

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



**PROYECTO DE GRADO**

**“DESARROLLO DE UNA MATRIZ DE RIESGOS PARA  
EL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD EN EL POLIDUCTO  
SANTA CRUZ – CAMIRI (PCSZ – I)”**

**POSTULANTE:** GRACE ISAURA CAMPOS VELARDE

**TUTOR:** M.SC. ING. JUAN FERNANDO CUEVAS BANDA

La Paz- Bolivia

2021



**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**

Éste trabajo es dedicado con todo cariño a Dios y a mi familia por haberme apoyado en los momentos de mayor exigencia dentro de la Universidad y haberme dado la energía para nunca decaer y desanimarme en el avance de mi camino.

A mi madre Jenny, gracias por todo el esfuerzo que hiciste para sacarme adelante.

Mis abuelos Isaura y Reynaldo y mis tíos Karen, Ivette y Roger, que son ejemplo de perseverancia ante momentos difíciles.

A Juan, gracias por el apoyo incondicional y el cariño brindado.

## **AGRADECIMIENTO**

El Proyecto de grado no se pudo haber culminado sin el apoyo y guía de los a continuación nombrados, ya que fueron muy importante todas sus observaciones. Por tanto, me gustaría agradecer a las siguientes personas:

- A mi tutor M.Sc. Ing. Fernando Cuevas que me guió y corrigió en mi avance de proyecto de Grado.
- Al Tribunal revisor que se encargó de la evaluación final de mi Proyecto de Grado, ya que sin ellos no podría culminar y obtener mi grado Profesional.
- A todos mis amigos y docentes de la carrera de Ingeniería Petrolera por ser parte de este camino de aprendizaje y culminación de la carrera.

## RESUMEN EJECUTIVO

En el presente proyecto se desarrolló una matriz de riesgos como un método para el análisis de integridad en el poliducto Santa Cruz – Camiri, tomando como base las normas API 580-581, las cuales definen las metodologías de estudio de riesgos. La matriz de riesgos desarrollada permitió la identificación de los puntos críticos del poliducto en cuanto a su estado físico íntegro y permitió el análisis de las probabilidades y consecuencias de falla del poliducto. Con la información obtenida y analizada, se planteó un plan de administración de integridad de poliductos, donde se presentaron los planes de inspección y de mantenimiento preventivos, acorde a la probabilidad del deterioro y la consecuencia de falla que fueron determinados por la matriz de riesgos. A continuación, se describe el desarrollo del proyecto por capítulos:

En el primer capítulo se describen los fundamentos del proyecto como la problemática y la identificación del mismo solucionando el mismo con el planeamiento del objetivo.

En el segundo capítulo denominado “Marco Teórico” se describe la evaluación del estado mecánico de un poliducto, los métodos de inspección, la detección de corrosión y daños y los regímenes de flujo que comprende normalmente una tubería.

En el tercer capítulo se desarrolla ampliamente el análisis de integridad de los ductos basándose en el análisis determinístico, análisis probabilístico y análisis de flexibilidad para desarrollar después el procedimiento general para análisis de integridad.

En el capítulo cuatro se lleva a cabo el desarrollo de la matriz como un método para el análisis de integridad de un poliducto, se tomaron en cuenta las normas que nos dan los parámetros recomendados para un buen funcionamiento. Se identificaron los puntos críticos de la tubería gracias a la matriz semi-cuantitativa de riesgos y criticidad para su respectivo análisis. El resultado del análisis depende de la confiabilidad de los datos a utilizar. Al tener un método a seguir, se debe obtener información sobre los datos necesarios e importantes que necesitan para un análisis correcto. Posteriormente, se plantea el plan de administración de integridad de ductos donde se desarrolla los planes de inspección y mantenimientos preventivos a los ductos.

En el capítulo número cinco, se lleva a cabo el análisis de costos, considerando la factibilidad económica de la propuesta y la relación de costo y beneficio del mismo.

Finalmente, en el capítulo seis, se presentan las conclusiones acordes a los objetivos planteados, y de la misma forma se presentan las recomendaciones por parte del proyecto.

## **ABSTRACT**

In this project, a risk matrix was developed as a method for integrity analysis in the Santa Cruz - Camiri pipeline, based on API 580-581 standards, which define the risk study methodologies. The risk matrix developed allowed the identification of the critical points of the pipeline in terms of its complete physical condition and allowed the analysis of the probabilities and consequences of pipeline failure. With the information obtained and analyzed, a pipeline integrity management plan was proposed, where inspection and preventive maintenance plans were presented, according to the probability of deterioration and the consequence of failure that were determined by the risk matrix. Next, the development of the project is described by chapters:

In the first chapter, the fundamentals of the project are described, such as the problem and its identification, solving it with the planning of the objective.

The second chapter called "Theoretical Framework" describes the evaluation of the mechanical state of a pipeline, the inspection methods, the detection of corrosion and damage, and the flow regimes that a pipe normally comprises.

In the third chapter, the integrity analysis of the pipelines is extensively developed based on deterministic analysis, probabilistic analysis and flexibility analysis to later develop the general procedure for integrity analysis.

In chapter four the development of the matrix is carried out as a method for the integrity analysis of a pipeline, the standards that give us the recommended parameters for a good operation were taken into account. The critical points of the pipeline were identified thanks to the semi-quantitative matrix of risks and criticality for their respective analysis. The result of the analysis depends on the reliability of the data to be used. By having a method to follow, you must obtain information about the necessary and important data that you need for a correct analysis. Subsequently, the pipeline integrity management plan is proposed where the inspection and preventive maintenance plans for the pipelines are developed.

In chapter number five, the cost analysis is carried out, considering the economic feasibility of the proposal and its cost-benefit relationship.

Finally, in chapter six, the conclusions are presented according to the objectives set, and in the same way the recommendations of the project are presented.



