 32 libras, utilizando la siguiente ecuación:

$$N_A = \frac{W_A}{W_I}$$

W_A = Consumo de masa en los ánodos para tiempo de diseño [Kg]

W_I = Peso del anodo individual 14.52 [Kg]

N_A = Numero de anodos

$$N_A = \frac{W_A}{W_I}$$

$$N_A = \frac{2223.529[Kg]}{14.52[Kg]}$$

$$N_A = 153.136$$

Conforme los datos precedentes, existirá 153.136 ≈154 piezas de ánodos de magnesio de 32 libras equivalentes a 14.52 kilogramos, para proteger catódicamente del Gasoducto Senkata-Caranavi-Coroico, durante de 20 años de operación.

Nota: La cantidad de Ánodos a instalar deberá ser un numero entero es por esta razón que se redondea al inmediato superior.

4.4.4 NORMAS Y CÓDIGOS DE REFERENCIA.

1. NACE SP-0169-13 “Control of external corrosion on underground or submerged metallic piping systems”.
2. NACE SP-286 “Electric isolation of cathodically protected pipelines”.
3. NACE TM-049 “Measurement techniques related to criteria for cathodic protection on underground or submerged metallic piping”.
4. NACE SP-0177 “Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems”.
5. ASTM G-57 “Standard methods for field measurement of soil resistivity using the Wenner four electrode method”.
6. PEABODY’S CONTROL OF PIPELINE CORROSION SECOND EDITION

CAPITULO 5 SIMULACIÓN DEL GASODUCTO LA PAZ-COROICO-CARANAVI

BAKER JARDINE, es la empresa que produce este simulador de sistemas analíticos conocidos como PIPEPHASE, dicho simulador fue diseñado específicamente para proveer soluciones a problemas de flujos en tuberías, obteniendo resultados puntuales de los mismos.

Este simulador posee la capacidad de lograr soluciones precisas de presiones y temperaturas a través de todo el arreglo incluyendo técnicas de análisis gráficos, las cuales son esenciales para el modelaje de diseños de pozos la optimización en los diseños complejos de sistemas de tuberías. (García, 2005)

5.1 SOFTWARE SIMULADOR PIPEPHASE

BAKER JARDINE, es la empresa que produce este simulador de sistemas analíticos conocidos como PIPEPHASE, dicho simulador fue diseñado específicamente para proveer soluciones a problemas de flujos en tuberías, obteniendo resultados puntuales de los mismos.

Este simulador posee la capacidad de lograr soluciones precisas de presiones y temperaturas a través de todo el arreglo incluyendo técnicas de análisis gráficos, las cuales son esenciales para el modelaje de diseños de pozos la optimización en los diseños complejos de sistemas de tuberías. (García, 2005)

5.1.1 APLICACIONES DEL SIMULADOR

Dentro de las posibles aplicaciones que el simulador ofrece se encuentran las siguientes acciones específicas:

- Modelaje del flujo multifásico a través de pozos y líneas de flujo.
- Análisis de pozos con altas presiones y altas temperaturas.
- Optimización del tamaño de las líneas de tuberías.
- Estudio de sistemas de tuberías y líneas de flujo aisladas.
- Análisis de redes.
- Generación de listado de presiones y temperaturas punto por punto. (García, 2005)

5.2 SOFTWARE DE SIMULACIÓN HYSYS

HYSYS, es uno de los simuladores de procesos más completos que existen en el mercado. Con este software se pueden crear rigurosos modelos en estado estable o estado dinámico para el diseño de una planta (a partir de un diseño conceptual), monitorear el rendimiento, solución de problemas y mejorar las operaciones.

Con el paquete HYSYS, los ingenieros solo necesitan desarrollar un modelo simple de procesos a partir de un diseño conceptual, para mejorar los diseños, optimizar la producción y agilizar la toma de decisiones. Permite la integración de operaciones unitarias, reacciones y paquetes de propiedades y la integración de otras aplicaciones para crear un programa híbrido. El simulador es útil para maximizar los beneficios de nuevos diseños y mejorar las operaciones existentes asegurando que los equipos estén trabajando sobre especificaciones. (Luque R., 2005)

5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL SIMULADOR HYSYS

HYSYS es una herramienta que modela procesos para simulación en estado estacionario, diseño, supervisión de funcionamiento, optimización y planificación para negocios de producción de crudo, industrias de procesamiento de gas natural y refinación de petróleo. Proporciona una solución en modelos de procesos intuitiva e interactiva que permite crear los modelos en estado estacionario para diseño de una planta, supervisión de funcionamiento, localización de averías en otros.

Algunas características del simulador de proceso HYSYS son:

- **Ambiente fácil de utilizar en Windows:** El pdf (diagrama de flujo de procesos) suministra una representación gráfica clara y concisa del diagrama de proceso. Incluyendo características productivas tales como: copiar, cortar, pegar, auto conexión, entre otro.
- **Extensos fundamentos termodinámicos:** Asegura el cálculo exacto de propiedades físicas, propiedades de transporte y del comportamiento de fases para procesos de la industria del gas y la refinación del petróleo. Contiene una extensa base de datos de componentes y la capacidad de agregar más componentes para ser utilizados.
- **Comprensión de las operaciones:** unitarias, incluye la destilación, reacciones, operaciones de transferencia de calor, equipos rotativos, operaciones lógicas en estado estacionario y ambiente dinámico.
- **Diseño y clasificación detallada de los intercambiadores de calor:** Los usuarios opcionales pueden vincularse a las herramientas rigurosas del diseño y clasificación de los intercambiadores de calor, tales como: intercambiadores de tubo y carcasa, intercambiadores de pasos múltiples y enfriadores de aire.
- **Evaluación económica de diseño de procesos:** los modelos de simulación de HYSYS pueden realizar evaluaciones económicas para gerencias de proyectos de diseño de procesos. Esta tecnología es útil para operaciones unitarias, costo de los equipos y del proceso.

Los modelos de simulación HYSYS agilizan el proceso por anticipado en trabajos de ingeniería. Este proceso da lugar al incremento en la eficiencia de ingeniería, calidad de tiempo del ciclo del proyecto reducido. HYSYS concede la flexibilidad máxima y el poder a sus usuarios para poder utilizar una arquitectura abierta que permita capacidades específicas a la industria para ser fácilmente añadidas por su proveedor o terceros. El simulador HYSYS ayuda a la industria del proceso a mejorar la productividad y la rentabilidad a través del ciclo de vida de la planta.

Las aplicaciones en tiempo real y el acercamiento integrado a las soluciones de ingeniería permitiendo a las industrias mejorar diseños, optimizar la producción y mejoras de decisiones para la fabricación. (Luque R., 2005)

5.3 SOFTWARE SIMULACIÓN PIPESIM

El simulador de Pipesim trabaja con flujo multifásico ya sea en flujo continuo o estacionario para el diseño, análisis y diagnóstico de los sistemas de de petróleo y gas. Pipesim te permite un análisis de sensibilidad de cualquier variable ya sea en la entrada y salida en cualquier nodo de los mismos

Network Analysis

Este módulo permite combinar los modelos de tuberías y pozos en un simulador de red. Proporciona una solución algorítmica para redes complejas que incluyen sistemas de recolección y distribución con intersecciones, líneas paralelas, entre otros. Además, permite integrar sistemas de producción e inyección dentro del mismo modelo.

Los modelos se establecen a través de ecuaciones basadas en Leyes Fundamentales:

- Continuidad (Balance de Materia)
- Balance de Energía
- Balance de Cantidad de Movimiento
- Ecuaciones de Transporte
- Ecuaciones de Estado
- Equilibrio
- Actividad

5.4 ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SOFTWARE PARA LA LÍNEA DE RECOLECCIÓN

Para la selección del software se tomarán en cuenta las características de los softwares para la simulación como para el diagrama como se puede observar en la siguiente tabla.

TABLA 34: DIFERENCIAS ENTRE HYSYS Y PIPESIM

CARACTERISITICAS	SOFTWARE	
	HYSYS	PIPEPHASE
Eficiencia	Excelente	Buena
Paquete de fluidos	Adecuado a procesos	No adecuado
Simulación de tuberías	Media	Excelente
Modelado de procesos	Buena	Regular

Fuente: Elaboración propia., 2015

El software de simulación PIPEPHASE, es el seleccionado porque es una herramienta informática que permite diseñar o modelar tuberías y se adecua a los requerimientos que se necesitan para poder realizar la simulación de la línea, cuenta con el paquete de fluidos adecuados cuenta con una eficiencia alta en la simulación de la línea de recolección.

5.5 SIMULACIÓN DE LA LÍNEA DE RECOLECCIÓN CON EL SOFTWARE PIPEPHASE

Con la finalidad de obtener valores más precisos y reales de las caídas de presión que se presentan en la tubería. Este software permite efectuar análisis sobre cualquier variable del sistema y representa gráficamente el flujo de entrada y de salida, proporcionando una manera de entender dónde pueden residir sus oportunidades de mejoramiento de la producción y transporte del fluido entre otra operación.

5.5.1 DATOS DE ENTRADA

Para el uso del simulador se procederá a introducir los datos que se necesita para el cálculo del proceso.

TABLA 35: COMPOSICIÓN INICIAL

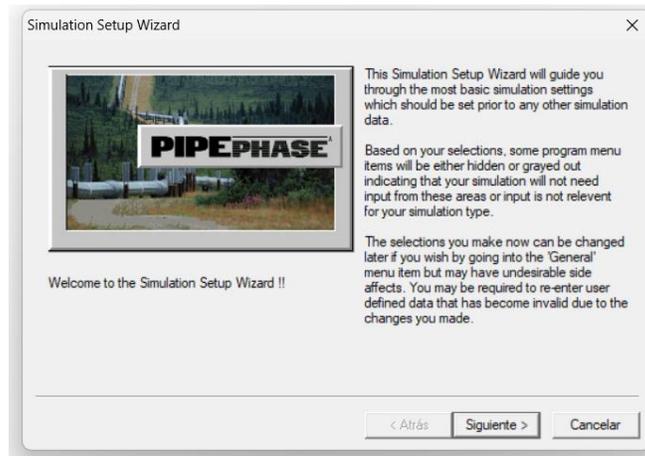
Componente	Formula	(%molar)	Fracción molar $Y_i = \%$ molar/100
Nitrógeno	N2	1.85	0.0185
Dióxido de carbono	CO2	0.941	0.00941
Metano	C1	92.316	0.92316
Etano	C2	4.502	0.04502
Propano	C3	0.349	0.00349
Iso - butano	iC4	0.002	0.00002
Normal butano -	nC4	0.01	0.0001
Iso - pentano	iC5	0.005	0.00005
Normal pentano -	nC5	0.007	0.00007
Hexano	C6	0.003	0.00003
Heptano	C7+	0.015	0.00015
	TOTAL	100	1

Fuente: Elaboración propia, 2024

5.6 MANEJO Y SIMULACIÓN EN PIPEPHASE

Apenas entrar al simulador nos aparecerá una ventana previa que nos indica que se debe tener datos previos, en esta ventana simplemente damos click en next como se muestra la siguiente figura.

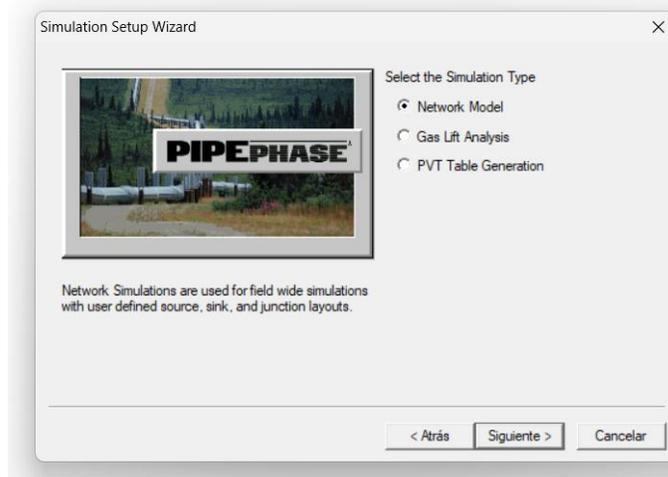
FIGURA 121: PRIMERA VENTANA DEL SIMULADOR PIPEPHASE



Fuente: elaboración propia, 2024

En la siguiente ventana nos pide el tipo de simulación nos da tres opciones el cual seleccionamos “NETWORK MODEL” el cual nos sirve para transporte de fluidos, como se muestra en la siguiente figura.

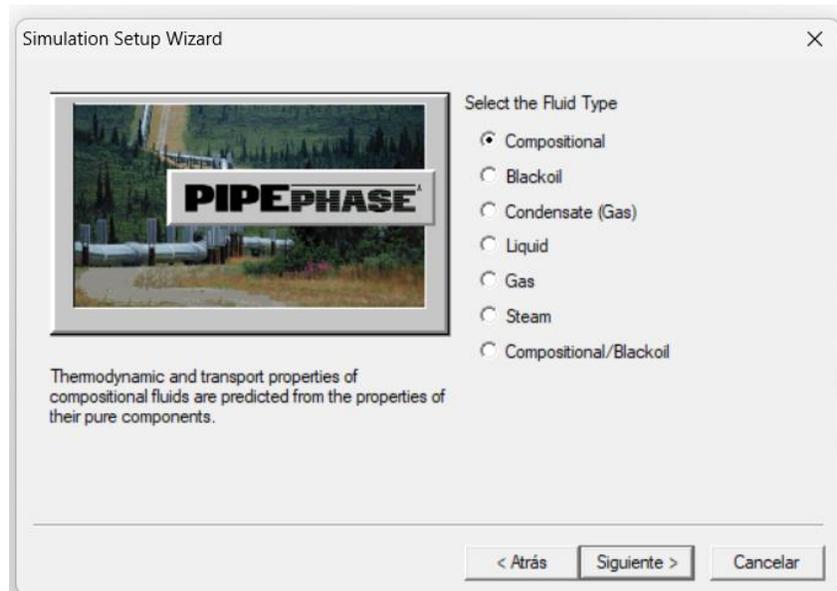
FIGURA 122: TIPO DE SIMULACIÓN EN PIPEPHASE



Fuente: elaboración propia, 2024

En la siguiente ventana nos pide el tipo de fluido el cual nosotros vamos a simular existe diversas opciones, pero nosotros tenemos la composición es por eso que le daremos click en “COMPOSITIONAL” si tuviéramos algunos datos del gas como se gravedad específica y otro parámetro más pondríamos la opción GAS como muestra la siguiente figura.