# DESARROLLO DE UNA MATRIZ DE RIESGOS PARA EL ANALISIS DE INTEGRIDAD EN EL POLIDUCTO SANTA CRUZ – CAMIRI (PCSZ – I)

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO</b> .....	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vi</b>
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>1</b>
1.1. INTRODUCCIÓN .....	1
1.2. ANTECEDENTES .....	2
1.2.1. Integridad de activos .....	5
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
1.3.1. Identificación del problema.....	6
1.3.2. Formulación del problema .....	7
1.4. OBJETIVOS .....	7
1.4.1. Objetivo General .....	7
1.4.2. Objetivos Específicos .....	7
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	7
1.5.1. Justificación Técnica .....	7
1.5.2. Justificación Económica.....	7
1.5.3. Justificación Medio Ambiental y Social .....	8
1.6. ALCANCE.....	8
1.6.1. Alcance Temático.....	8
1.6.2. Alcance Geográfico.....	8
1.6.3. Alcance Legal.....	8
<b>CAPITULO II</b> .....	<b>9</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1. CONTROL DE LA SEGURIDAD.....	9
2.2. EVALUACION DEL ESTADO MECANICO DEL POLIDUCTO .....	11
2.2.1. Factores internos y externos en poliductos .....	11
2.3. MÉTODO DE INSPECCIÓN.....	16
2.3.1. Equipos de limpieza .....	17
2.3.2. Cepillos e imanes.....	18
2.3.3. Herramientas de limpieza inteligente entuberías.....	18

2.4. DETECCIÓN DE CORROSIÓN Y DEFECTOS .....	22
2.4.1. Clasificación de defectos .....	22
2.4.2. Corrosión en poliductos .....	24
2.5. Riesgos en poliductos .....	27
2.5.1. Cambio de geometría.....	27
2.5.2. Fatiga.....	28
2.5.3. Sabotaje o intervención de terceros.....	29
2.6. REGÍMENES DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS .....	32
2.6.1. Cálculo de la línea piezométrica.....	34
2.7. FLUJO MULTIFÁSICO.....	39
2.7.1. Correlaciones de flujo multifásico en tuberías verticales .....	39
2.7.2. Correlaciones de flujo multifásico en tuberías horizontales.....	39
2.8. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD.....	42
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>45</b>
<b>3. ANÁLISIS DE INTEGRIDAD .....</b>	<b>45</b>
3.1. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVA .....	45
3.2. MÉTODO DE ANÁLISIS DE INTEGRIDAD.....	47
3.2.1. Análisis determinístico.....	47
3.2.2. Análisis probabilístico.....	48
3.2.3. Análisis de flexibilidad .....	49
3.3. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD .....	50
3.4. DETERMINACION DE MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN EN BASE A ESPESORES.....	52
3.5. MECÁNICA DE LA FRACTURA APLICADA AL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD .....	59
3.5.1. Definición de fractura.....	59
3.6. NORMATIVA INTERNACIONAL APLICADA A LA INTEGRIDAD DE DUCTOS EN BOLIVIA .....	62
3.7. NORMAS DE SEGURIDAD INTERNACIONAL .....	66
3.7.1. OBSERVANCIA Y PLAZOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTA NORMA.....	69
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>70</b>
<b>APLICACIÓN PRÁCTICA.....</b>	<b>70</b>
<b>4. DESARROLLO DE LA MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD DE UN POLIDUCTO ....</b>	<b>70</b>
4.1. GENERALIDADES DEL POLIDUCTO.....	70
4.1.1. Descripción del poliducto Santa cruz- Camiri .....	71
4.2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL POLIDUCTO.....	86
4.2.1. Identificación de Riesgos de la Tubería .....	86
4.3. MATRIZ DE RIESGOS .....	88
4.3.1. Matriz de Riesgos Cualitativa .....	88

4.3.2. Matriz de Riesgos Semicuantitativa.....	163
4.4. ANÁLISIS DE RIESGOS .....	172
4.5. PLAN DE ADMINISTRACION DE INTEGRIDAD DE POLIDUCTOS.....	173
4.5.1. ADMINISTRACION DE INTEGRIDAD DE POLIDUCTOS.....	173
4.5.2. Protección mecánica exterior .....	178
4.5.3. Protección catódica .....	180
4.5.4. Reparaciones en la tubería.....	182
4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	187
<b>CAPITULO V .....</b>	<b>190</b>
<b>5. ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>190</b>
5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	190
5.1.1. Costo de la inspección de la herramienta instrumentada .....	190
5.1.2. Costo de reparación de los tramos identificados con criticidad alta .....	191
5.1.3. Costos ante un derrame de carburantes por ruptura de tubería .....	192
5.1.4. Beneficio del bombeo de carburantes en el poliducto.....	194
5.2. VALOR ACTUAL NETO.....	194
5.3. TASA INTERNA DE RETORNO .....	195
5.4. CONCLUSIONES ECONÓMICAS.....	196
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>197</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>197</b>
6.1. CONCLUSIONES .....	197
6.2. RECOMENDACIONES.....	198
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS.....</b>	<b>199</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>206</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>207</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: Presión de vapor .....	13
FIGURA 2-2: Diagrama Esfuerzo- Deformación .....	14
FIGURA 2-3:: Equipo de limpieza de copas.....	17
FIGURA 2-4: Tipo de copas .....	17
FIGURA 2-5: Cepillo .....	18
FIGURA 2-6: Imanes .....	18
FIGURA 2-7: Trampa de envío.....	19
FIGURA 2-8: Trampa de llegada .....	20
FIGURA 2-9: Herramienta de limpieza inteligente .....	21
FIGURA 2-10: Sistema de marcación magnética .....	22
FIGURA 2-11: Tubería afectada por corrosión.....	24
FIGURA 2-12: Ejemplo de tipos de defectos de corrosión y daños mecánicos.....	25
FIGURA 2-13: Punto de potencial pérdida de apoyo.....	28
FIGURA 2-14: Pérdida de apoyo por las inmediaciones de un oleoducto.....	28
FIGURA 2-15: Toma clandestina de hidrocarburo.....	30
FIGURA 2-16: Fuga de combustible a causa de ruptura de poliducto Camiri- Sucre .....	31
FIGURA 2-17: Tipos de flujo .....	32
FIGURA 2-18: Diagrama de Moody.....	33
FIGURA 2-19: Teorema de Bernoulli.....	34
FIGURA 2-20: Líneas de carga en una tubería .....	35
FIGURA 2-21: Ecuación de la recta de la línea piezométrica .....	38
FIGURA 2-22: Tipo de fluidos en tuberías horizontales .....	40
FIGURA 2-23: Amenazas dependientes del Tiempo .....	43
FIGURA 2-24: Amenazas dependientes del Tiempo .....	44
FIGURA 2-25: Amenazas independientes del tiempo .....	44
FIGURA 3-1: Metodología Análisis Probabilístico .....	48
FIGURA 3-2: Procedimiento General para análisis de integridad .....	51
FIGURA 3-3: MAOP y Piezométrica .....	58

FIGURA 3-4: Tipos de fractura.....	60
FIGURA 3-5: Categorías de fractura de acuerdo a la extensión de la zona plástica.....	61
FIGURA 3-6: Tiempo de vida residual .....	61
FIGURA 3-7: Métodos de Evaluación de Riesgo .....	63
FIGURA 4-1: Ubicación mediante mapa del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ- 1) .....	70
FIGURA 4-2: Estación Cabecera Palmasola.....	80
FIGURA 4-3: Estación Intermedia en Cabezas.....	81
FIGURA 4-4: Estación Intermedia Tatarenda.....	82
FIGURA 4-5: Estación Terminal Chorety (Camiri).....	83
FIGURA 4-6: Perfil longitudinal del poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1).....	85
FIGURA 4-7:Matriz de criticidad .....	172
FIGURA 4-8: Sistema de recubrimiento estándar y doble para tuberías .....	179
FIGURA 4-9: Protección catódica con ánodos galvanizados .....	181
FIGURA 4-10: Protección catódica con corriente impresa.....	182
FIGURA 4-11: Tubería afectada por perforaciones de terceros.....	185
FIGURA 4-12: Poliducto afectado por derrumbe .....	186
FIGURA 4-13: Reparación de un poliducto afectado por daño ocasionado .....	186
FIGURA 4-14: Incremento del riesgo de corrosión en los tramos.....	187
FIGURA 4-15: Desgaste .....	188
FIGURA 4-16: Fallas en el poliducto .....	188

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación de defectos en tuberías .....	22
Tabla 2-2: Tipos de corrosión.....	25
Tabla 2-3: Regímenes de flujo en tuberías .....	32
Tabla 2-4: Regímenes de flujo horizontal en tuberías .....	41
Tabla 3-1: Factor de junta de soldadura .....	53
Tabla 3-2: Factores de SMYS de acuerdo a la especificación y grado.....	54
Tabla 3-3: Valores de MAOP y MAOP <sub>reducido</sub> .....	56
Tabla 4-1: Características de la Tubería del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1).....	72
Tabla 4-2 : Dimensiones del poliducto PCSZ- 1 por secciones .....	72
Tabla 4-3: Capacidad del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1).....	73
Tabla 4-4: Gravedades API de productos transportados .....	73
Tabla 4-5: Presión de diseño del poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1).....	74
Tabla 4-6: Presión de Succión y descarga del PCSZ-1 - interfases.....	75
Tabla 4-7: Válvulas en el PCSZ-1 .....	78
Tabla 4-8: Productos transportados por el poliducto PCSZ-1 .....	79
Tabla 4-9: Kilómetros y Alturas del Poliducto (PCSZ-1).....	84
Tabla 4-10: Análisis de riesgos del poliducto Santa Cruz- Camiri .....	87
Tabla 4-11: Matriz de Riesgos Cualitativa del poliducto .....	89
Tabla 4-12: Matriz de Riesgo Semi- cuantitativa del poliducto.....	170
Tabla 4-13: Tipos de inspección directa.....	173
Tabla 4-14: Procedimientos para el control de corrosión externa .....	175
Tabla 4-15: Procedimientos para el control de corrosión interna.....	176
Tabla 4-16: Razones para planificación de reparación programada.....	183
Tabla 4-17: Principales alternativas de reparación.....	184
Tabla 5-1: Costo de la inspección del ducto tramo Santa Cruz – Camiri.....	190
Tabla 5-2: Costo total de la inspección en PCSZ-1 .....	191
Tabla 5-3. Costo de reparación por protección catódica .....	191
Tabla 5-4: Presupuesto en mantenimiento programado y ejecutado en gestión 2018.....	192
Tabla 5-5. Costos ante un derrame de carburantes por ruptura de ducto .....	193

Tabla 5-6. Beneficio del caudal de bombeo en el poliducto .....	194
Tabla 5-7. Cálculo del Valor Actual Neto .....	195
Tabla 5-8. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno .....	196

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación. 2.1. Ecuación de Reynolds .....	33
Ecuación. 2.2. Constante a lo largo de la tubería .....	35
Ecuación. 2.3. Ecuación de Bernoulli .....	35
Ecuación 2.4. Ecuación de Bernoulli en función de energías .....	35
Ecuación 2.5. Línea piezométrica a partir de la Ecuación de Bernoulli .....	36
Ecuación 2.6. Ecuación de línea piezométrica sin aporte de bombas. ....	36
Ecuación. 2.7. Igualdad de piezométricas .....	36
Ecuación. 2.8. Ecuación de línea piezométrica para el poliducto .....	36
Ecuación. 2.9. Ecuación de Darcy – Weisbach para pérdidas.....	37
Ecuación. 2.10. Línea piezométrica en función a pérdidas por fricción .....	37
Ecuación. 2.11. Ecuación de velocidad media en función al caudal .....	37
Ecuación. 2.12. Línea piezométrica en función a pérdidas de fricción y caudal.....	37
Ecuación. 2.13 Constante C a lo largo de la tubería.....	37
Ecuación. 2.14. Ecuación de Línea Piezométrica del Sistema .....	38
Ecuación 3.1. Ecuación de riesgo .....	52
Ecuación 3.2. Probabilidad de falla .....	52
Ecuación 3.3. Estado de corrosión actual .....	53
Ecuación 3.4. Esfuerzo tolerable tubería nueva .....	55
Ecuación 3.5. Esfuerzo tolerable tubería nueva o usada .....	55
Ecuación 3.6. Esfuerzo tolerable tubería usada .....	55
Ecuación 3.7. Máximo presión de operación admisible reducida .....	56
Ecuación 4.1. Riesgo .....	163
Ecuación 4.2. Probabilidad de falla .....	164
Ecuación 4.3. Estado de corrosión actual .....	165
Ecuación 4.4. Consecuencia de Falla .....	166
Ecuación 5.1. Valor Actual Neto.....	193
Ecuación 5.2. Tasa Interna de Retorno.....	193



## **ACRÓNIMOS**

**ANSI:** American National Standard Institute.

**API:** American Petroleum Institute.

**API-580:** Inspección basada en riesgo

**ASME:** Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos.

**ASME B31.4:** Sistema de Tuberías de Transporte para Líquidos Hidrocarburos y Otros Líquidos.

**ASME B31.G:** Manual para Determinación de Fuerzas Remanentes de Tuberías Corroídas

**ASTM:** American Society for Testing and Materials

**ASTM A 120:** Especificación estándar para tubería, acero, negro y recubierto de zinc por inmersión en caliente (galvanizado) soldado y sin costura.

**ANH:** Agencia Nacional de Hidrocarburos

**FER:** Factor Estimado de Reparación.

**MOP:** Máxima presión de operación

**MPO/PS:** Máxima Presión de Operación / Presión Segura.

**PCSZ-1:** Poliducto Camiri- Santa Cruz.

**PIG:** Herramienta de limpieza inteligente

**MFL PIG:** Herramienta de inteligente de Fuga de Flujo Magnético (Magnetic Flux Leakage).

**PMPO:** Presión máxima permisible de operación.

**RASH:** Reglamento Ambiental para el Sector de Hidrocarburos.

**SCADA:** Control Supervisado de Adquisición de Datos (Supervisory Control and Data Acquisition).

**SMYS:** Tensión mínima de fluencia especificada.

**YPFB:** Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos.

# CAPÍTULO I

## GENERALIDADES

### 1.1. INTRODUCCIÓN

En la industria petrolera, la infraestructura del ducto para el transporte de derivados del petróleo se deteriora a lo largo de su funcionamiento con el transporte de hidrocarburos líquidos durante su operación. El deterioro del estado físico íntegro del ducto es causado por una variedad de riesgos, como la corrosión, amenazas geológicas e hidrológicas, por consiguiente, es de suma importancia desarrollar métodos de análisis de integridad para establecer planes de administración para la inspección y mantenimiento que permitan mantener la integridad física del ducto y extender su vida útil.