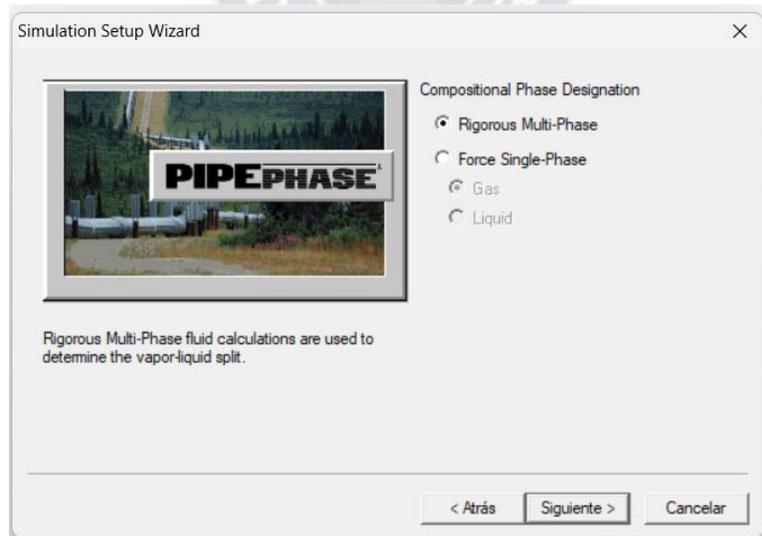
FIGURA 123: TIPO DE FLUIDO EN PIPEPHASE



Fuente: elaboración propia, 2024

En la siguiente figura nos pide en qué fase estará nuestro gas, nosotros seleccionaremos “RIGOROUS MULTI-PHASE” El cual dejamos que el simulador vea si en algún tramo cambia de fase, mientras la segunda opción fuerza a una fase que nosotros le designemos

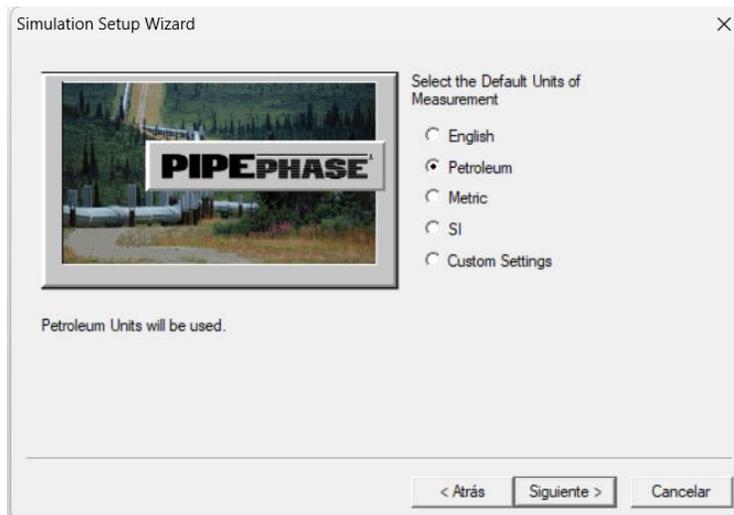
FIGURA 124: DESIGNACIÓN DE FASE DEL FLUIDO



Fuente: elaboración propia, 2024

En la siguiente figura se muestra una ventana el cual nos pide que tipo de unidades vamos a usar en nuestro caso usaremos unidades petroleras para nuestra comodidad.

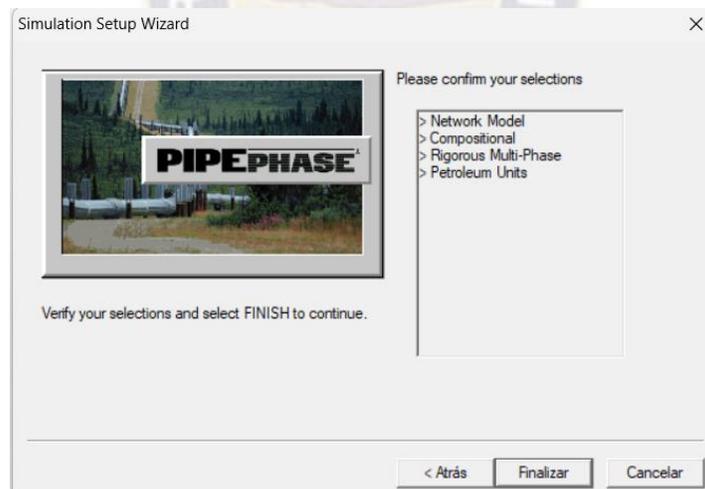
FIGURA 125: SELECCIÓN DE UNIDADES EN PIPEPHASE



Fuente: elaboración propia, 2024

En la siguiente figura muestra un resumen de todas las selecciones optadas, en este caso nos pide una confirmación el cual simplemente le damos click en “FINALIZAR”

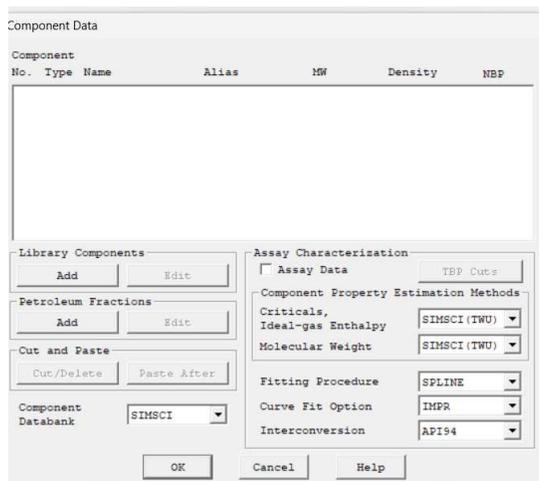
FIGURA 126: RESUMEN DE DATOS DE TIPO DE SIMULACIÓN



Fuente: elaboración propia, 2024

En la siguiente figura nos muestra una ventana el cual nos da la opción de añadir los componentes y añadir su porcentaje como primer paso en esta ventana le damos click en “ADD” en library components

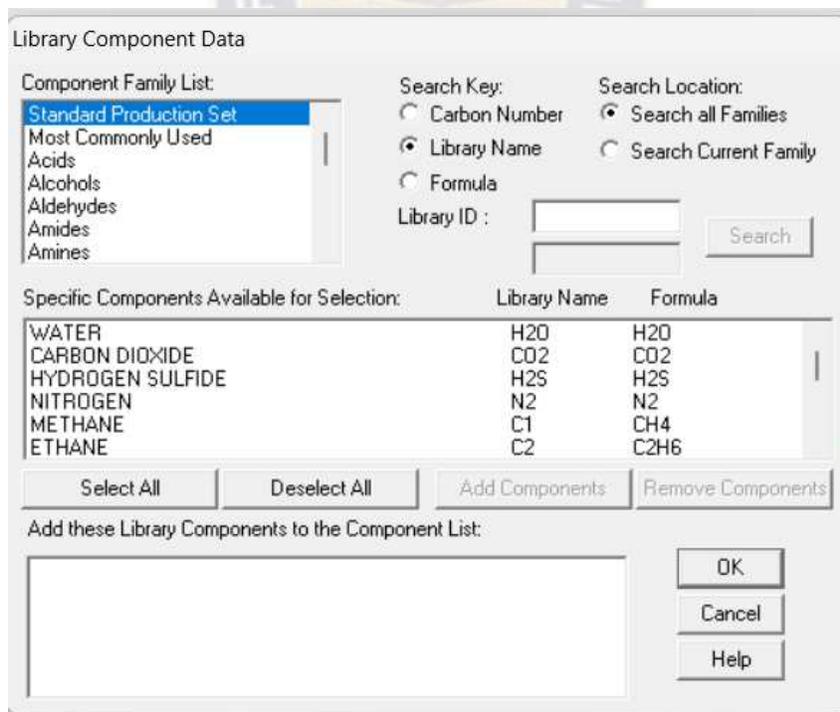
FIGURA 127: AÑADIR COMPOSICIÓN DEL GAS EN PIPEPHASE



Fuente: elaboración propia, 2024

Una vez dado click en add en libray components se abre la siguiente ventana el cual seleccionamos los componentes deseados con doble click, una vez seleccionados estos componentes se moverán a la parte inferior como muestra la siguiente figura.

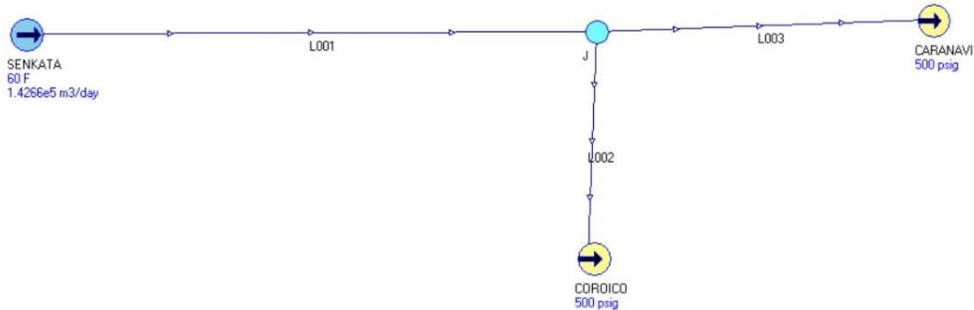
FIGURA 128: COMPUESTOS AÑADIDOS A PIPEPHASE



Fuente: elaboración propia, 2024

Luego se le da “OK”, ya después se lo pondrá fuentes y descargas y join (que son nodos que unen las líneas) como se muestra la siguiente imagen y sus respectivos nombres y datos iniciales correspondientes.

FIGURA 129: ESQUEMA FINAL DE LA SIMULACIÓN



Fuente: elaboración propia, 2024

5.7 Resultados de Pipephase.

En el siguiente resultado muestra la simulación realizada por el programa Pipephase.

```

Solution History

R
PIPEPHASE Pipeline Network Design VERSION 2021 - INPUT MODULE

=====
===

*** SCANNING
GENERAL DATA
METHODS DATA
PROPERTY DATA
STRUCTURE DATA

END OF PRE-PROCESSING -- NO ERRORS
R
PIPEPHASE Pipeline Network Design VERSION 2021 - CROSS CHECKING
MODULE

=====
=====

*** CHECKING
GENERAL DATA
PROPERTY DATA
  
```

STRUCTURE DATA
CASE STUDY DATA
PVTG DATA
METHODS DATA

*** INPUT REPRINT
GENERAL DATA
GENERAL DATA
METHODS DATA
STRUCTURE DATA
NETWORK DATA

*** FORMATTING DATA

END OF INPUT PROCESSING -- NO ERRORS
-- NO WARNINGS

END OF INPUT CROSS-CHECKING -- NO ERRORS.

R

PIPEPHASE Pipeline Network Design VERSION 2021 - CALCULATION
MODULE

=====
=====

ITERATION NUMBER 0.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT
IMBALANCE	NAME	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)
	NODE	NODE			
	L001	SENK J	142660.252	1400.00	1766.09
	L003	J CARA	49392.629	1766.09	1839.32
	L002	J CORO	93267.623	1766.09	1688.10
					1188.097
					1339.313
					1188.097
					1339.3125735 (PSIG)
					AT NODE
					CARA
					1265.9646686 (PSIG)

ITERATION NUMBER 1.0

ITERATION NUMBER 1.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT	
NAME	NODE	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)	
L002	J	CORO	-108544.916	500.00	505.67	
L001	SENK	J	142660.252	476.10	469.51	
L003	J	CARA	251205.168	505.67	157.65	
MAX PRESSURE IMBALANCE =					-342.3498645 (PSIG)	AT NODE

CARA

RMS AVERAGE PRESSURE IMBALANCE = 243.4238786 (PSIG)

ITERATION NUMBER 2.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT	
NAME	NODE	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)	
L002	J	CORO	-61953.649	500.00	515.00	
L001	SENK	J	142660.252	505.98	516.95	
L003	J	CARA	204613.901	515.00	344.11	
MAX PRESSURE IMBALANCE =					-155.8944450 (PSIG)	AT NODE

CARA

RMS AVERAGE PRESSURE IMBALANCE = 110.2425968 (PSIG)

ITERATION NUMBER 3.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT	
NAME	NODE	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)	
L002	J	CORO	-2205.899	500.00	519.59	
L001	SENK	J	142660.252	510.33	523.72	
L003	J	CARA	144866.151	519.59	453.81	
MAX PRESSURE IMBALANCE =					-46.1914159 (PSIG)	AT NODE

CARA

RMS AVERAGE PRESSURE IMBALANCE = 32.7925594 (PSIG)

ITERATION NUMBER 4.0

ITERATION NUMBER 4.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT
NAME	NODE	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)

L001 SENK J 142660.252 507.85 519.85
 L003 J CARA 108754.557 519.85 492.48 -7.524
 L002 J CORO 33905.695 519.85 498.88 -1.128
 MAX PRESSURE IMBALANCE = -7.5241076 (PSIG) AT NODE

CARA

RMS AVERAGE PRESSURE IMBALANCE = 5.3798550 (PSIG)

ITERATION NUMBER 5.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT	
IMBALANCE	NAME	NODE	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)

L001	SENK	J	142660.252	508.93	521.54
L003	J	CARA	102418.477	521.54	499.76 -0.241
L002	J	CORO	40241.775	521.54	499.96 -0.041
MAX PRESSURE IMBALANCE =					-0.2414379 (PSIG) AT NODE

CARA

RMS AVERAGE PRESSURE IMBALANCE = 0.1731146 (PSIG)

ITERATION NUMBER 6.0

LINK	FROM	TO	FLOW RATE	PRESSURE IN	PRESSURE OUT	
IMBALANCE	NAME	NODE	NODE	(M3/D)	(PSIG)	(PSIG)

L001	SENK	J	142660.252	508.97	521.60
L003	J	CARA	102209.680	521.60	500.00 -0.001
L002	J	CORO	40450.572	521.60	500.00 0.000
MAX PRESSURE IMBALANCE =					-0.0011844 (PSIG) AT NODE

CARA

RMS AVERAGE PRESSURE IMBALANCE = 0.0008382 (PSIG)

 PBAL SOLUTION CONVERGED AFTER 6 ITERATIONS

***** PROBLEM SOLUTION REACHED *****

END OF NETWORK PROCESSING -- NO ERRORS
 -- 3 WARNINGS

*** BASE CASE SOLVED ***

*** NETWORK SIMULATION SOLVED

CALCULATION STARTED 22:29:42 08/07/24

CALCULATION FINISHED 22:29:42 08/07/24

CALCULATION RUN TIME 0 HR 0 MIN 0 SEC

NETWORK SIMULATION SOLVED

Fuente: Elaboración propia, Pipephase 2020



CAPITULO 6 INGENIERÍA DE COSTOS Y EVALUACIONES

6.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

Para determinar la evaluación técnica del proyecto se toman en cuenta varios aspectos, como herramientas, materiales, maquinarias, equipos y recursos humanos que son necesarios para la implementación del proyecto.

6.1.1 EQUIPOS

Se realizará la descripción de las especificaciones de los equipos más importantes con que cuenta la línea del GAA hacia Caranavi - Coroico. Las válvulas, tuberías serán importadas por la empresa Carlos Caballero, así como la construcción y el montaje de la línea de recolección. Carlos Caballero SRL cuenta con una sucursal en Santa Cruz, esta empresa trabaja prestando servicios a YPFB CHACO.

A continuación, se muestran la descripción de las características de los equipos principales en la tabla siguiente:

TABLA 36: MATERIALES, EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA LA INSTALACIÓN DE LA LÍNEA DE RECOLECCIÓN

MATERIALES, EQUIPOS Y MAQUINARIA	IMAGEN	DISPONIBILIDAD		DESCRIPCIÓN	EMPRESA
		Nacional	Importado		
Tubería de acero			✓	Material: Acero al carbono. Diámetro nominal: 4 Y 6 Pulg	COPPERMENT AL (con representación en Usa)
Madera para el acopio			✓	Deben estar en 3 apoyos equidistantes.	FIBERSPAR  (con representación en Argentina)

<p>componentes Conexiones y acoples</p>		<p>✓</p>	<p>✓</p>	<p>Acople de acero inoxidable de 6 pulgadas con bridas ANSI 1500 tipo RJ</p>	<p>FIBERSPAR (F) (con representación en Argentina)</p>
<p>Válvula de Globo</p>		<p>✓</p>	<p>✓</p>	<p>Válvula unidireccional que controla y regula el caudal de un fluido. Especificaciones básicas del producto: Válvula de acero, con extremos Bridados, Roscados. Series 150 a 2500.</p>	<p> (Santa Cruz)</p>
<p>Válvulas check</p>		<p>✓</p>	<p>✓</p>	<p>Especificaciones básicas del producto: Válvula de acero, con extremos Bridados, Roscados, Diseños API 594 / API 6D, series 150 a 2.500.</p>	<p> (Santa Cruz)</p>
<p>Camión grúa de 3 toneladas</p>		<p>✓</p>	<p>✓</p>	<p>Marca Nissan Color exterior: blanco Combustible: diésel Largo: 12,5 metros Ancho: 5 metros</p>	<p> (Santa Cruz)</p>

retroexcavadora		✓		Modelo: T-850 Motor: CAT 310 HP Color: amarillo	 (Santa Cruz)
Generador de luz		✓		Potencia: 900 Watts Motor: 2HP Voltaje: 120 Volts Trabajo de horas: 8 horas	 (Santa Cruz)
Transporte		✓		Largo: 8 metros Ancho: 3,5 metros Capacidad: 25 personas	 (Santa Cruz)
Alquiler de carpa		✓		Material: poliéster Largo: 20 metros Ancho: 14 metros	 (Santa Cruz)

Fuente: YPFB Chaco ,2015.

A continuación, se realizará la descripción de los equipos maquinaria y materiales mostrada en la tabla anterior.

Tubería de acero al carbono: Para el transporte de Gas Natural.

Madera para acopiar los caños: Permite sostener y apilar la tubería sosteniéndola de la base.

Válvula globo: Válvula unidireccional que controla y regula el caudal de un fluido.

Válvula check: Permite el paso del fluido en una sola dirección evitando así un regreso inapropiado en el momento del transporte.

Camión con grúa de 3 toneladas: Los camiones para el transporte y el tendido de las tuberías desde la instalación del pozo hasta la planta de Carrasco.

Retroexcavadora: Máquina para hacer o canales para tuberías.

Generador de luz: Sirve para la energía eléctrica y alumbrado para todo el campamento y para las instalaciones de tubería.

Transporte: Los micros para el transporte de personal de trabajo con una capacidad máxima de 25 personas.

Alquiler de carpa: Para todo el campamento del personal de trabajo.

6.1.2 RECURSOS HUMANOS

Se describe los recursos humanos más importantes que se requerirá para la instalación de la línea. En la siguiente Tabla se observa los diferentes tipos de mano de obra necesarios para el presente proyecto serán profesionales que se encuentran en el medio nacional.

TABLA 37: RECURSOS HUMANOS

RECURSOS HUMANOS	CANTIDAD	FORMACIÓN+	EXPERIENCIA
Ing. Gerente de proyectos	1	Ingeniero petrolero	10 años
Superintendente de obra	1	Ingeniero Petrolero	5 años
Inspector de Medio Ambiente	1	Ingeniero Ambiental	3 años
Ing. de obras civiles	1	Ingeniero civil	3 años

Administrador de obra	1	Licenciatura Administración	5 años
Supervisor Mecánico	2	Ingeniero Mecánico	3 años
Almacenero de obra	1	Técnico en administración	3 años
Instrumentista	1	Ingeniero eléctrico	5 años
Topógrafo	1	Ingeniero topógrafo	5 años
Obreros	12	Albañiles	2 años

Fuente: Elaboración propia en base a YPFB Chaco, 2015

De acuerdo a la descripción realizada de los diferentes equipos y personal que se requerirá, se puede concluir que los equipos para la línea de recolección serán importados por las empresas que se encuentran en el país. Por tal motivo el presente proyecto es viable técnicamente, ya que contamos con la disponibilidad a nivel nacional y se podrá implementar la línea de recolección para el transporte de gas.

A continuación, se realizará la descripción de los recursos humanos que es mostrada en la anterior tabla.

Ingeniero Gerente de proyecto: responsable total de la planificación y ejecución de un determinado proyecto.

Superintendente de obra: encargado de la ejecución de las obras.

Inspector de medio ambiente: se encarga de realizar fichas ambientales para la construcción de la línea de recolección y fuentes de contaminación, ejecutando análisis, investigación, evaluación del mismo y promover su protección.

Ingeniero de obras civiles: satisfacer necesidades sociales, mediante la planificación, elaboración de proyectos y diseños de obras del tipo estructural, hidráulico y vial, fundamentalmente.

Administrador de obra: se encarga de toda la planificación y organización para realizar la obra.

Supervisor de obras mecánicas: se encarga de toda la instalación de la tubería para el transporte de Gas Natural.

Almacenero de obra: se encarga de todo el material para la construcción de la obra.

Instrumentista: se encarga de instrumentos de control más esenciales para la línea de recolección.

Topógrafo: se encarga de realizar el perfil topográfico del dicho lugar y delimitar la zanja para la tubería.

Obreros: se encargan de realizar los trabajos durante la construcción de la línea de recolección.

Inspector de soldadura: se encargan de realizar las inspecciones en las juntas de soldadura, el inspector debe ser certificado por la AWS nivel II.

Soldador 6G: se encargan de realizar los trabajos en soldadura con arco en las juntas de la línea.

Especialista en Gammagrafía: Se encarga de hacer radiografía a las juntas con el método de gammagrafía impresas en plaquetas y luego reveladas.

6.2 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para la Evaluación Económica debido a las características del proyecto se tomó los siguientes aspectos:

El estudio de costos es una de las etapas centrales del proyecto, ya que este tendrá un impacto importante en la rentabilidad del proyecto. A continuación, se detalla los costos para la implementación de dicho proyecto. Los costos de instalación, equipos, maquinarias y materiales para la construcción de la línea de recolección se detallan a continuación en base en las planillas económicas proporcionadas por la empresa de servicios CONATROL SRL. Y YPFB.

6.2.1 COSTOS DE OBRAS CIVILES

Los costos de todas las obras civiles tienen una gran importancia en cuanto al presupuesto, por lo que se detallará en las siguientes tablas:

TABLA 38: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE OBRAS CIVILES DEL GASODUCTO

OBRAS CIVILES - GASODUCTO		Unidad de medida	Precios unitarios (Bs)	Cantidad	Importe total (Bs)
1	INSTALACIÓN DE FAENAS, PROVISIÓN Y COLOCADO DE LETREROS DE OBRA	GLB	146,779.00	1.00	146,779.00
2	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPO, MATERIAL, HERRAMIENTAS Y PERSONAL	GLB	95,541.62	1.00	95,541.62
3	ELABORACIÓN DE PLANOS AS BUILT	GLB	10,711.79	1.00	10,711.79
4	LIMPIEZA Y RETIRO DE ESCOMBROS	GLB	60,134.56	1.00	60,134.56
5	REPLANTEO Y TRAZADO TOPOGRÁFICO DE LA LINEA	M	2.62	161,000.00	421,820.00
6	EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO SEMIDURO A DURO	M3	57.74	58,197.85	3,360,343.86
7	EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO ROCOSO	M3	117.58	51,015.50	5,998,402.49
8	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA CERNIDA S/PROVISIÓN	M3	50.49	20,299.16	1,024,904.59
10	RELLENO Y COMPACTADO DE ZANJA CON TIERRA COMÚN	M3	43.79	1,398.36	61,234.18
14	LASTRADO DE TUBERÍA	M3	2,783.25	757.68	2,108,812.86
15	PROVISIÓN Y COLOCADO DE SEÑALIZACIÓN VERTICAL	PZA	892.46	128.00	114,234.88
16	PROVISIÓN Y COLOCADO DE CINTA DE SEÑALIZACIÓN	M	1.78	15,500.00	27,590.00
TOTAL					13,430,509.83

Fuente: Elaboración propia en base a YPFB, 2015

TABLA 39: ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE OBRAS CIVILES DE MANIFOLD

OBRAS CIVILES CASETA MANIFOLD		Unidad de medida	Precios unitarios (Bs)	Cantidad	Importe total (Bs)
1	EXCAVACIÓN DE TERRENO SEMIDURO A DURO	M3	57.74	3.24	187.08
2	HORMIGÓN POBRE DOSIFICACION 1:5:5 BASE DE E = 5CM	M2	141.59	6.03	853.79
3	CIMENTOS DE H°C°	M3	843.53	3.38	2,851.13
4	SOBRECIMENTOS DE H°C°	M3	1,568.19	1.05	1,646.60
5	PUERTA METÁLICA	M2	667.46	2.10	1,401.67
6	VENTANA DE ALUMINIO	M2	608.14	0.70	425.70
7	MURO DE LADRILLO E=12CM	M2	335.42	36.72	12,316.62
8	IMPERMEABILIZACIÓN DE SOBRECIMENTOS	M	35.94	14.00	503.16
9	VIGA CADENA DE H°A°	M3	4,888.27	0.94	4,594.97
10	BOTAGUAS DE H°A° PARA VENTANAS	M	199.16	1.40	278.82
11	LOSA UNIDIRECCIONAL H°A° H-25 C/PLASTOFORMO	M2	439.18	21.16	9,293.05
12	EMPEDRADO Y PISO DE CEMENTO E = 0.05 M	M2	202.99	12.25	2,486.63
13	REVOQUE INTERIOR DE YESO	M2	144.55	52.43	7,578.76
14	PINTURA LATEX INTERIOR	M2	46.03	52.43	2,413.35
15	REVOQUE EXTERIOR DE CEMENTO INC. FILOS	M2	260.34	40.72	10,601.04
16	PINTURA LATEX EXTERIOR	M2	52.28	40.72	2,128.84
TOTAL POR UNIDAD					59,561.21
TOTAL					476,489.68

Fuente: Elaboración propia en base a YPFB Chaco, 2015

TABLA 40: ESTIMACIÓN DE OBRAS DE ADECUACIÓN PARA MANIFOLD

OBRAS DE ADECUACION PARA MANIFOLD		Unidad de medida	Precios unitarios (Bs)	Cantidad	Importe total (Bs)
1	REPLANTEO Y TRAZADO DE SUPERFICIE	M2	5.25	357.00	1,874.25
2	RELLENO, NIVELACIÓN Y COMPACTADO DE TERRENO ÁREA MANIFOLD Y ACCESO	M2	198.86	248.50	49,416.71
3	EXCAVACIÓN DE TERRENO SEMIDURO A DURO	M3	57.74	35.42	2,045.15
4	HORMIGÓN POBRE DOSIFICACIÓN 1:5:5 BASE DE E = 5CM	M2	141.59	91.52	12,958.32
5	LOSA DE HORMIGÓN ARMADO	M3	3,156.77	23.06	72,795.12
6	CIMENTOS DE H°C°	M3	843.53	15.17	12,796.35
7	SOBRECIMENTOS DE H°C°	M3	1,568.19	5.69	8,923.00
8	IMPERMEABILIZACIÓN DE SOBRECIMENTOS	M	35.94	63.20	2,271.41
9	CORDONES DE HORMIGÓN	M	213.17	145.40	30,994.92
10	CONSTRUCCION DE ACERA	M2	269.56	141.40	38,115.78
11	PROVISIÓN, RELLENO Y COMPACTADO DE CAPA BASE	M3	212.82	7.11	1,513.15
12	CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO RÍGIDO	M2	316.25	28.44	8,994.15
13	PROVISIÓN Y COLOCADO DE GRAVA	M3	200.67	22.54	4,523.10
14	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE MALLA PERIMETRAL	M2	254.08	161.00	40,906.88
15	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE ALAMBRE DE PÚAS	M	57.52	68.00	3,911.36
16	PROVISIÓN Y COLOCADO DE PUERTA ENMALLADA	M2	816.24	10.80	8,815.39
17	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE LETREROS DE SEÑALIZACIÓN INDUSTRIAL Y EQUIPO DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS PARA MANIFOLD	GLB	4,756.40	1.00	4,756.40
18	ZAPATAS DE HORMIGÓN ARMADO	M3	3,329.01	2.30	7,656.72
19	COLUMNAS DE HORMIGÓN ARMADO	M3	4,560.67	1.19	5,427.20
20	ESTRUCTURA METALICA P/PORTICO MANIFOLD 80 X 40 X 15 X 2	KG	77.71	730.85	56,794.35
21	ESTRUCTURA METALICA P/PORTICO MANIFOLD CORREAS 80 X 40 X 15 X 2	KG	78.82	250.20	19,720.76
22	CUBIERTA DE CALAMINA GALVANIZADA	M2	190.61	153.62	29,281.51
23	CUMBRERA DE CALAMINA PLANA	M	119.58	17.30	2,068.73
24	CANALETA DE CALAMINA	M	169.66	34.60	5,870.24
25	BAJANTE DE CALAMINA PLANA	M	117.59	7.04	827.83
26	CÁMARA DE DRENAJE PARA MANIFOLD	PZA	2,167.47	2.00	4,334.94
TOTAL POR UNIDAD					437,593.72
TOTAL					3,500,749.76

Fuente: Elaboración propia en base a YPFB, 2015

TABLA 41: ESTIMACIÓN DE OBRAS DE ADECUACIÓN PARA CORRALITO

OBRAS DE ADECUACIÓN PARA CORRALITO		Unidad de medida	Precios unitarios (Bs)	Cantidad	Importe total (Bs)
1	REPLANTEO Y TRAZADO DE SUPERFICIE DE CORRALITO	M2	5.25	40.79	214.15
2	RELLENO, NIVELACIÓN Y COMPACTADO DE TERRENO ÁREA CORRALITO Y ACCESO	M2	198.86	40.79	8,111.50
3	EXCAVACIÓN DE ZANJA TERRENO SEMIDURO A DURO	M3	57.74	36.39	2,101.16
4	LOSA DE H"A", H-25	M3	3,994.21	4.62	18,453.25
5	CIMENTOS DE H°C° 60% PIEDRA DESPLAZADORA	M3	825.07	6.55	5,404.21
6	SOBRECIMENTOS DE H°C° 60% PIEDRA DESPLAZADORA	M3	1,559.71	3.41	5,318.61
7	LOSA DE PAVIMENTO RIGIDO (H = 0.20 M) INC. INCLUYE PASA JUNTAS, BARRA DE AMARRE Y CAPA SUB BASE	M2	846.64	3.64	3,081.77
8	CORDON DE ACERA DE H°S° 0.50 X 0.20	M	213.17	42.40	9,038.41
9	PROVISIÓN Y COLOCADO DE RIPIO	M3	187.83	2.20	413.23
10	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE MALLA GALVANIZADA HEXAGONAL INC. POSTES PREFABRICADOS	M2	193.21	57.33	11,076.73
11	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE ALAMBRE DE PÚAS	M	57.52	29.00	1,668.08
12	ZAPATAS DE H"A° H-25 (TIPO 1)	M3	3,604.06	0.28	1,009.14
13	COLUMNAS DE H"A° H-25 (TIPO 1)	M3	4,560.67	0.35	1,596.23
14	ZAPATAS DE H"A° H-25 (TIPO 2)	M3	3,407.60	0.12	408.91
15	COLUMNAS DE H"A° H-25 (TIPO 2)	M3	4,246.33	1.51	6,411.96
16	ESTRUCTURA METALICA P/PORTICO CORRALITO 80 X 40 X 15 X 2	KG	77.71	169.02	13,134.54
17	ESTRUCTURA METALICA P/PORTICO CORRALITO CORREAS 80 X 40 X 15 X 2	KG	78.82	124.43	9,807.57
18	CUMBRERA DE CALAMINA PLANA N°28	M2	126.07	7.60	958.13
19	PROVISION E INSTALACION DE CANALETA DE CALAMINA N° 28	M	109.24	15.20	1,660.45
20	PROVISION E INSTALACION BAJANTE PLUVIAL CALAMINA N° 28 INCLUYE ACCESORIOS	M	104.60	5.20	543.92
21	PROVISION E INSTALACION REJILLA FLEXIBLE PROTECTORA P/BAJANTE DN 100 MM	PZA	104.29	2.00	208.58
22	IMPERMEABILIZACION DE SOBRECIMENTOS	M	35.94	27.30	981.16
23	PROVISIÓN Y COLOCADO DE PUERTA MALLA GALVANIZADA HEXAGONAL ACCESORIOS	M2	674.61	5.04	3,400.03
24	ACERA DE H°S° DE E = 0,40 M INCLUYE EMPEDRADO	M2	199.30	35.10	6,995.43
25	CUBIERTA CALAMINA TRAPEZOIDAL GALV. Y PINTADA N°28	M2	198.90	39.42	7,840.64
26	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE LETREROS DE SEÑALIZACIÓN INDUSTRIAL PARA CORRALITO	GLB	4,756.40	1.00	4,756.40
TOTAL POR UNIDAD					124,594.19
TOTAL					1,993,507.04