Al no contar con información precisa del estado físico del poliducto, empresas como YPFB Corporación, no pueden evaluar las probabilidades de una fractura en un poliducto que transporta derivados de petróleo, cuando ocurre una fractura, hay una mayor posibilidad de existir una fuga y derrame de estos combustibles, este suceso afecta a YPFB Corporación por la pérdida de producto que es transportado para su comercialización, y de igual forma el derrame de combustible provoca una grave contaminación a los suelos, que afecta parte de la producción agrícola cercana y la mayoría de las comunidades ambientales. Al presentarse estas consecuencias, YPFB Corporación debe realizar una compensación económica, principalmente por no cumplir con la entrega de combustible al receptor final como las refinerías, de igual forma debe indemnizar a los afectados a causa del daño medioambiental ocurrido, esta indemnización debe cumplir con la ley de medio ambiente que a su vez está ligada al Reglamento Ambiental para Sector de Hidrocarburos. Asimismo, la imagen y confiabilidad operativa de YPFB Corporación es cuestionada, en cuanto a las disposiciones de seguridad, calidad y cuidado del medio ambiente.

El desarrollo de una matriz de riesgos como un método para el análisis la integridad del ducto, permite evaluar los datos de criticidad que son de utilidad para comprender el estado físico actual del ducto, e identificar cuáles son los puntos críticos que indican un severo desgaste del

ducto, todo ello para anticipar y tomar medidas preventivas para una fractura del ducto que cause un derrame de combustible transportado y evitar consecuencias económicas y ambientales.

La predicción de riesgos con la matriz propuesta desarrollará beneficios técnicos operativos, debido a que se tendrá constancia de si el poliducto está fallando, cuáles son sus puntos de mayor criticidad y administrar los periodos de mantenimiento preventivos del ducto, evitando interrupciones del transporte de combustible a las terminales de recepción.

## **1.2. ANTECEDENTES**

Se tiene como primer antecedente el estudio realizado en Ecuador por los Señores Michael Patricio Campoverde Nolivos, Marco Francisco León Dunia (2010), con el tema: “Diseño E Implementación De Un Modelo De Plan De Integridad De Ductos En El Bloque 15 de Petroamazonas Ep.”, Ecuador, con las siguientes conclusiones:

- El Plan de Integridad de Ductos desarrollado para PAM por ser el primer trabajo de tesis en la Escuela Politécnica Nacional que se enfoca en el análisis de gestión de riesgos de ductos que transportan fluidos de alta peligrosidad como el crudo, es el trabajo precedente y base para la realización de posteriores estudios dentro de la universidad.
- La elaboración del Plan de Integridad de Ductos para PAM ha ayudado a resolver una necesidad de la industria ecuatoriana sin requerir la intervención de entes extranjeros y promoviendo de esta manera al desarrollo del país.
- El desarrollo del Diseño e Implementación del Plan de Integridad de Ductos para PAM EP está basado en normas técnicas y regulaciones internacionales encargadas de regular el transporte de fluidos de alta peligrosidad.
- Por medio del Plan de Integridad de Ductos para PAM, se generarán elevadas ganancias económicas y se obtendrán altos niveles de reconocimiento a la empresa operadora debido a la intervención proactiva por parte del personal para mitigar riesgos que de una u otra manera afecten el medio ambiente que lo rodea, y a la salud de personas pertenecientes y ajenas a la empresa.

- Las leyes ecuatorianas que regulan las tuberías de transporte de fluidos peligrosos como el crudo, al momento no contienen las regulaciones necesarias para la aplicación de planes de integridad de ductos.

El trabajo de la señorita Cindy Monserrat Cortes Carrión “Análisis de integridad de ductos”, Veracruz, México (2011), con las conclusiones:

- El análisis de integridad es de suma importancia para determinar el efecto del estado actual de la instalación y/o elemento a evaluar en su capacidad operativa y seguridad actual como futura. Así pues, como establece las medidas o acciones específicas de prevención, control y mitigación de los riesgos.
- El AI propone procedimientos de reparación más eficaces, rápidos y seguros sin interrupción de servicio; Así como modificaciones en condiciones de operación, diseño, refuerzos, etc. Con el objetivo de alargar la vida útil. Además de que, genera una base documental de las tareas de inspección y mantenimiento como historial para las próximas evaluaciones y establece mejores procedimientos de inspección no destructiva.
- El resultado más importante del AI es la reducción de la frecuencia del mantenimiento correctivo, sin reducción de la seguridad. Es decir, aporta las bases para el alargamiento de la vida útil de instalaciones y el aumento de su capacidad productiva, además, amplía el conocimiento y la base documental, lo que eleva el nivel técnico del personal y reduce significativamente el riesgo de fallas.
- De lo cual se concluye que el AI, es un estudio el cual permite al ingeniero llevar un mejor control de proceso en el mantenimiento de las instalaciones que transportan hidrocarburos, y si esto se realiza en tiempo y forma adecuada, la seguridad tanto de PEMEX como de todos sus empleados, así como al medio ambiente será superior a lo que actualmente posee.

El trabajo del señor Jorge Yasksetin Castillo (2011) “Análisis de la integridad mecánica de un tramo de oleoducto afectado por un fenómeno geodinámico” de la Universidad de Piura, Perú con las conclusiones:

- Este análisis de naturaleza muy específica que permitió conocer el estado tensional de un tramo de un ducto transportador de hidrocarburo resultó de mucha utilidad para el operador del ducto.
- En efecto si la tensión en el material del ducto hubiera alcanzado el 70% de la fluencia debería haber sido reemplazado todo ese tramo.
- El reemplazo de ese tramo de ducto habría costado al operador del ducto cerca de 250000 dólares.
- El método de la relajación de tensiones es una técnica que requiere mucho cuidado En esta aplicación, única en el Perú, resultó de gran utilidad para el operador.
- La aplicación del software de análisis por elementos finitos el ALGOR en este caso ayudó a corroborar los resultados del ensayo experimental.
- Por último, cabe decir que el uso de las técnicas experimentales y las técnicas computacionales convenientemente utilizadas ayudan a solucionar problemas complejos de ingeniería.