Fuente: Elaboración propia en base a YPFB, 2015

6.2.2 ESTIMACIÓN DE COSTOS DE INGENIERÍA Y SERVICIOS

Son los costos de ingeniería y servicios para la instalación de la línea de recolección que se va a requerir para poder llevar a cabo el proyecto, los cuales se detallan en las siguientes tablas:

TABLA 42: ESTIMACIÓN DE COSTOS DE OBRAS MECÁNICAS DEL GASODUCTO

OBRAS MECÁNICAS - GASODUCTO		Unidad de medida	Precios unitarios (Bs)	Cantidad	Importe total (Bs)
1	CARGUÍO, TRANSPORTE Y DESCARGUÍO DE TUBERÍA Y ACCESORIOS	TN	382.15	1,996.80	763,077.12
2	CURVADO DE TUBERÍA	PZA	763.07	1,248.00	952,311.36
3	DESFILE Y BAJADO DE TUBERÍA	M	12.93	335.40	4,336.72
6	CORTE Y BISELADO DE TUBERÍA	PTO	115.20	1,392.00	160,358.40
7	PROVISIÓN E INSTALACION DE VALVULAS Y ACCESORIOS CORRALITO	GLB	625,866.96	1.00	625,866.96
8	PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE VÁLVULAS Y ACCESORIOS MANIFOLD	GLB	756,227.61	1.00	756,227.61
9	SOLDADURA DE TUBERÍA	JUNTA	421.21	5,352.00	2,254,315.92
10	SOLDADURA A TOPE DE ACCESORIOS	JUNTA	333.89	576.00	192,320.64
12	SOLDADURA A FILETE DE ACCESORIOS (THREAOLET, WELDOLET Y SOCKOLET)	JUNTA	295.70	224.00	66,236.80
13	END POR RADIOGRAFÍA DE JUNTAS SOLDADAS	JUNTA	200.87	576.00	115,701.12
15	END POR TINTAS PENETRANTES PARA ACCESORIOS	JUNTA	233.34	224.00	52,268.16
16	END POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS PARA ACCESORIOS	JUNTA	303.71	32.00	9,718.72
17	LIMPIEZA Y REVESTIMIENTO DE JUNTAS C/MANTA TERMOCONTRAIBLE (CON PROVISIÓN DE MANTAS)	JUNTA	229.55	2,007.00	460,706.85
18	LIMPIEZA Y PINTURA DE TUBERIA Y ACCESORIOS	M2	246.21	1.92	472.72
20	VERIFICACIÓN DE REVESTIMIENTO MEDIANTE HOLIDAY DETECTOR REPARACIÓN DE REVESTIMIENTO	M	8.36	161,000.00	1,345,960.00
21	PRUEBA HIDROSTÁTICA DE TUBERÍA	M	8.95	206.40	1,847.28
23	PRUEBA HIDROSTÁTICA (HERMETICIDAD Y SELLO) PARA VÁLVULA	PZA	652.01	144.00	93,889.44
25	VENTEO, INTERCONEXIÓN, PUESTA EN MARCHA Y PUNTO DE ROCÍO	GLB	77,640.82	1.00	77,640.82
TOTAL					7,933,256.64

Fuente: Elaboración propia en base a YPF Chaco, 2015

TABLA 43: ESTIMACIÓN DE OBRAS MECÁNICAS COMPLEMENTARIAS

OBRAS MECÁNICAS COMPLEMENTARIAS		Unidad de medida	Precios unitarios (Bs)	Cantidad	Importe total (Bs)
1	DISEÑO DE INGENIERÍA, PROVISIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE RESPALDO Y ENTREGA DE ENERGÍA PARA VÁLVULA INSTRUMENTADA MANIFOLD	GLB	23,528.45	1.00	23,528.45
2	DISEÑO, PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO ANTIEXPLOSIVO PARA MANIFOLD	GLB	53,984.47	1.00	53,984.47
3	DISEÑO, PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMA ELÉCTRICO AUTÓNOMO ANTIEXPLOSIVO PARA CORRALITO	GLB	36,163.47	1.00	36,163.47
4	DISEÑO, PROVISIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA PUESTA A TIERRA PARA MANIFOLD	GLB	37,501.79	1.00	37,501.79
5	DISEÑO, PROVISIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA PUESTA A TIERRA PARA CORRALITO	GLB	14,426.52	1.00	14,426.52
6	DISEÑO, PROVISIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMA PARARRAYOS PARA MANIFOLD Y CORRALITO	GLB	52,302.91	1.00	52,302.91
7	DISEÑO, PROVISIÓN E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RESPALDO PARA PANEL SOLAR PARA MANIFOLD	GLB	18,049.21	1.00	18,049.21
TOTAL					235,956.82

Fuente: Elaboración propia en base a CONATROL, 2023

6.2.3 COSTOS DE RECURSOS HUMANOS

Son los costos de recursos humanos (personal) que se va a requerir para poder llevar a cabo el proyecto.

TABLA 44: COSTOS DE RECURSOS HUMANOS

COSTO DE RECURSOS HUMANOS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (Bs)	COSTO TOTAL (Bs)
Ing. Gerente de proyectos	48	Mes	21000	1008000
Superintendente de obra	48	Mes	18000	864000
Inspector de Medio Ambiente	16	Mes	6000	96000
Ing. De obras civiles	48	Mes	5500	264000
Administrador de obra	48	Mes	5000	240000
Supervisor Mecánico	16	Mes	4000	64000
Almacenero de obra	48	Mes	4000	192000
Instrumentista	18	Mes	4000	72000
Topógrafo	16	Mes	5000	80000
Obreros	48	Mes	4800	230400
COSTO TOTAL DE RECURSOS HUMANOS				3,110,400.00

Fuente: Elaboración propia en base a CONATROL, 2023

6.2.4 COSTO TOTAL DE LA LÍNEA DE RECOLECCIÓN

Se realizó la estimación de costos de la línea de recolección en función al diseño realizado anteriormente, donde el costo total del proyecto está en la siguiente tabla.

TABLA 45: COSTO TOTAL DEL PROYECTO

OBRAS CIVILES - GASODUCTO	13,430,509.83
OBRAS DE ADECUACION PARA MANIFOLD	3,500,749.76
OBRAS CIVILES CASETA MANIFOLD	476,489.68
OBRAS DE ADECUACIÓN PARA CORRALITO	1,993,507.04
OBRAS MECÁNICAS - GASODUCTO	7,933,256.64
OBRAS MECÁNICAS COMPLEMENTARIAS	235,956.82
COSTO DE RECURSOS HUMANOS DE LA LINEA DE RECOLECCION	3,110,400.00
TOTAL	30,680,869.77

Fuente: Elaboración propia

El costo de la instalación del gasoducto es: treinta millones seiscientos ochenta mil ochocientos ochenta y nueve punto setenta y siete (bolivianos) es un costo moderado de la línea de La paz hacia Coroico – Caranavi como se observa en la anterior tabla. El proyecto es posible técnica como económicamente. Técnica ya que se cuenta con todos los equipos y económica porque se encuentra dentro del presupuesto de inversión que tiene YPFB para esta propuesta.

CAPITULO 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones a las que se llegó en base a los objetivos planteados y resultados obtenidos después de realizar el diseño de ingeniería básica de la línea de La paz hacia Caranavi y Coroico

7.1 CONCLUSIONES

El presente proyecto de grado tuvo como objetivo el diseño de una nueva línea de La paz hacia Caranavi y Coroico, a continuación, se menciona las conclusiones del presente proyecto.

- En función a las cartas geográficas y software de apoyo se determinó las características geográficas de la zona de Senkata, cuyas coordenadas UTM son 338.080 m, 8.092.950,240 m, con lo que se realizó el trazado de la línea del GAA hacia Caranavi y Coroico.
- Mediante el análisis de la cromatografía del gas de alimentación en la planta Carrasco se tiene como observación principal que el contenido de dióxido de carbono (CO₂) es de 0.941%, según especificaciones internacionales este no excede el valor permitido como máximo para el transporte y comercialización de hidrocarburos, concluyendo que el valor se encuentra dentro del rango permisible según las normas de YPFB-Transporte.
- En función a las normas de Pemex y la API 5L se determinó el diámetro óptimo de la nueva línea de recolección, teniendo como resultado un diámetro de 4 Y 6 pulgadas. Dando los siguientes resultados

CARANAVI

- Diámetro nominal de la tubería 6 pulgadas (0.1524 m)
- Diámetro externo de la tubería 6.625 pulgadas (0.168 m)
- Espesor de pared de la tubería 0.125 pulgadas (3.175 mm)
- Material de la tubería Acero API 5L Gr. X 42000
- Revestimiento externo de la tubería Tricapa FBE / copolimero adhesivo / HDPE
- Revestimiento de las juntas soldadas
- Longitud de la tubería 159.161 metros

RAMAL COROICO

- Diámetro nominal de la tubería 4 pulgadas (0.1016 m)
- Diámetro externo de la tubería 4.5 pulgadas (0.1143 m)
- Espesor de pared de la tubería 0.125 pulgadas (3.172 mm)
- Material de la tubería Acero API 5L Gr. B
- Revestimiento externo de la tubería Tricapa FBE / copolimero adhesivo / HDPE
- Revestimiento de las juntas soldadas
- Longitud de la tubería 2453 metros

- En función a las características de la tubería de acero al carbono se Seleccionó el respectivo material por su resistencia, dureza y ductilidad empleado el método de iteración. La misma se evita la corrosión gracias a su protección de tri-capa y mantas termo contraíbles que evita el contacto directo con la tierra el cual genera corrosión así también añadiendo protección catódica se reduce de gran manera la corrosión, elimina la necesidad de inhibidores de la corrosión.
- Mediante el uso del software de simulación PIPEPHASE y cálculos manuales se realizó la simulación de la línea de La Paz hacia Coroico y Caranavi, con lo que determino las caídas de presión de la línea de recolección, teniendo una caída de presión máxima de 400 Psi.
- Mediante el cumplimiento de los objetivos específicos se diseñó la ingeniería básica de la línea para trasportar la producción de gas del GAA hacia Coroico-Caranavi.
- Se realizó un cálculo de protección catódica el cual se obteniendo una densidad de corriente de 19.619 Amperios y 154 piezas de ánodos de magnesio de 32 libras equivalentes a 14.52 kilogramos



7.2 BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute. (1 de Julu de 2013). API SPECIFICATION 5L. Washington, DC 20005, USA: API Publishing Services.
- Anaya Durand, A. (1998). *Implementación de Equipos en Plantas Petroquímicas*. Mexico: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Arias Flores, A. (1998). *Estudio de Factibilidad del Uso de Materiales Termoplásticos en el transporte de Hidrocarburos en los Campos*. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politecnica .
- INSTITUTE, A. N. (2009). *Instrumentation Symbols and Identification*. North Carolina, USA.
- López López, J. (2017). *ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS DE TUBERÍAS DE TRANSPORTE DE SUBSTANCIAS PELIGROSAS* .
- Ministerio de Presidencia. (15 de Mayo de 2014). Decreto Supremo N° 1996. Bolivia.
- Sánchez, S., & Velásquez, R. (s.f.). *Estrategia Boliviana de Hdrocarburos* . Santa Cruz: Fundación Jubileo.
- TGN - Transportadora Gas del Norte S.A. (2019). *TGN - Transportadora Gas del Norte S.A.* Obtenido de <https://www.tgn.com.ar/prevencion-de-danos/seguridad-en-zona-de-gasoductos/>
- The American Society of Mechanical Engineers. (19 de Octubre de 2018). ASME B31.8. *Gas Trabsmission and Distribution Piping Systems*. New York, USA.
- The American Society of Mechanical Engineers. (2022). *Pipeline Transportation Systems For Liuid Hydrocarbons and other Liquids*. New York, USA.
- The American Society of Mechanical Engineers. (30 de January de 2012). ASME B16.11 Forged Fittings, Socket-Welding and Threaded. New Yourk,NY, USA.
- Unidad de Análisis de Políticas Sociales y Economicas. (2015). *Diagnóstico Sectoriales Hidrocarburos* . La Paz.

ANEXO-1

 	PLIEGO DE CONDICIONES OBRAS (Proponente Nacional)	Versión 1
---	---	-----------

**OBJETO: OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE
RED PRIMARIA PICOA
CÓDIGO: PAC- 53**

CRONOGRAMA DE PLAZOS				
Nº	ACTIVIDAD	FECHA	HORA	LUGAR Y DIRECCIÓN
1	Invitación y publicación del Pliego de Condiciones	22/08/2023		Página web de YPFB: www.ypfb.gob.bo
2	Inspección Previa	24/08/2023	09:00	Lugar: Camino a Culijña, Sector de Picoa, Coordenadas Geográficas UTM: 271329 m E; 7688256 m S, Progresiva 4+250 (Ver Anexo 5 – Planos). Responsable: Ing. Jose Miguel Varoñan Vilanes
3	Consultas Escritas	Hasta: 25/08/2023	Hasta: 16:00	Al Correo Electrónico: esaliz@ypfb.gob.bo
4	Reunión de Aclaración	28/08/2023	09:00	Lugar: Edificio Corporativo de YPFB (1er Piso) - Av. 16 de julio (El Prado) N° 40, esquina Calle Reyes Ortiz - zona central, (La Paz – Bolivia) ENLACE PARA REUNIÓN DE ACLARACIÓN A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN CISCO WEBEX MEETINGS: https://ypfb.webex.com/ypfb-sp/j.php?MTID=m9007d97efad76af3a2d75477d74888f7 Responsable: Lic. Eduardo Alfredo Saliz Lopez int 2469
5	Presentación de Ofertas.	Hasta: 31/08/2023	Hasta: 09:00	Presentación Electrónica: Sistema de Gestión Proveedores de YPFB. Presentación Física: Edificio Corporativo de YPFB (1er Piso) - Av. 16 de julio (El Prado) N° 40, esquina Calle Reyes Ortiz - zona central, (La Paz – Bolivia) Responsable: Lic. Eduardo Alfredo Saliz Lopez int 2469
6	Apertura de Ofertas.	31/08/2023	09:30	Lugar: Edificio Corporativo de YPFB (1er Piso) - Av. 16 de julio (El Prado) N° 40, esquina Calle Reyes Ortiz - zona central, (La Paz – Bolivia) ENLACE PARA APERTURA DE PROPUESTAS A TRAVÉS DE LA APLICACIÓN CISCO WEBEX MEETINGS: https://ypfb.webex.com/ypfb-sp/j.php?MTID=m5f29cbc2782b4f6b7747e6f65491161b Responsable: Lic. Eduardo Alfredo Saliz Lopez int 2469
7	Resultado de Selección	Fecha Limite: 08/09/2023		Página web de YPFB: www.ypfb.gob.bo

PARTE I INFORMACIÓN GENERAL A LOS PROPONENTES	
1. NORMATIVA APLICABLE	El presente proceso de selección del proveedor se rige por el Reglamento de Contratación Directa de Obras, Bienes, Servicios Generales y Servicios de Consultoría en el marco del Decreto Supremo No 29506, aprobado mediante Resolución de Directorio N° 64/2022 de fecha 30 de septiembre de 2022.
2. PROPONENTES ELEGIBLES	Son proponentes elegibles las personas naturales (cuando su oferta económica sea hasta Bs1.000.000,00 (Un Millón 00/100 bolivianos)), personas jurídicas y Asociaciones Accidentales, legalmente constituidos en el Estado Plurinacional de Bolivia.
3. REGISTRO Y HABILITACIÓN DE PROVEEDORES	Para participar del proceso de selección y antes de presentar su oferta, el proponente debe estar registrado y habilitado en el Sistema de Gestión de Proveedores de YFPB https://cronos.yfpb.gob.bo . El proponente registrado y habilitado tiene la obligación de actualizar su registro y la documentación de respaldo en el Sistema de Gestión de Proveedores de YFPB https://cronos.yfpb.gob.bo , hasta dos (2) días hábiles antes del vencimiento de plazo de presentación de ofertas establecido en el presente pliego de condiciones.
4. IMPEDIDOS PARA PARTICIPAR EN LOS PROCESOS DE SELECCIÓN.	Están impedidos de participar, directa o indirectamente del proceso de selección y contratación, los proponentes comprendidos en los siguientes incisos: a) Que tengan deudas pendientes con el Estado, establecidas mediante notas o pliegos de cargo ejecutoriados y no pagados, b) Que tengan sentencia ejecutoriada, con impedimento para ejercer el comercio, c) Que se encuentren cumpliendo sanción penal establecida mediante sentencia ejecutoriada por delitos comprendidos en la Ley N° 1743, de 15 de enero de 1997, que aprueba y ratifica la Convención Interamericana contra la Corrupción o sus equivalentes previstos en el Código Penal, d) Que hubiesen declarado su disolución o quiebra, e) Cuyos representantes legales, accionistas o socios controladores tengan vinculación matrimonial o de parentesco con la MAE, hasta el cuarto grado de consanguinidad y segundo de afinidad, conforme con lo establecido por el Código de las Familias y del Proceso Familiar, f) Personal de YFPB que ejerció funciones en YFPB, hasta un (1) año antes de la publicación de la convocatoria, así como las empresas controladas por éstos, g) El personal que ejerce función en YFPB, así como las empresas controladas por éstos, h) Los proponentes adjudicados que hayan desistido de suscribir Contrato, Orden de Compra u Orden de Servicio hasta un (1) año después de la fecha de desistimiento expreso o tácito, salvo causas de fuerza mayor, caso fortuito u otros motivos debidamente justificados y aceptados por la Entidad que realiza el reporte en el SICOES, i) Los proveedores, contratistas o consultores con los que se hubiese resuelto el Contrato por causales atribuibles a estos, no podrán participar durante tres (3) años después de la fecha de resolución. Asimismo, aquellos proveedores que hubieran incumplido la orden de compra u orden de servicio, no podrán participar durante un (1) año después de la fecha de incumplimiento, j) El personal o ex personal de YFPB que presta servicios en las Subsidiarias o Filiales de YFPB, hasta un (1) año antes de la publicación de la convocatoria, así como las empresas controladas por éstos.

		<p>k) Proveedores, contratistas o consultores no habilitados en el Sistema de Gestión de Proveedores de YPFB.</p> <p>l) Proveedores, contratistas o consultores registrados en el Sistema de Gestión de Proveedores de YPFB que no hayan actualizado su documentación hasta dos (2) días hábiles antes de la presentación de ofertas.</p>
5. PLAZOS Y HORARIOS ADMINISTRATIVOS		<p>Son considerados días hábiles administrativos los comprendidos de lunes a viernes, no son días hábiles administrativos los sábados, domingos, feriados y otros determinados por autoridad competente.</p> <p>Son consideradas horas hábiles administrativas las que rigen en YPFB, como horario de trabajo.</p>
6. IDIOMA		La oferta deberá ser presentada en idioma castellano. Asimismo, la correspondencia que se intercambie entre el proponente y YPFB, será en el mismo idioma.
7. FORMA DE SELECCIÓN		POR EL TOTAL
8. MONEDA		La oferta económica deberá expresarse en bolivianos.
9. PUBLICACIÓN NOTIFICACIÓN	Y	<p>El Pliego de Condiciones y otros documentos, serán publicados en el sitio web de YPFB www.ypfb.gob.bo como medio oficial; alternativamente podrá ser publicada en otro(s) medio(s) de comunicación.</p> <p>Las notificaciones serán realizadas vía correo electrónico institucional y/o página web de YPFB y/o en forma física.</p>
10. ERRORES SUBSANABLES		<p>Se consideran como errores subsanables, los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Cuando los requisitos, condiciones, documentos y formularios de la propuesta cumplan sustancialmente con lo solicitado en el presente pliego de condiciones, b) Cuando los errores sean accidentales, accesorios o de forma y que no incidan en la validez y legalidad de la oferta presentada, c) Cuando la propuesta no presente aquellas condiciones o requisitos que no estén claramente señalados en el presente Pliego de Condiciones, d) Cuando el proponente oferte condiciones superiores a las solicitadas en las Especificaciones Técnicas, siempre que estas condiciones no afecten el fin para el que fueron requeridas y/o se consideren beneficiosas para YPFB, e) Cuando las Garantías presentadas sean giradas por un monto menor al solicitado en el presente Pliego de Condiciones, admitiéndose un margen de error que no supere el cero punto uno por ciento (0.1%), excepto para la Garantía de Correcta Inversión de Anticipo. f) Cuando las Garantías presentadas sean girada por un plazo menor al solicitado en el presente Pliego de Condiciones, admitiéndose un margen de error que no supere los dos (2) días calendario. <p>Los criterios señalados no son limitativos, pudiendo considerar otros criterios de subsana subsanabilidad, estos podrán aplicarse también en la etapa de verificación de documentos en el proceso de contratación.</p> <p>Cuando la propuesta contenga errores subsanables, éstos deberán estar descritos en los antecedentes del proceso de selección y/o proceso de contratación.</p> <p>En la formalización de la contratación se podrá solicitar al proponente adjudicado las complementaciones a las observaciones efectuadas, otorgando por única vez un</p>

	plazo de hasta cinco (5) días hábiles para subsanar lo requerido, considerándose estos como errores subsanables.
11. DESCALIFICACIÓN DE OFERTAS	<p>Las causales de descalificación, son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Incumplimiento u omisión en la presentación de cualquier formulario o documento requerido en el presente Pliego de Condiciones. b) Incumplimiento a lo declarado en el Formulario A-1 (Declaración Jurada). c) Cuando el proponente no se encuentre dentro los proponentes elegibles establecidos en el presente Pliego de Condiciones. d) Cuando los formularios o documentos presentados no cumplan con las condiciones requeridas y/o requisitos establecidos en el presente Pliego de Condiciones. e) Cuando la oferta técnica no cumpla con las condiciones y requisitos establecidos en el presente Pliego de Condiciones. f) La falta de la presentación de la oferta técnica o parte de ella. g) Cuando la oferta económica no cumpla con las condiciones y requisitos establecidos en el presente Pliego de Condiciones. h) Cuando el proponente presente dos o más alternativas en una misma oferta, salvo las especificaciones técnicas lo establezcan. i) Cuando el proponente presente dos o más ofertas y sean diferentes (se considerará diferente también en caso de ofertas en físico y en forma electrónica). j) Cuando producto de la revisión aritmética de la oferta económica existiera una diferencia superior al dos por ciento (2%) entre el monto total de la oferta y el monto ajustado y esta diferencia sea positiva o negativa. La diferencia del 2% será aplicable al monto ajustado, según la forma de adjudicación. k) Las ofertas que no alcancen el puntaje mínimo requerido en la etapa de evaluación técnica. l) Cuando el proponente rehúse ampliar la validez de su oferta. m) Cuando el proponente se encuentre dentro de las causales de impedimento descritas en el presente Pliego de Condiciones. n) Cuando el proponente no haya asistido a la inspección previa en la fecha y lugar programada, siempre y cuando esta sea obligatoria. <p>La descalificación de ofertas deberá realizarse única y exclusivamente por las causales señaladas precedentemente.</p>
12. INSPECCIÓN PREVIA	<p>En caso de requerirse, la Inspección Previa se llevará a cabo en el lugar, fecha y hora señalada en el cronograma de plazos del presente Pliego de Condiciones.</p> <p>Si el proponente no pudiera participar de la inspección previa en el plazo establecido por YPFB, se da por entendido que el mismo acepta todas las condiciones del proceso de selección. En caso de que la asistencia a la inspección previa sea obligatoria, la inasistencia será causal de descalificación.</p>
13. CONSULTAS ESCRITAS	<p>En caso de requerirse, cualquier proponente podrá formular consultas escritas al correo electrónico establecido en el cronograma de plazos del presente Pliego de Condiciones, consignando el objeto del proceso de selección hasta la fecha y hora límite señalada. Las consultas deberán ser realizadas por escrito en idioma castellano. Las consultas escritas serán atendidas en la Reunión de Aclaración programada en el presente pliego de condiciones.</p>
14. REUNIÓN DE ACLARACIÓN	<p>En caso de requerirse, se realizará la Reunión de Aclaración en la fecha, hora y lugar señalado en el cronograma de plazos del presente Pliego de Condiciones, en la que los proponentes podrán expresar sus consultas sobre el proceso de selección.</p>

	El acta de la reunión de aclaración, será publicado en el sitio web de YPFB, www.ypfb.gob.bo .
15. AJUSTES AL PLIEGO DE CONDICIONES	YPFB podrá ajustar el Pliego de Condiciones, por iniciativa propia y/o como resultado de la reunión de aclaración, hasta dos (2) días hábiles antes de la presentación de ofertas. Los ajustes serán publicados en el sitio web de YPFB www.ypfb.gob.bo .
16. AMPLIACIÓN DE PLAZO PARA LA PRESENTACIÓN DE OFERTAS	La Unidad de Contrataciones en coordinación con la Unidad Solicitante podrá ampliar el plazo de presentación de ofertas por las siguientes causas debidamente justificadas y aceptadas por YPFB: a) Ajustes al Pliego de Condiciones. b) Causas de fuerza mayor. c) Caso fortuito. d) A solicitud del proponente. La ampliación deberá ser realizada hasta un (1) día hábil antes de la presentación de ofertas y publicada en el sitio web de YPFB www.ypfb.gob.bo .

PARTE II PREPARACIÓN DE LA OFERTA									
17. PREPARACIÓN DE OFERTA	La oferta debe ser elaborada conforme a los requisitos, condiciones, documentos y formularios establecidos en el presente Pliego de Condiciones.								
18. COSTOS DE PARTICIPACIÓN EN EL PROCESO DE SELECCIÓN	Los costos de la elaboración y presentación de ofertas y de cualquier otro costo que demande la participación de un proponente en el proceso de selección, cualquiera fuese su resultado, son exclusivamente propios de cada proponente, bajo su total responsabilidad.								
19. PRESENTACIÓN DE OFERTAS POR PAQUETES O TRAMO	Cuando un proponente presente su oferta para más de un paquete o tramo, deberá presentar una sola vez el Formulario A - 1 (Declaración Jurada); asimismo, para cada paquete o tramo deberá presentar una oferta técnica y una oferta económica, según lo establecido en el presente Pliego de Condiciones.								
20. PRESENTACIÓN DE OFERTA	<p>La recepción de ofertas se realizará de forma física o electrónica.</p> <p>20.1 OFERTA FISICA: La oferta deberá ser presentada en un ejemplar ORIGINAL en sobre cerrado, hasta la fecha y hora límite fijados en el cronograma de plazos del presente Pliego de Condiciones. El sobre podrá ser rotulado de la siguiente manera:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td style="text-align: center;">YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS – YPFB</td> </tr> <tr> <td>OBJETO:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>NOMBRE DEL PROPONENTE:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CÓDIGO PROCESO DE SELECCIÓN:</td> <td></td> </tr> </table> <p>Las ofertas presentadas sólo podrán retirarse hasta antes del plazo límite establecido para el cierre de presentación de ofertas.</p>		YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS – YPFB	OBJETO:		NOMBRE DEL PROPONENTE:		CÓDIGO PROCESO DE SELECCIÓN:	
	YACIMIENTOS PETROLÍFEROS FISCALES BOLIVIANOS – YPFB								
OBJETO:									
NOMBRE DEL PROPONENTE:									
CÓDIGO PROCESO DE SELECCIÓN:									

PARTE IV MÉTODO DE SELECCIÓN	
MENOR PRECIO	
1. EVALUACION	<p>Concluido el acto de apertura, el Comité de Selección, realizara lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Evaluará la habilitación del/los proponente(s) en el Sistema de Gestión de Proveedores de YFPB (Cronos). b) Evaluará el cumplimiento de la documentación y aspectos técnicos presentados por cada proponente habilitado aplicando la metodología CUMPLE/NO CUMPLE. c) Evaluará las ofertas económicas de los proponentes habilitados, verificando los errores aritméticos, considerando los siguientes aspectos: <ul style="list-style-type: none"> i. Cuando el monto resultado de la multiplicación del precio unitario por la cantidad, sea incorrecto, prevalecerá el precio unitario ofertado para obtener el monto ajustado. ii. Si la diferencia entre el monto leído de la oferta y el monto ajustado de la revisión aritmética es menor o igual al dos por ciento (2%), se ajustará la oferta; caso contrario la oferta será descalificada. <p>Una vez efectuada la corrección de los errores aritméticos se determinará el orden de prelación de las ofertas económicas con relación a la oferta económica más baja.</p> <p>En caso de existir empate en el primer lugar entre dos o más ofertas con el menor precio, el Comité de Selección será responsable de definir la metodología de desempate, aspecto que será señalado en el Informe de Selección.</p>
2. RESULTADO DE LA SELECCIÓN	<p>El Comité de Selección remitirá a la Máxima Autoridad de la Unidad Solicitante los resultados del proceso de selección de acuerdo a lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) En caso de existir ofertas que cumplan con las condiciones establecidas en el presente Pliego de Condiciones describir el Orden de Praelación de las ofertas con relación a la oferta económica de menor precio. b) En caso de existir ofertas que no cumplan con las condiciones establecidas en el presente Pliego de Condiciones describir los motivos por los que no cumplen. c) Con el objeto de realizar la concertación, en caso de existir ofertas económicas superiores a USD 10.000.000.- (Diez Millones 00/100 Dólares Estadounidenses) o su equivalente en bolivianos, describir la mejor oferta económica y las siguientes ofertas que se encuentren en el rango de dispersión económica menor o igual al 5% con relación a la primera oferta, en ambos casos las ofertas deben cumplir con las condiciones solicitadas en el presente pliego de condiciones.

PARTE V FORMULARIOS Y DOCUMENTOS PARA LA PRESENTACIÓN DE OFERTA	
FORMULARIO A – 1	DECLARACIÓN JURADA
FORMULARIO B – 1	OFERTA ECONÓMICA – PRESUPUESTO POR ITEMS Y GENERAL DE LA OBRA
FORMULARIO C – 1	OFERTA TÉCNICA
FORMULARIO C – 2	EXPERIENCIA DEL PROPONENTE
FORMULARIO C – 3	EXPERIENCIA DEL PERSONAL CLAVE

ANEXO-2

		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
---	---	----------------------------------	-----------------------

**OBJETO: OBRAS CIVILES, MECANICAS Y FACILIDADES EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCION DE RED PRIMARIA PIOCA
CÓDIGO: 53**

1. UBICACIÓN DE LA OBRA

DETALLE	DATO
Departamento	Chuquisaca
Provincia	Nor Cinti
Municipio	Camargo – Sector Pioca



En caso de que no exista una inspección previa programada en el cronograma de plazos del PLIEGO DE CONDICIONES, se recomienda a los proponentes realizar por cuenta propia la inspección y verificación del lugar, entorno y condiciones donde se realizará la obra antes de la presentación de ofertas.
Cuando la inspección previa sea programada en el cronograma de plazos del PLIEGO DE CONDICIONES, esta será de cumplimiento obligatorio, siendo el incumplimiento causal de descalificación.