El trabajo del señor Alex Danilo Herrera Salazar, “Estudio de la integridad mecánica del ducto de transferencia de petróleo yuca - culebra del campo auca y su incidencia en la vida útil de la tubería según la norma api 570.”, Universidad Tecnológica Indoamérica, Ecuador (2017), con las conclusiones:

- La vida remanente de la tubería de transferencia de petróleo yuca – culebra del campo auca es de 0 años, presenta una de velocidad de corrosión de 0,005 inch al año y valores de espesor de pared menores al mínimo requerido para el servicio de transporte de petróleo.
- Mediante el análisis de tramos críticos de la tubería de transferencia de petróleo yuca – culebra del campo auca, se demostró la integridad mecánica del tramo 157 se encuentra comprometida, por tener espesores menores al mínimo requerido para el servicio.

Tomando en cuenta las recomendaciones acerca del estado de un ducto que no se le empleó un análisis de integridad oportuno:

- Establecer la metodología de reparación aplicable en el tramo 157 de la tubería de transferencia Yuca Culebra del Campo Auca para recuperar la integridad mecánica del ducto
- Trabajar con los departamentos del Campo Auca para identificar en el tramo 157 el mecanismo de falla y las causas que produjeron la disminución de espesor acelerada, con el objetivo de formular un plan de mejora continua que ayude a incrementar la vida remanente del ducto de transferencia de petróleo Yuca – Culebra del Campo Auca.
- Programar con los departamentos del Campo Auca, la reparación o reemplazo del tramo 157 de 6 inch en función de la capacidad de almacenamiento de las facilidades de producción, con el objetivo de disminuir el riesgo operativo y evitar posibles fugas de petróleo, daños ambientales y pérdidas de producción.

### **1.2.1. Integridad de activos**

El Ing. Mauricio Teutónico, Mar del Plata, Argentina define que la Integridad de Activos es una disciplina de la Ingeniería que busca alinearse con las mejores y más modernas prácticas de la industria, para responder ante los requerimientos de seguridad que plantea nuestra sociedad en la actualidad.

Actualmente, nuestra sociedad no percibe como un beneficio el obtener un bien o servicio que implique dañar o poner en riesgo a las personas o al medio ambiente. Por ello, más allá de los códigos de diseño o las normas de aplicación para la construcción, operación y mantenimiento de sistemas mecánicos, la ingeniería moderna asume el reto de gestionar la vida útil de los activos enfrentando a las amenazas que atacan los sistemas, generadores de defectos que reducen sustancialmente la vida residual de esos sistemas.

Por esta razón la Integridad de Activos es aquella medida que implementa el operador de manera ordenada y sistemática para gerenciar los riesgos, priorizando la seguridad de las personas y del medio ambiente.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Artículo “Sistema de integridad de ductos” por Mauricio Teutonico con la colaboración Carlos Manfredi y Gerardo Soula.

### **1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.3.1. Identificación del problema**

En la industria del petróleo, especialmente en el transporte de hidrocarburos, se cree que la degradación de los poliductos provocada por múltiples factores como medio ambiente, hidrología, corrosión, etc., perjudica el suministro de los mercados internos y externos, además de provocar daños económicos y medio ambientales en caso de ruptura del ducto.

La contaminación daña el medio ambiente, por lo tanto, se deben desarrollar e implementar estrictos procedimientos de inspección y mantenimiento preventivo para mantener la integridad del ducto y extender su vida útil, previniendo en caso de fractura la pérdida de producto, reparaciones riesgosas, multas por incumplimiento y en caso de daño al medio ambiente, indemnizaciones a los comunarios de la zona afectada. Por esta razón, es necesario desarrollar un método para realizar un adecuado análisis de integridad para la obtención de información del estado físico del poliducto, para realizar posteriormente la planificación y administración de los procedimientos de inspección y mantenimiento a realiza.

Dado que el poliducto Santa Cruz-Camiri se remonta a 1958, es considerado como uno de los ductos más antiguos para el transporte de hidrocarburos líquidos, por lo que actualmente, el grado del desgaste físico del ducto es desconocido y no se tiene conocimiento de los puntos críticos que tienen mayor probabilidad de fractura. Además, transporta los hidrocarburos destilados desde la refinería Guillermo Elderbell hasta la comunidad de Camiri en el departamento de Santa Cruz.

Por otra parte, no existe la implementación de un sistema de gestión de integridad de ductos dentro la administración de YPFB Transportes para evitar daños a los ductos, los cuales derivan a consecuencias ambientales, económicas y sociales, además YPFB Transportes necesita aplicar nuevas técnicas dentro el proceso de control de activos.

### **1.3.2. Formulación del problema**

Expuesto el problema objeto de estudio, se formula la siguiente interrogante de estudio:

¿Existe alguna herramienta de evaluación de riesgos, para el análisis de integridad del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1)?

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Desarrollar una matriz de riesgos para el análisis de integridad en el poliducto Santa Cruz- Camiri que permita conocer el estado actual del poliducto.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar el tipo de inspecciones, las normas aplicables y pasos a seguir para el análisis de integridad del poliducto.
- Realizar un procedimiento para el estudio de integridad del poliducto.
- Determinar los puntos críticos del poliducto más propensos a daños por el entorno que lo rodea.
- Analizar el estado actual del derecho de vía mediante la inspección del poliducto Santa Cruz- Camiri.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN**

### **1.5.1. Justificación Técnica**

El presente proyecto permitirá evaluar el estado íntegro actual del poliducto Santa Cruz- Camiri, asimismo, ayudará a identificar cuales los puntos críticos del poliducto con riesgo de ruptura, para que, de esta forma, se realicen programas de inspección y mantenimiento preventivo con el fin de mantener la integridad y buen funcionamiento del poliducto.

### **1.5.2. Justificación Económica**

El presente proyecto permitirá evitar pérdidas económicas a YPFB Corporación, las cuales se pueden presentar principalmente por pérdida de producto a causa de ruptura del poliducto, por



no tener un mantenimiento adecuado, y de igual forma, evitar la pérdida de ingresos económicos por suspensión de transporte y posterior comercialización de combustible.

### **1.5.3. Justificación Medio Ambiental y Social**

El presente proyecto identificará los puntos críticos con mayor probabilidad de ruptura del poliducto, a los cuales se deberá realizar un mantenimiento preventivo, evitando daños al medio ambiente a causa de una ruptura en el poliducto y por lo mismo existan fugas de combustibles altamente contaminantes e inflamables, pues siendo el derrame de combustible el principal factor de contaminación en la flora, fauna y a sectores donde exista comunidades que realicen actividades agrícolas en áreas cercanas al poliducto.

## **1.6. ALCANCE**

### **1.6.1. Alcance Temático**

El presente proyecto abarcará las siguientes áreas: transporte por ductos de hidrocarburos líquidos, análisis de integridad, metodología de inspección en base al riesgo, plan de administración para mantenimiento de ductos.