	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
---	----------------------------------	------------------------------

2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS SUJETAS E EVALUACIÓN

2.1. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

El plazo de ejecución a ofertar debe ser como máximo **ochenta (80) días calendario**, que serán computados a partir de la fecha establecida en la Orden de Proceder expedida y notificada por el Fiscal de Obra, hasta la recepción provisional de la Obra.

El Contratista ejecutará y entregará la Obra satisfactoriamente concluida (incluida la documentación de respaldo por la ejecución de la Obra), en el plazo no mayor al ofertado.

Desde la fecha de recepción provisional hasta la fecha de recepción definitiva se podrá otorgar como plazo máximo de **quince (15) días calendario** para subsanar las deficiencias, anomalías, imperfecciones y observaciones registradas en el acta de recepción provisional.

2.2. EXPERIENCIA ESPECÍFICA DEL PROPONENTE

La sumatoria de la experiencia específica del proponente deberá ser igual o mayor a un monto de 1.750.000,00 Bs., se considerará como experiencia específica a aquellos trabajos que se encuentren dentro del alcance de "obras similares" definido en este documento. Para la evaluación de este punto se considerará los contratos ejecutados durante los últimos 10 años.

2.2.1. Consideraciones para la evaluación de la experiencia del proponente.

La Experiencia Específica, será evaluada bajo los siguientes criterios:

- Deberá ser contabilizada como Experiencia Específica cualquier trabajo realizado por el proponente que se encuentre dentro del alcance de "Obras Similares".
- Los montos contabilizados para respaldar la experiencia específica, serán calculados por medio de la sumatoria de montos de los trabajos ejecutados en obras similares.

EL PROPONENTE deberá respaldar su oferta con la presentación en copia simple de cualquiera de los siguientes documentos:

- Acta o Documento de Entrega Definitiva.
- Acta o Documento de Recepción Definitiva.
- Acta o Documento de Conformidad de Obra.
- Acta o Documento de Conclusión de Obra.
- Certificado de Cumplimiento de Contrato.
- Acta o Documento de Cierre de Contrato.

Cuando en los documentos antes citados, no figure el monto de la obra ejecutada, el PROPONENTE debe acompañar con las facturas y el Contrato en copia simple. Solo se contabilizará el o los montos facturados.

En caso de Formalización, el adjudicado para la suscripción de contrato deberá presentar los originales o copias legalizadas o copia fiel del original de los documentos declarados como

 <small>LA BUENA GAS TRANSFERENCIA BOLIVIA</small>	 <small>ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA</small>	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
--	---	----------------------------------	------------------------------

experiencia y en caso de facturas se considerará como original a la copia legalizada o copia fiel del original o las copias de los archivos de contabilidad.

2.2.2. Asociaciones accidentales.

En lo que respecta a asociaciones accidentales se debe considerar lo siguiente:

- En los casos de Asociación Accidental, la experiencia específica, será la suma de los montos de las experiencias demostradas por cada socio que integra la Asociación.

2.2.3. Obras similares.

Se consideran como obras similares aquellas en las cuales el proponente y/o personal técnico clave haya realizado cualquiera de los siguientes trabajos:

- Obras civiles y/o mecánicas para la construcción y/o mantenimiento de gasoductos y/o redes primarias.
- Obras civiles y/o mecánicas y/o eléctricas para la implementación y/o montaje y/o mantenimiento de City Gates y/o Estaciones de Medición y Odorización y/o Puentes de Regulación y Medición (PRM) y/o Estaciones Distrital de Regulación (EDR) y/o Estaciones de Regulación y Medición (ERM).
- Obras civiles y/o mecánicas para la construcción de acometida industrial para gas natural.
- Implementación y/o mantenimiento de sistemas de protección catódica en sistemas de transporte y/o distribución de hidrocarburos.

2.3. EXPERIENCIA DEL PERSONAL TÉCNICO CLAVE

Todo personal clave propuesto por el proponente deberá estar registrado en la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitida por la ANH en la Categoría Redes de Gas y/o Categoría Industrial, vigente a la presentación de la oferta. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE de la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitida por la ANH)

El personal clave requerido, la cantidad y experiencia se encuentran detallados en el siguiente cuadro:

N°	CARGO A DESEMPEÑAR	CANTIDAD REQUERIDA	EXPERIENCIA	CARGO DEFINIDO O AFINES
1	DIRECTOR DE OBRA (**) (***)	1	ESPECIFICA: IGUAL O MAYOR A UN MONTO DE 3.500.000,00 Bs. (COMPUTADOS A PARTIR DE LA EMISIÓN DEL TITULO EN PROVISIÓN NACIONAL O TITULO PROFESIONAL) EN CARGO DEFINIDO O AFINES, EN OBRAS SIMILARES (*)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPERINTENDENTE DE OBRA ▪ DIRECTOR DE OBRA ▪ GERENTE DE PROYECTO ▪ FISCAL DE OBRA ▪ FISCAL DE SERVICIO ▪ SUPERVISOR DE OBRA ▪ RESIDENTE DE OBRA
2	RESIDENTE DE OBRA (**) (***)	1	ESPECIFICA: IGUAL O MAYOR A UN MONTO DE 3.500.000,00 Bs. (COMPUTADOS A PARTIR DE LA EMISIÓN DEL TITULO EN PROVISIÓN NACIONAL O	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SUPERINTENDENTE DE OBRA ▪ DIRECTOR DE OBRA



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3

N°	CARGO A DESEMPEÑAR	CANTIDAD REQUERIDA	EXPERIENCIA	CARGO DEFINIDO O AFINES
			TITULO PROFESIONAL) EN CARGO DEFINIDO O AFINES, EN OBRAS SIMILARES (*)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ GERENTE DE PROYECTO ▪ FISCAL DE OBRA ▪ FISCAL DE SERVICIO ▪ SUPERVISOR DE OBRA ▪ RESIDENTE DE OBRA ▪ AGENTE DE SERVICIO ▪ INSPECTOR DE OBRA ▪ RESPONSABLE Y/O COORDINADOR DE CALIDAD
3	RESPONSABLE DE CALIDAD (**) (***)	1	ESPECIFICA: 2 TRABAJOS CONCLUIDOS (COMPUTADO A PARTIR DE LA EMISIÓN DEL TÍTULO EN PROVISIÓN NACIONAL O TÍTULO PROFESIONAL) EN CARGO DEFINIDO O AFINES, EN OBRAS SIMILARES (*)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DIRECTOR DE OBRA ▪ GERENTE DE PROYECTO ▪ FISCAL DE OBRA ▪ SUPERVISOR DE OBRA ▪ RESIDENTE DE OBRA ▪ AGENTE DE SERVICIO ▪ FISCAL DE SERVICIO ▪ INSPECTOR DE OBRA ▪ RESPONSABLE Y/O COORDINADOR DE CALIDAD
4	SOLDADOR DE LÍNEA (****)	3	ESPECIFICA: 2 TRABAJOS CONCLUIDOS, EN CARGO DEFINIDO O AFINES, EN OBRAS SIMILARES (*)	SOLDADOR.

(*) Las Obras similares se encuentran detalladas en el punto 2.2.3. OBRAS SIMILARES.

(**) Permanente en Obra

(***) El personal del proponente registrado en la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitido por la ANH como "Ingeniero"; será el que podrá desempeñar el cargo como Superintendente de Obra/Director de Obra/Residente de Obra/Responsable de calidad según considere el proponente.

(****) El personal del proponente registrado en la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitido por la ANH como "Soldador G-6"; será el que podrá desempeñar el cargo como Soldador de Línea.

2.3.1. Consideraciones para la evaluación de experiencia del personal técnico clave.

EL PROPONENTE deberá respaldar en su oferta la formación del personal técnico clave con la presentación en copia simple de los siguientes documentos:

- Para Director de Obra, Residente de Obra y Responsable de Calidad:

(Profesionales Nacionales)

- Título en Provisión Nacional o Título Profesional.

 <p>LA SUSTITUCIÓN DEL FUELENTA BOLIVIA</p>	 <p>ASOCIACIÓN PROFESIONAL DE BOLIVIA</p>	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
--	--	----------------------------------	------------------------------

- Documento que avale el registro profesional a la sociedad o colegio profesional que corresponda, vigente a la fecha de presentación de la oferta. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

Se verificará que el personal figure en la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitido por la ANH del proponente. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

(Profesionales Extranjeros)

- Título debidamente homologado por autoridad competente.
- Documento que avale el registro profesional y/o Licencia de Extranjero en la sociedad o colegio profesional que corresponda en Bolivia, vigente a la fecha de presentación de la oferta. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

Se verificará que el personal figure en la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitido por la ANH del proponente. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

- Para Soldador de Línea:

- Certificación para la posición de soldadura 6G o posición 45°, vigente a la fecha de presentación de la oferta. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

Se verificará que el personal figure en la Resolución Administrativa y/o Certificado de Habilitación emitido por la ANH del proponente. (No se tomará como valido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

En caso de Formalización, el adjudicado para la suscripción de contrato deberá presentar los originales o copias legalizadas de los documentos declarados como formación del personal técnico clave.

EL PROPONENTE deberá respaldar en su oferta la experiencia del personal técnico clave con la presentación en copia simple de cualquiera de los siguientes documentos:

- Para el Director de Obra, Residente de Obra y Responsable de Calidad:

- Acta o documento de Entrega Definitiva.
- Acta o documento de Recepción Definitiva.
- Acta o documento de Conformidad de Obra.
- Acta o documento de Conclusión de Obra.
- Acta o Documento de Cierre de Contrato.

- Para el Soldador de Línea:

 <small>LA BUENA OLA PARA TODOS BOLIVIA</small>	 <small>REPUBLICA PLURINACIONAL DE BOLIVIA</small>	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
---	--	----------------------------------	------------------------------

- Certificado de trabajo, indicando que ejerció el cargo según lo indicado en la tabla del apartado 2.3 EXPERIENCIA DEL PERSONAL TÉCNICO CLAVE.

Cuando en los documentos antes citados, no figure el nombre, cargo y/o monto de la obra ejecutada en la que el personal propuesto participó como Residente, Director, Superintendente, o cargos afines, el proponente debe acompañar al documento presentado, copia del libro de órdenes completo.

En caso de Formalización, el adjudicado para la suscripción de contrato deberá presentar los originales o copias legalizadas de todos los documentos declarados como experiencia del personal técnico clave.

2.4. RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA EMITIDA POR LA AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

Los proponentes, deberán presentar copia simple de la Resolución Administrativa y Certificado de Habilitación otorgado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, que habilite a la empresa a realizar instalaciones de gas natural para la Categoría Industrial o Categoría Redes de Gas o Categoría Industrial y Redes de Gas, la cual deberá estar vigente a la fecha establecida para la presentación de ofertas. (No se tomará como válido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

Cuando el proponente sea una asociación accidental, cada uno de los socios que conforman la asociación deberá presentar copias simples de la Resolución Administrativa y Certificado de Habilitación otorgado por la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH, que habilite a la empresa a realizar instalaciones de gas natural para la Categoría Industrial o Categoría Redes de Gas o Categoría Industrial y Redes de Gas, la cual deberá estar vigente a la fecha establecida para la presentación de ofertas. (No se tomará como válido a la presentación de oferta el estado en TRAMITE)

Para la formalización se deberá presentar original o copia legalizada de la Resolución Administrativa y Certificado de Habilitación vigentes.

El Contratista deberá mantener vigente la Resolución Administrativa y Certificado de Habilitación hasta la emisión del Certificado de Cumplimiento de Contrato.

2.5. DOCUMENTOS SOPORTE DE LA OFERTA ECONÓMICA

Para la presentación de oferta se deberá presentar el Formulario B-1 Presupuesto por Ítems y General de la Obra que debe ser elaborado en conformidad a las cantidades de OBRA DETALLADAS EN EL PUNTO 3.3.

En caso de adjudicación para la suscripción de contrato se deberá presentar los Formularios B-2 Análisis de Precios Unitarios y Formulario B-3 Precios Unitarios Elementales.

		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
---	---	----------------------------------	------------------------------

En la elaboración de estos formularios (B-2 y B-3) se deberá considerar a todos los ítems de manera coherente con las Especificaciones Técnicas establecidas, manteniendo una relación y uniformidad tanto en la nominación, unidad y valor de los precios entre los formularios B-1, B-2, B-3.

Los precios unitarios cotizados por el proponente en el "Formulario B-3 de precios Unitarios Elementales para cada Material, Mano de obra, Maquinaria y Equipo", deben ser expresados en un valor redondeado con dos decimales y deben corresponder con exactitud a los precios productivos correspondientes, señalados en el "Formulario B-2 de Análisis de precios Unitarios".

Los precios unitarios totales adoptados para cada actividad en el "Formulario B-2 de Análisis de Precios Unitarios" deben ser expresados en un valor redondeado con dos decimales y deben corresponder con exactitud a los precios unitarios señalados en el "Formulario B-1 de Presupuesto por Ítems y General de la Obra"

3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y OTRAS CONDICIONES DE CUMPLIMIENTO OBLIGATORIO

3.1. DOCUMENTACIÓN A PRESENTAR POSTERIOR A LA SUSCRIPCIÓN DE CONTRATO

El Contratista, diez (10) días hábiles posteriores a la suscripción del contrato o antes, deberá presentar mediante nota a la Unidad Ejecutora de YPF, tanto en formato físico como digital, la siguiente documentación:

- **Representante del contratista en obra.**
Presentar al Representante del CONTRATISTA en Obra; en caso de realizar cambio del personal clave presentado en su oferta, deberá seguir lo establecido en el punto 3.9. CONSIDERACIONES PARA EL CAMBIO DE PERSONAL CLAVE.

- **Cronograma.**
El cronograma de ejecución y entrega de la obra de acuerdo al punto 2.1. PLAZO DE EJECUCIÓN DE LA OBRA que contemple todos los ítems establecidos en el punto 3.3 CANTIDADES DE OBRA, asimismo deberá determinarse e incluirse la ruta crítica de la obra (que de acuerdo al avance corresponderá la elaboración del Data Book para su presentación junto con la solicitud de recepción provisional), y el plazo contemplado en contrato para la recepción provisional; mismos que deberán estar comprendidos dentro del plazo propuesto.

Este cronograma inicial podrá ser adecuado a simple requerimiento del Supervisor las veces que considere necesario y/o según lo requerido en las Especificaciones Técnicas.

- **Organigrama y frentes de trabajo.**
Un organigrama que contemple a todo el personal comprometido para la obra:
 - Personal técnico clave
 - Personal técnico y de apoyo mínimo requerido para la obra.
 Este organigrama debe señalar de manera clara el número de frentes de trabajo propuestos para encarar la obra y el personal asignado a cada frente de trabajo.

		ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	RG-1-A-PG-1-GCC/DCO-3
---	---	----------------------------------	------------------------------

- **Autorizaciones y permisos de trabajo.**

El Contratista en coordinación con la Unidad Ejecutora de YPF, a través del Fiscal de Obra y/o Supervisor, gestionaran los permisos que son necesarios tales como cruce de vías, cruces férreos, paso de servidumbre, instalación de redes (agua potable, transporte de gas natural y/o oleoductos, etc.) para el inicio de obras y establecerán los mecanismos para concretar su obtención.

El Contratista deberá gestionar ante el organismo municipal correspondiente el o los permisos de excavación, cierre de calles, patrimonio histórico, etc. adjuntando la documentación que corresponda, es de entera responsabilidad del Contratista la obtención del o de los permisos.

Las gestiones para la obtención de las autorizaciones y permisos requeridos para la ejecución de la obra y todos los gastos que se generen directamente o indirectamente por la obtención de los mismos correrán por cuenta del Contratista.