### **1.6.2. Alcance Geográfico**

El presente proyecto será aplicado en el departamento de Santa Cruz, específicamente el recorrido de inicio a fin del poliducto Santa Cruz- Camiri, el cual inicia desde la provincia Andrés Báñez donde se encuentra la Refinería Guillermo Elder Bell, siendo la Estación Santa Cruz (abscisa 5+715), pasando por las terminales de Cabezas (abscisa 102+600) y Tatarenda (abscisa 153+900) ubicadas en la provincia de Cordillera y finaliza en la terminal la ciudad de Camiri (abscisa 271+900), también ubicada en la provincia de Cordillera.

### **1.6.3. Alcance Legal**

El presente proyecto toma como referencia las normas de API 580 -581 que tratan sobre la inspección basada en riesgo, sirviendo como base para el desarrollo de la matriz de riesgo, adicionalmente toma como referencia la norma ASME B31.4, para los cálculos de las presiones máximas admisibles.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. CONTROL DE LA SEGURIDAD.

Existen y se aplican muchas normas internacionales y nacionales tanto para la construcción como para la operación de ductos, pero son obligatorias las Normas Oficiales Bolivianas emitidas por la autoridad correspondiente, en este caso el Ministerio de Hidrocarburos. El transporte de crudo y productos derivados no está regulado en cuanto su integridad por parte de la Agencia de Hidrocarburos y no tiene normas oficiales que permitan esa regulación.

“La verificación de las normas se realiza mediante la evaluación de la conformidad de dichas normas, que consiste en un análisis de la información documental y visitas de campo para revisión de métodos, procedimientos y registros de calidad, en el diseño, la construcción y la operación de los ductos.” (Gutierrez, 2010)

La evaluación de la conformidad de las NOM's debe ser realizado por una unidad de verificación (UV) debidamente acreditada y aprobada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos conjuntamente con el Ministerio de Hidrocarburos.

La UV debe obtener la información documental y realizar la inspección en campo de las instalaciones principales del sistema de transporte como son los puntos de recepción, las estaciones de medición y regulación, válvulas de seccionamiento y protección catódica.

“La UV debe verificar que el propietario asegura el correcto funcionamiento del sistema de transporte mediante programas de mantenimiento preventivo, mantenimiento de la protección catódica, monitoreo de fugas, inspección y calibración de reguladores de presión, de válvulas de relevo y de válvulas de seccionamiento.” (Gutiérrez, 2010)

“En materia de seguridad el propietario debe contar con programa de prevención de accidentes, información y educación a usuarios y población, plan integral de seguridad y protección civil,

atención a emergencias, titularidad de derechos de vía y análisis de riesgo ambiental.” (Gutiérrez, 2010)

En otros países como Ecuador y México, las instalaciones de los usuarios, industriales, comerciales y residenciales se vigilan con la norma NOM 002 tanto preoperativa de construcción, como periódica de operación y mantenimiento. “Las instalaciones de consumos industriales y comerciales deben verificarse anualmente si su consumo es mayor a 360 gigacalorías (gcal) y cada 2 años cuando su consumo es inferior. Las instalaciones residenciales deben de ser verificadas pre operativamente durante la construcción y cada 5 años por operación y mantenimiento.” (Gutiérrez, 2010)

Estos verifican que se disponga del programa de Operación y Mantenimiento (OM), que se usen los equipos adecuados y calibrados, que se dispone del personal calificado y que se identifique toda la información de tal manera que permita su rastreabilidad, que se disponga del manual de métodos y procedimientos, la actualización de los planos del sistema, la capacitación proporcionada a los operadores, el reporte de inspección a válvulas y reguladores, al sistema de protección catódica, de calibración de medidores, de realización de simulacros, de inspección de patrullaje del gasoducto, incluyendo los reportes semestrales entregados a la CRE y el plan integral de seguridad y de protección civil. La verificación de los certificados de calidad y calibración de los equipos, mantenimiento de registros y disponibilidad de los datos y magnitud de la incertidumbre.

En el caso de Bolivia no existe una normativa que realice un control de seguridad e integridad del ducto pertinente y es por esa razón que, actualmente los riesgos en estos ductos no pueden ser estimados por YPFB. Cabe recalcar que los ductos de transportan hidrocarburos líquidos tienen una antigüedad entre 20 y 30 años de construidos y cabe observar que fueron construidos con altas especificaciones, pero el mantenimiento ha sido en ocasiones deficiente y no están sujetas a normas obligatorias dado que este campo no está regulado.

Un ejemplo de acciones internacionales es el caso de México y es que, en las últimas reformas del Congreso a la Ley de Petróleos Mexicanos, se faculta a la Comisión Reguladora de Energía para regular la operación de los ductos que transportan derivados de petróleo, es decir

principalmente los poliductos que llevan derivados de las refinerías a las terminales de almacenamiento.

Sin embargo, aún no se pone en práctica esta reforma por parte de la Agencia Nacional de Hidrocarburos y el Ministerio de Hidrocarburos. Por lo tanto, YPFB Refinación únicamente se encargará de operar los ductos que transportan crudo y sus derivados a las refinerías y podrán establecerse normas de seguridad obligatorias, sobre todo si se regulan a través de la ANH.

“Los derrames y fugas, tendrán que ir disminuyendo con una aplicación de normas oficiales, pero además debe buscarse una solución de fondo para atacar el problema de las tomas clandestinas. Por ejemplo, darle tratamiento de crimen organizado lo que de hecho es, y combatirlo con medios y penas correspondientes a la gravedad de los actos que ponen en riesgo la seguridad de la población civil.” (Gutiérrez, 2010)

## **2.2. EVALUACION DEL ESTADO MECANICO DEL POLIDUCTO**

### **2.2.1. Factores internos y externos en poliductos**

Entre los factores internos y externos en poliductos tenemos los siguientes:

- Factores principales de fluidos
- Factores principales de la tubería
- Factores principales del sistema de transporte
- Factores principales para el análisis de integridad de riesgos
- Espesores de tubería

#### **2.2.1.1. Factores principales de los fluidos**

Los fluidos cumplen un papel importante al ser transportados por tuberías los cuales que pueden causar desgastes y daños a la misma. Por lo tanto, se debe tomar en cuenta los siguientes conceptos:

#### **Viscosidad dinámica ( $\mu$ ).**

Viscosidad ( $\mu$ ) de un fluido es la resistencia a que las distintas láminas deslicen entre sí.

#### **Viscosidad cinemática ( $\nu$ )**

Es el cociente entre la viscosidad absoluta y la densidad.

### **Masa (m)**

Es una medida de la cantidad de materia que posee un cuerpo.

### **Densidad ( $\rho$ )**

La densidad ( $\rho$ ) es una magnitud escalar referida a la cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.

La densidad media es la razón entre la masa de un cuerpo y el volumen que ocupa.

### **Velocidad (v)**

La velocidad es una magnitud física de carácter vectorial que expresa el desplazamiento de un objeto por unidad de tiempo.

Se representa por  $v$ , sus dimensiones son [Longitud]/[Tiempo]. Su unidad en el Sistema Internacional es el m/s.

### **Temperatura (T)**

Se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico. Está relacionada directamente con la parte de la energía interna conocida como Energía Cinética, que es la energía asociada a los movimientos de las partículas del sistema, sea en un sentido traslacional, rotacional, o en forma de vibraciones.

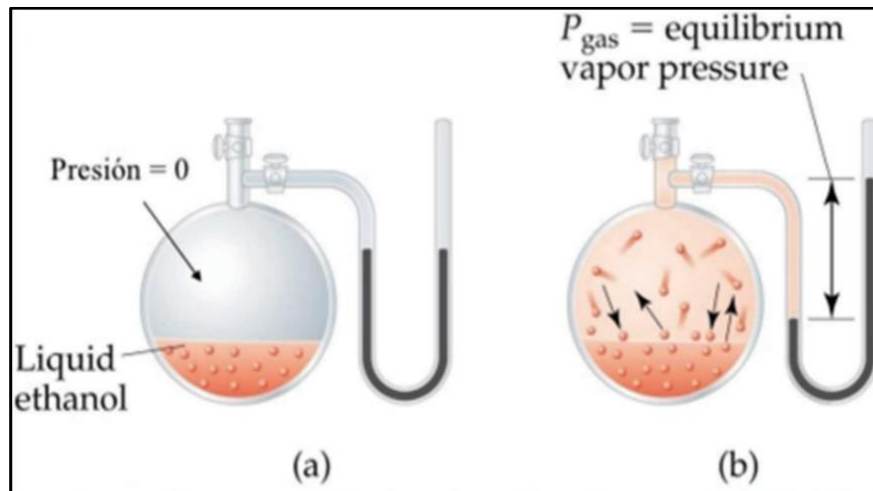
A medida que sea mayor la energía cinética de un sistema, se observa que éste se encuentra más caliente; es decir, que su temperatura es mayor.

### **Presión de vapor (Pv)**

La presión de vapor es la presión de la fase gaseosa o vapor de un sólido o un líquido sobre la fase líquida, para una temperatura determinada, en la que la fase líquida y el vapor se encuentra en equilibrio dinámico; su valor es independiente de las cantidades de líquido y vapor presentes mientras existan ambas.

En la Figura 2-1, se puede visualizar el equilibrio dinámico causada por la presión de vapor de un líquido a cierta temperatura.

**FIGURA 2-1: Presión de vapor**



Fuente: Química General I Profesor: Ing. Justo Huayamave

#### 2.2.1.2. *Factores principales de la tubería*

Para realizar el análisis de integridad de tubería se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

##### **Diámetro (D)**

El diámetro es el segmento de recta que pasa por el centro y une dos puntos opuestos de una circunferencia, una superficie esférica o una curva cerrada. El diámetro de una esfera es el segmento que pasa por el centro y tiene sus extremos en la superficie de esta.

##### **Esfuerzo (e)**

Esfuerzo es la resistencia que ofrece un área unitaria del material del que está hecho un material para una carga aplicada externa.

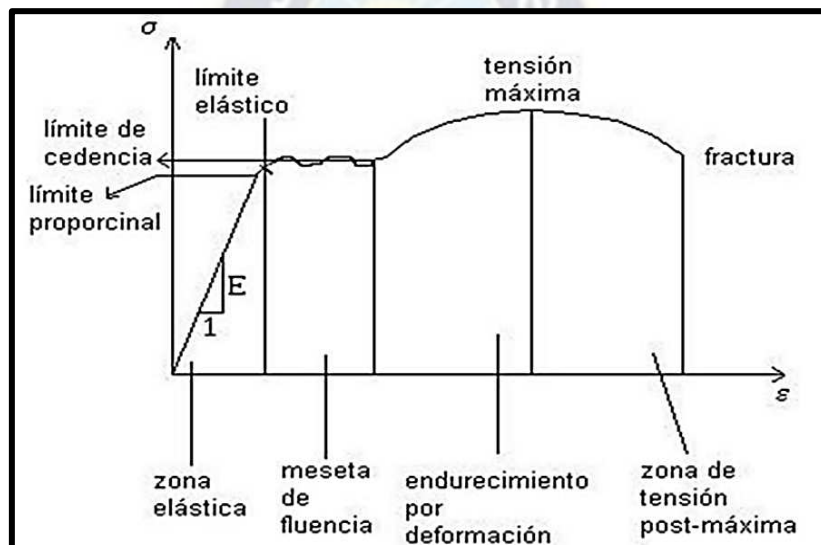
##### **Esfuerzo de fluencia ( $S_y$ )**

Indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica. Es el esfuerzo en el que un material exhibe una deformación permanente

específica y es una aproximación práctica de límite elástico. El límite elástico convencional está determinado a partir de un diagrama esfuerzo-deformación.

Es el esfuerzo que corresponde a la intersección de la curva de esfuerzo-deformación con una línea paralela a su sección recta, con un corrimiento específico. El desplazamiento de los metales suele especificarse como un 0,2%; es decir, la intersección de la línea de desplazamiento y el eje de esfuerzo  $\sigma$  está en la deformación 0,2%. Este esfuerzo corresponde al grado de la especificación de la tubería, en NORMA ASME B31.4. TABLA 402.4.  $S_y = 52000$  psi. La Figura 2-2 muestra la relación entre el esfuerzo y la deformación.

**FIGURA 2-2: Diagrama Esfuerzo- Deformación**



**Fuente:** Resistencia de materiales; Jorge Eduardo Salazar Trujillo; 2007

### 2.2.1.3. Factores principales del sistema de transporte

Los factores que influyen al transportar derivado de hidrocarburos por un poliducto son:

#### **Altura (Z)**

Altura es una longitud o una distancia de una dimensión geométrica, usualmente vertical o en la dirección de la gravedad. También se usa el término altura para designar la coordenada vertical de la parte más elevada de un objeto, o ubicación.

### **Longitud (L)**

Longitud es una medida de una dimensión lineal; por ejemplo, metro.

### **Presión (P)**

Presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza con la superficie sobre la cual actúa, es decir, equivale a la fuerza que actúa sobre la superficie. Cuando sobre una superficie plana de área  $A$  se aplica una fuerza normal  $F$  de manera uniforme.

### **Caudal (Q)**

Caudal es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo

### **Tiempo (t)**

Tiempo es una magnitud física con la que medimos la duración o separación de acontecimientos, sujetos a cambio, de los sistemas sujetos a observación.