- **Disposiciones de seguridad industrial y salud ocupacional para empresas contratistas de YPF.**

Conforme lo establecido en el (Anexo 8 UNIDADES ESPECIALIZADAS) correspondiente del presente documento, aprobado y con visto bueno de la Unidad SMS de YPF.

En caso de que se tenga toda la documentación a conformidad, se remitirá a la Unidad Ejecutora de YPF para que en función a un análisis se determine la fecha de la orden de proceder.

- **Documentación a generar para la ejecución de la obra.**

Todos los documentos generados para la ejecución de cada actividad de la obra deberán contar con la aprobación previa por parte del Supervisor y/o Fiscal de Obra, siendo estos requisitos indispensables para su ejecución.

El Contratista deberá solicitar el plano general base a la Unidad Ejecutora de YPF, en el cual realizará el dibujo del plano del proyecto de construcción y extensión de Red de Distribución de Gas Natural correspondiente, en base a la "Guía para la Elaboración de Planos As Built de Redes de Distribución para Empresas Contratistas".

3.2. DATA BOOK

Los registros legales, administrativos, técnicos y planos relacionados con la obra de acuerdo a los requisitos contractuales, deberá ser presentada al Supervisor y/o Fiscal de Obra para su aprobación de acuerdo al avance de la Obra según cronograma, los mismos que deberán ser compilados y presentados en un solo documento denominado Data Book.

El Data Book deberá ser presentado en formato físico en carpeta(s) dura(s) de palanca o similar, que permita(n) organizar hojas tamaño oficio y/o carta, identificado(s) con la denominación del Objeto de Contrato, el nombre del documento (DATA BOOK) y el nombre del Contratista.

ANEXO-3



ORDEN DE PROCEDER

De : [REDACTED]
FISCAL DE OBRA

A : Diego Cesar Meruvia Balderas
REPRESENTANTE LEGAL DE LA CONTRATISTA EMPRESA [REDACTED]
S.R.L.

REFERENCIA : ORDEN DE PROCEDER – "OBRAS CIVILES, MECÁNICAS Y FACILIDADES
EN SUPERFICIE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE RED PRIMARIA LAS
[REDACTED]

FECHA : Sucre, 10 de octubre de 2023

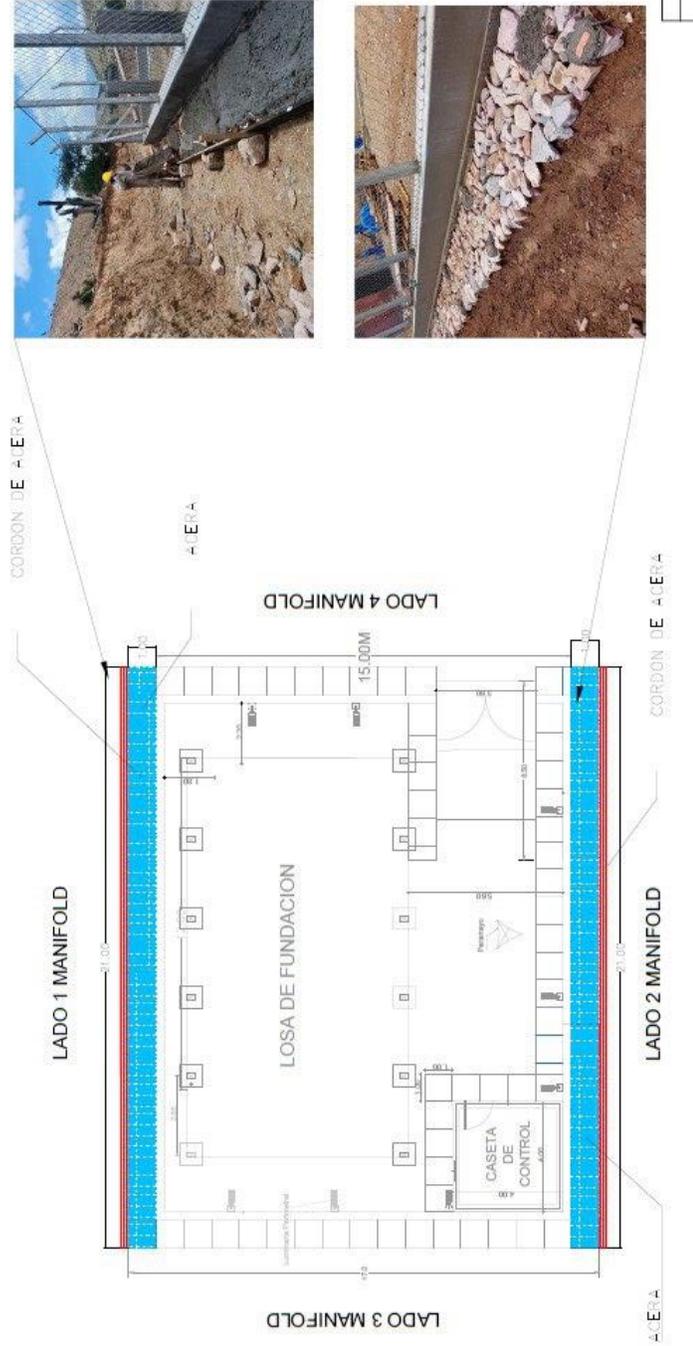
De mi mayor consideración:

En cumplimiento a lo establecido en el Contrato [REDACTED]/2023 de fecha 25 de septiembre de 2023 suscrito entre la empresa a la cual usted representa legalmente y YPFB, le comunico que el plazo de ejecución y entrega de obra será computado a partir de fecha viernes, 10 de octubre de 2023, bajo la Supervisión del Ing. Jose Edgar Sejas Terrazas. Motivo por el cual, en consideración y cumplimiento a la propuesta aceptada, las especificaciones técnicas; usted deberá ejecutar todas las actividades y trabajos de acuerdo al cronograma aprobado en un plazo de cien (100) días calendario, en caso de que no haya iniciado la Obra de conformidad a lo determinado en el Contrato, se procederá a la ejecución de las garantías.

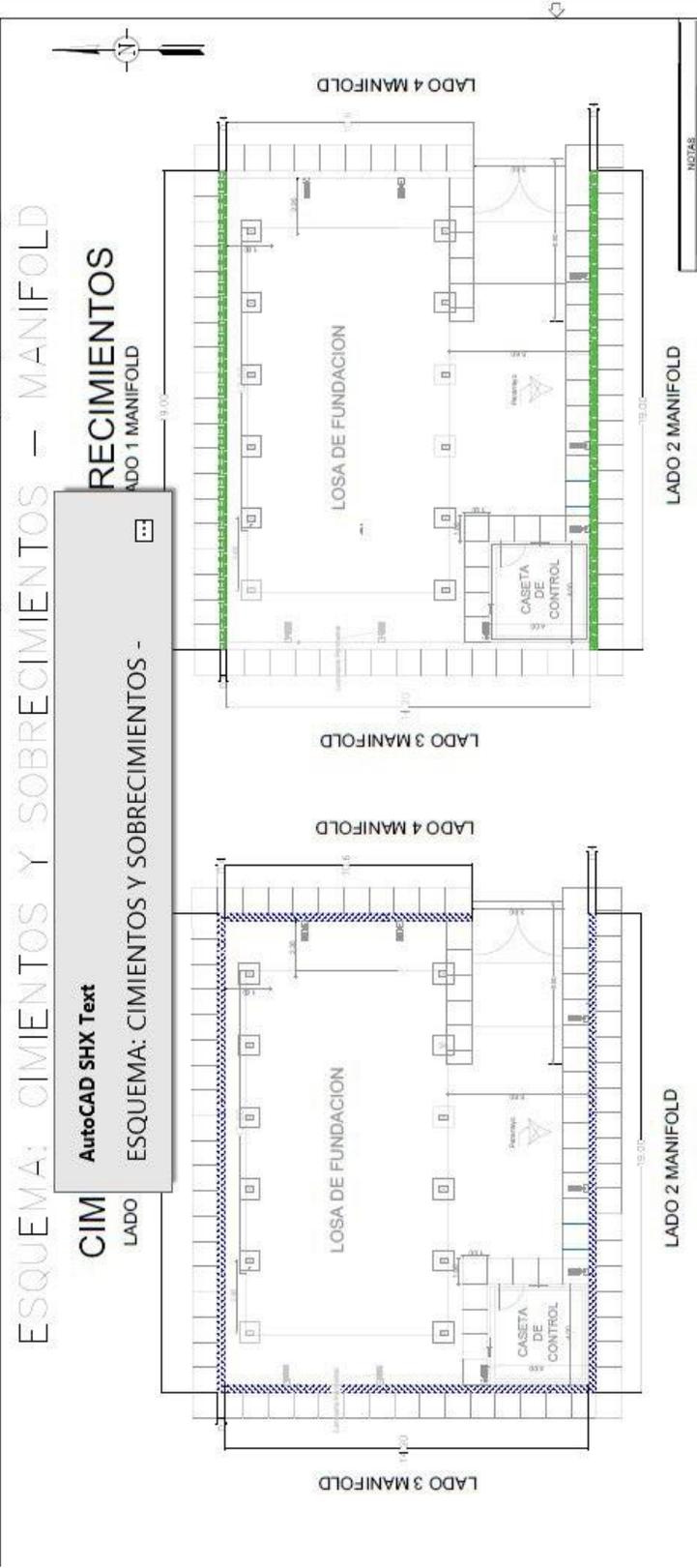
ANEXO-4

ANEXO-5

ESQUEMA: ACERA Y CORDON DE HORMIGON – MANIFOLD



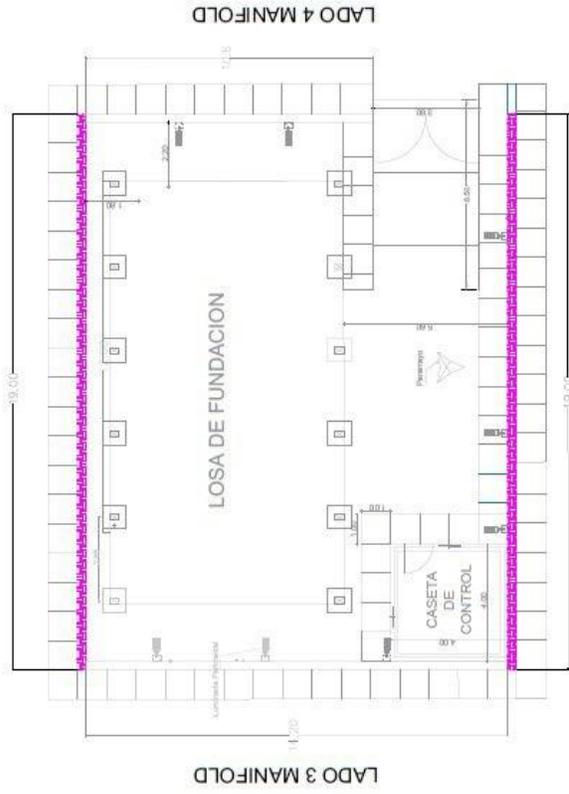
NOTAS
SIMBOLOGIA



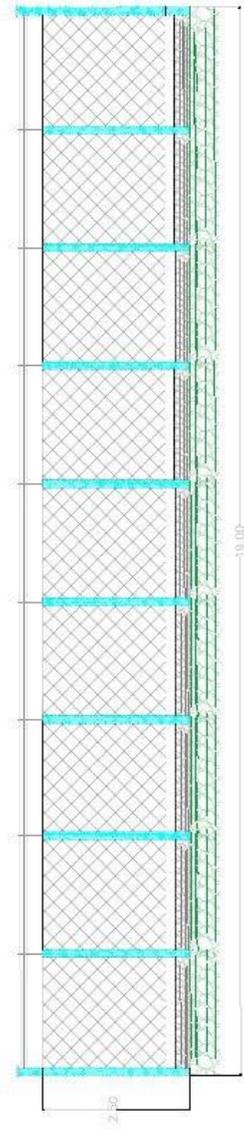
ESQUEMA: MALLA PERIMETRAL – MANIFOLD

MALLA PERIMETRAL

LADO 1 MANIFOLD



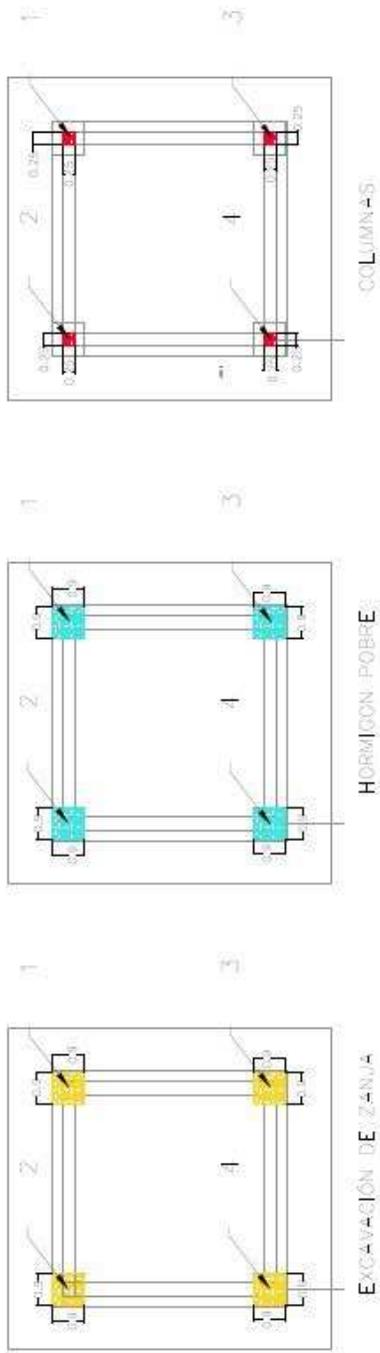
LADO 2 MANIFOLD



NOTAS	
SIMBOLOGIA	
	MALLA PERIMETRAL

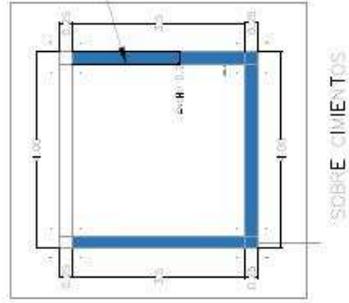
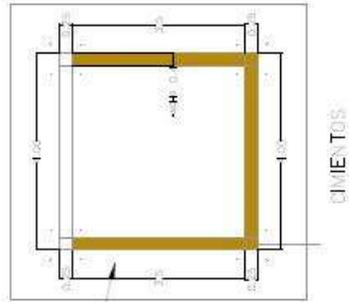
ESQUEMA: CASETA — MANIFOLD

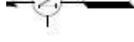
VISTA SUPERIOR CASETA MANIFOLD



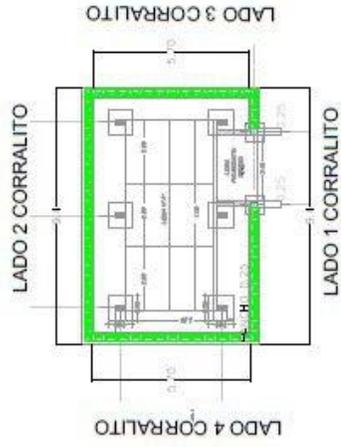
ESQUEMA: CASETA — MANIFOLD

VISTA SUPERIOR CASETA MANIFOLD

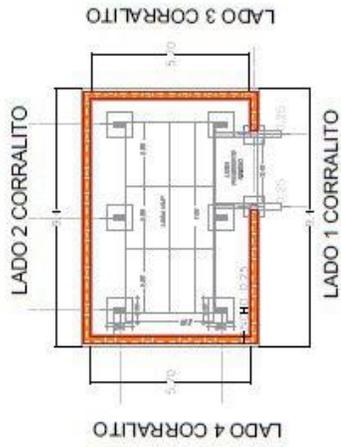




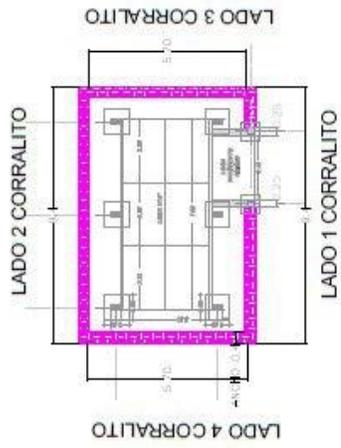
MALLA PERIMETRAL



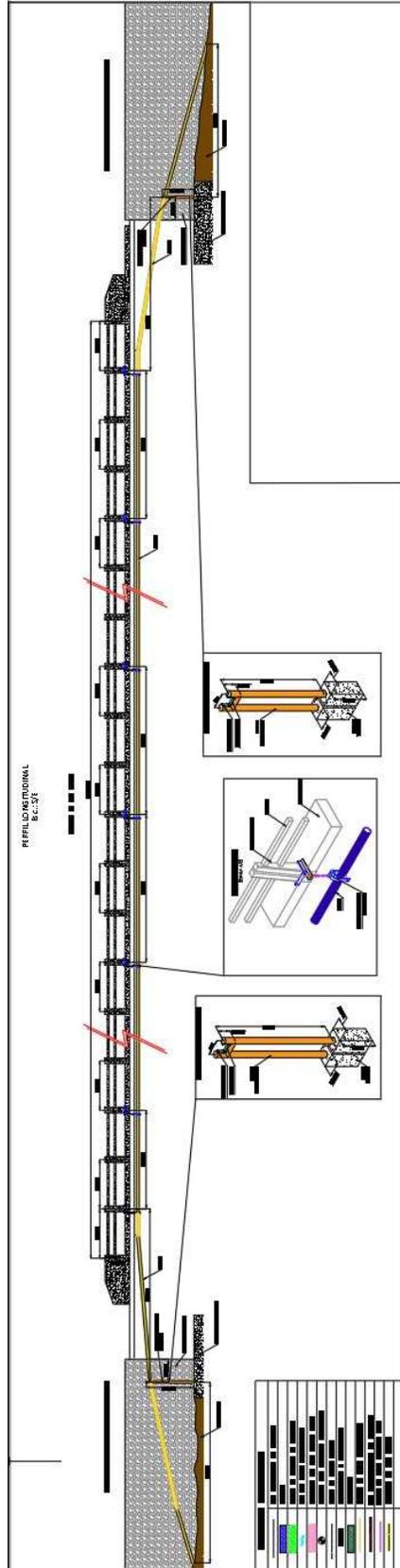
SOBRECIMENTOS



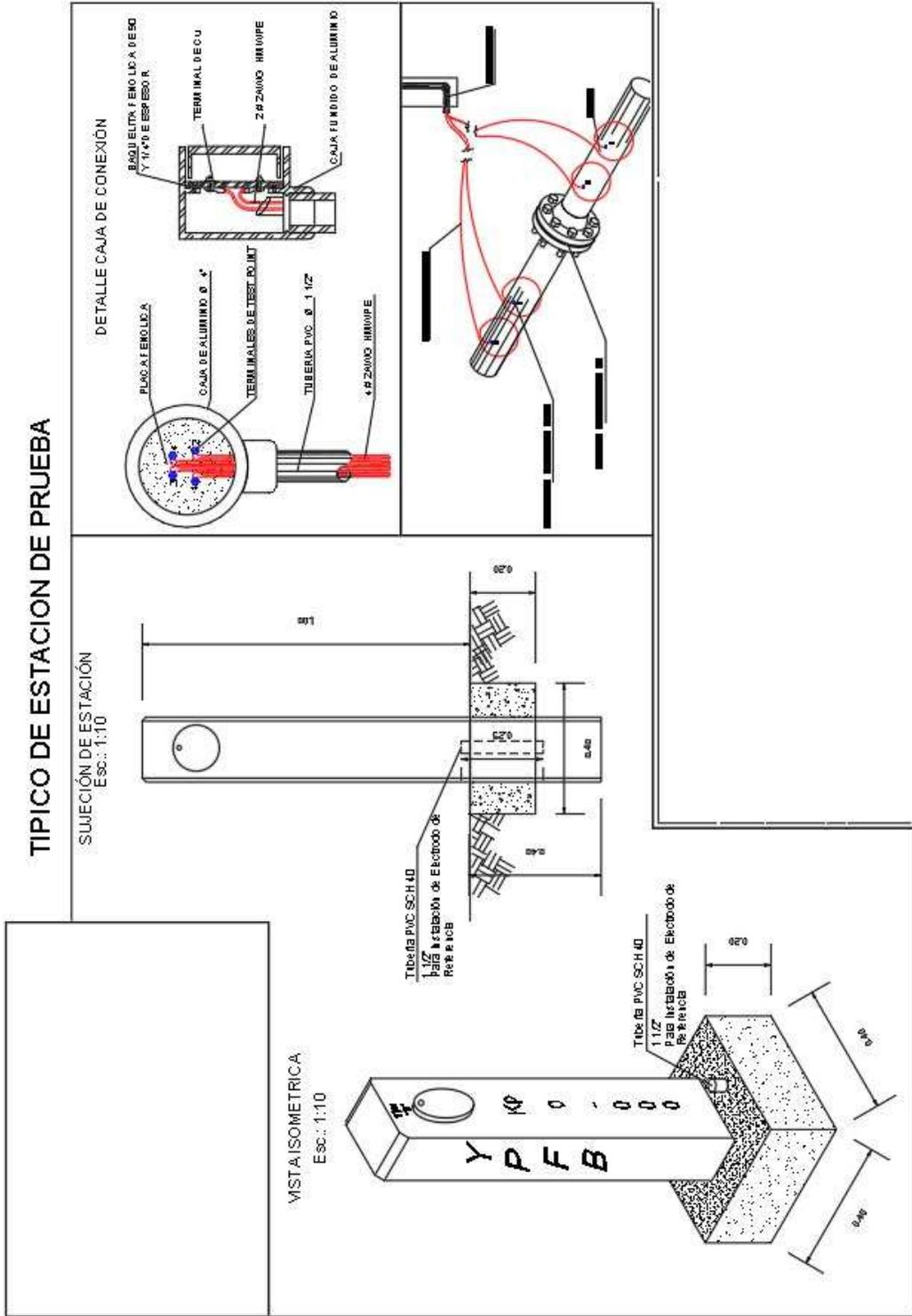
CIMIENOS



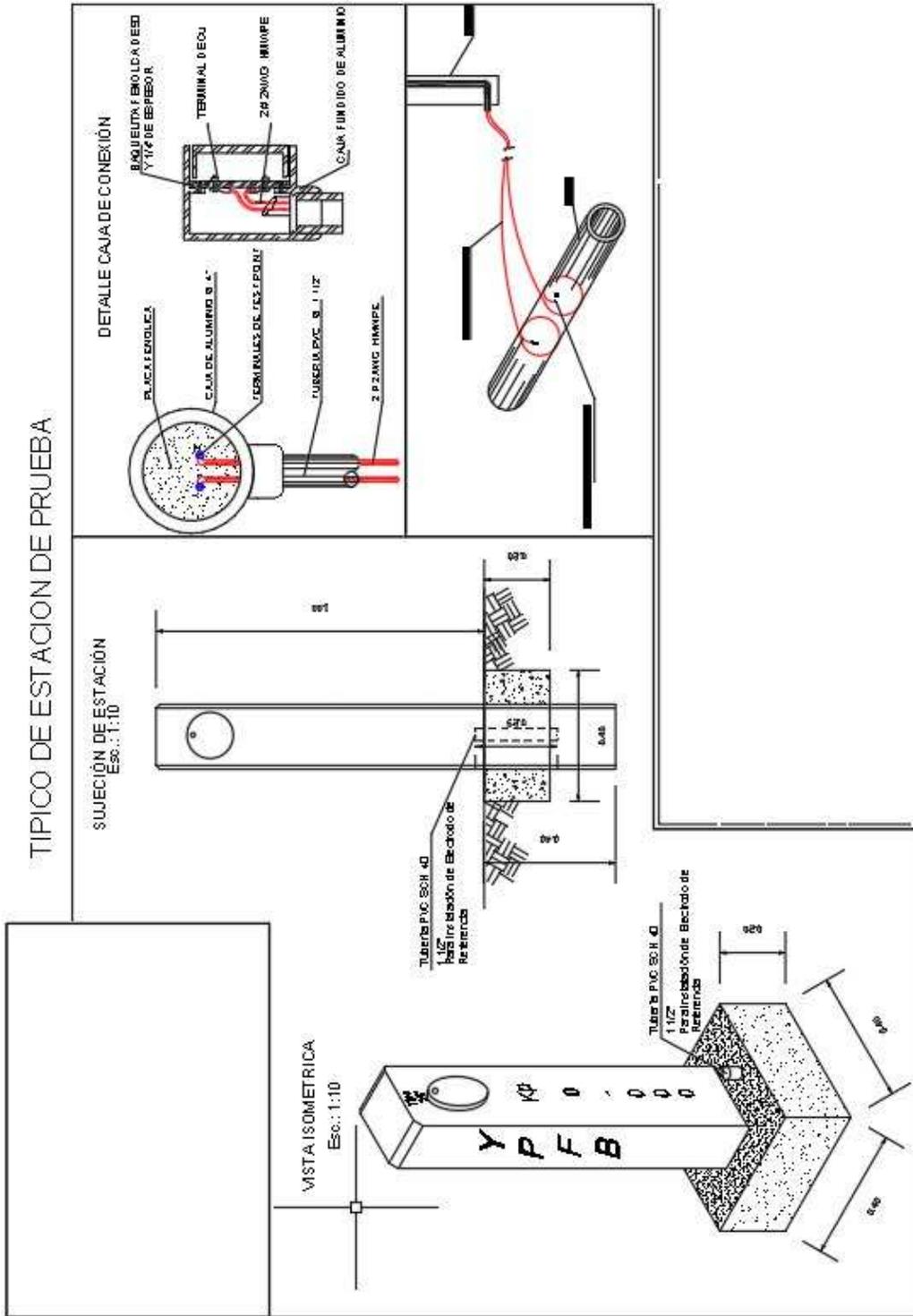
ANEXO-6



TIPICO DE ESTACION DE PRUEBA

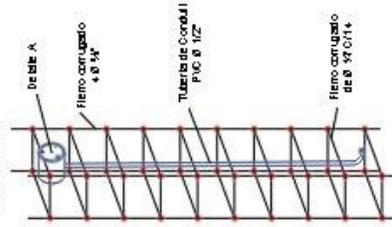


TÍPICO DE ESTACION DE PRUEBA

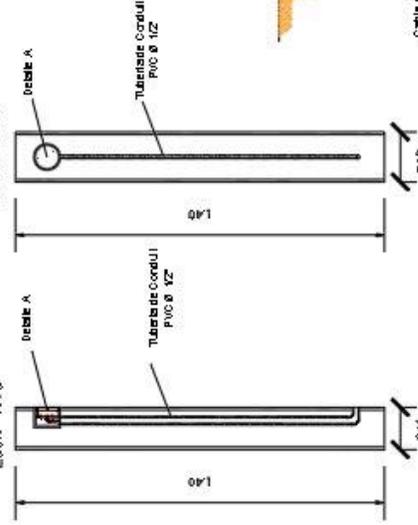


TIPO DE ESTACION DE PRUEBA

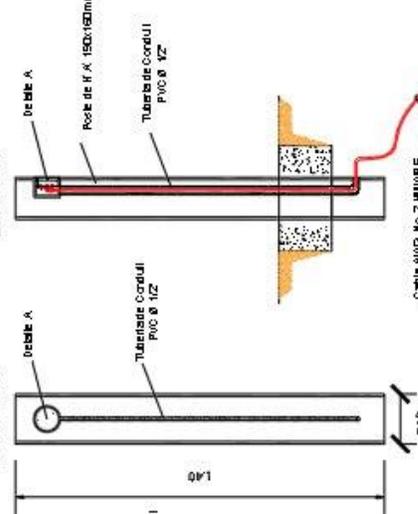
Detalle de Test Point
Esc.: 1:15



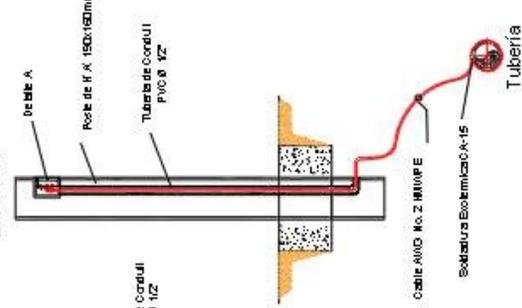
Vista lateral
Esc.: 1:15



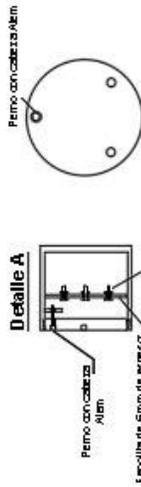
Vista frontal
Esc.: 1:15



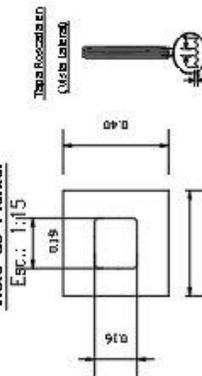
Conexión
Esc.: 1:15



Detalle A



Vista de Planta
Esc.: 1:15



“DISEÑO DE GASODUCTO EN EL TRAMO LA PAZ- COROICO-CARANAVI”

En el presente proyecto muestra el diseño de un gasoducto de Senkata hasta Caranavi y su ramal hacia Coroico. Se realizaron cálculos de caudal de acuerdo a la población del INE con su respectiva proyección hasta 20 años después de su creación. Con el uso de Google Earth, se pudo sacar perfiles de altura y distancia. Así también, los cálculos de diseño de presión se solventan con un simulador PIPEPHASE, el cual es reconocido internacionalmente, y también como parte del diseño del gasoducto, se hizo cálculos de protección catódica. En la parte constructiva del gasoducto se desarrolla a detalle la función que tiene cada ingeniero en cada proceso y los materiales que se usa, al igual que su descripción del cómo se ejecuta.

NOMBRE: JORGE BLANCO CHOQUE
CELULAR: 73591198
CORREO: j.bleic.c.23@gmail.com



2024-TTES-1622-0-1

DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-3412/2024
La Paz, 31 de octubre de 2024

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **28 de octubre de 2024**, por **JORGE BLANCO CHOQUE** con C.I. N° **8348728 LP**, con número de trámite **DA 1952/2024**, señala la pretensión de inscripción del Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE GASODUCTO EN EL TRAMO LA PAZ - COROICO - CARANAUI"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Teléfono: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijano,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Teléfono: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 731,
entre 16 de Julio y Antezana.
Teléfono: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Teléfono: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Umolagaita,
Zona Parque Bolívar.
Teléfono: 72005673

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa.
Edif. Santa Clara, N° 243.
Teléfono: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Teléfono: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Teléfono: 72018160

www.senapi.gob.bo





MINISTERIO DE DESARROLLO PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Proyecto de Grado titulado: **"DISEÑO DE GASODUCTO EN EL TRAMO LA PAZ - COROICO - CARANAVI"** a favor del autor y titular: **JORGE BLANCO CHOQUE** con C.I. N° 8348728 LP, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/lm

Firmado Digitalmente por:

Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI
CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS
LA PAZ - BOLIVIA

Firma:



xfxKv7Tu5Su74H

PARA LA VALIDACION DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagarria,
Zona Parque Bolívar.
Telf: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calle Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 1A.
Telf: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Sainas N° 242,
Primer Piso, Of. 11.
Telf: 72018160

www.senapi.gob.bo