### **Rugosidad (s)**

Rugosidad es el conjunto de irregularidades que posee una superficie. La mayor o menor rugosidad de una superficie depende de su acabado superficial. Éste, permite definir la micro geometría de las superficies para hacerlas válidas para la función para la que hayan sido realizadas.

Es un proceso que, en general, habrá que realizar para corregir los errores de forma y las ondulaciones que pudiesen presentar las distintas superficies durante su proceso de fabricación (fundición, forja, laminación, etc).

### **Gravedad (g)**

Gravedad es una fuerza física que la Tierra ejerce sobre todos los cuerpos hacia su centro. También se trata de la fuerza de atracción de los cuerpos en razón de su masa.



#### 2.2.1.4. *Factores principales para el análisis de integridad de riesgos*

Para realizar un análisis de integridad de riesgos de un poliducto se debe tomar en cuenta los siguientes factores:

1. La presión o carga máxima permisible de operación del ducto o tramo de ducto en presencia de defectos.
2. El tamaño máximo tolerable de defecto.
3. La rapidez de crecimiento del defecto.

Estos cálculos están fundamentados en los conocimientos de la mecánica de la fractura y se apoyan en el conocimiento de las propiedades mecánicas de los materiales de fabricación y las dimensiones de los defectos presentes, detectados por inspección no destructiva. Esta información debe ser obtenida de los reportes de inspección y mantenimiento y del historial propio del ducto. Por otra parte, los datos de propiedades mecánicas, caracterización metalúrgica y otros datos, se obtienen mediante pruebas de laboratorio o se utilizan los valores nominales de acuerdo a la especificación del material de construcción. El análisis de fallas será un requisito cuando ésta se presente y sus resultados serán tomados en cuenta para el análisis de integridad.

### **2.3. MÉTODO DE INSPECCIÓN**

El objetivo principal de los vehículos de limpieza en las tuberías es hacer una limpieza extrema que despeje el área y así permitir el paso libremente del vehículo inteligente de inspección interna o equipo instrumentado sin dificultad alguna.

Algunos métodos de inspección se enumeran a continuación:

- 1) Inspección visual
- 2) Líquidos penetrantes
- 3) Partículas magnéticas
- 4) Ultrasonido
- 5) Radiografía
- 6) Emisión Acústica

Las líneas deben tener una superficie interna limpia, con el fin de asegurar buenas condiciones de operación, así como también, asegurar que los equipos electrónicos tengan un buen desempeño en las lecturas de información. Entre los más usados tenemos:

### 2.3.1. Equipos de limpieza

La Figura 2-3 muestra la forma del equipo de limpieza de copas, posee unas copas en la parte delantera del equipo que quita los obstáculos que puedan encontrarse dentro del ducto, se puede mencionar como obstáculos a los siguientes: lodo, sedimentos, residuos, entre otros.

**FIGURA 2-3:: Equipo de limpieza de copas**

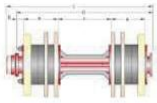
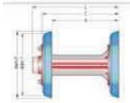
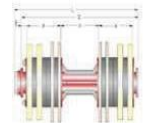
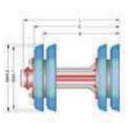


**Fuente:** Manual URELAST Pipeline Services

Trabajan bien en condiciones con baja presión, en casos donde el ducto no ha sido limpiado en un largo periodo de tiempo y la cantidad de residuos a removerse es desconocida.

En la Figura 2-4 podemos observar los diferentes equipos de limpieza tipo discos y con copas que se pueden utilizar de acuerdo al tipo de limpieza que se requiere, así como para diferentes tipos de poliductos

**FIGURA 2-4: Tipo de copas**

<p>Tipo-disco equipo con dos guías y cuatro sellos</p>	<p>Tipo-copa 2 copas</p>
	
<p>Tipo-disco con 4 guías y 4 sellos</p>	<p>Tipo-copa 4 copas</p>
	

**FUENTE:** Manual URELAST Pipeline Services

### 2.3.2. Cepillos e imanes

La Figura 2-5 muestra la forma de los cepillos los cuales son capaces de remover cualquier residuo de lodo o cualquier otro tipo de material de la pared del ducto. Los cepillos o instrumentos de limpieza son utilizados principalmente antes de enviar el diablo instrumentado, con el fin de evitar que el vehículo inteligente de inspección interna se atore dentro del ducto.

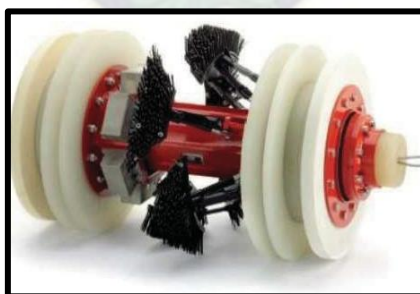
**FIGURA 2-5: Cepillo**



**Fuente:** Manual URELAST Pipeline Services

Los imanes como se indica en la Figura 2-6 tienen una función similar a los cepillos con la diferencia de que su principal objetivo es el de recoger todos aquellos residuos materiales metálicos que se encuentran en el ducto.

**FIGURA 2-6: Imanes**



**Fuente:** Manual URELAST Pipeline Services

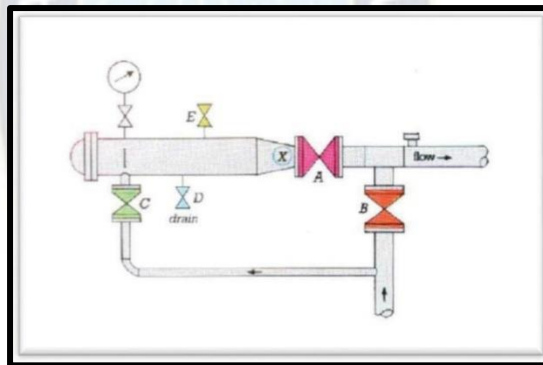
### 2.3.3. Herramientas de limpieza inteligente en tuberías

La palabra “PIG” es una sigla que en el idioma inglés significa Pipeline Internal Gauge que traducido al español significa, calibrador interno para poliductos.

Cuando este calibrador interno es utilizado para limpieza es instrumentado para medir deformaciones, detectar obstrucciones, corrosiones y otros daños en tuberías enterradas se habla Herramienta de Limpieza Inteligente. Estas herramientas generalmente tienen forma cilíndrica y son fabricados en urethano, en todo su cuerpo cuando se usan para limpieza interior y separación de producto. Para las herramientas Inteligentes se fabrica un eje metálico en el cual se fija la instrumentación y se instalan copas de urethano que son las que hacen contacto con la tubería.

Por tratarse de una herramienta instrumentada y de múltiples usos, las copas de urethano son fijadas con tornillos para facilitar el cambio por desgaste o rompimiento. La Figura 2-7 indica la trampa de envío de las herramientas de limpieza.

**FIGURA 2-7: Trampa de envío**

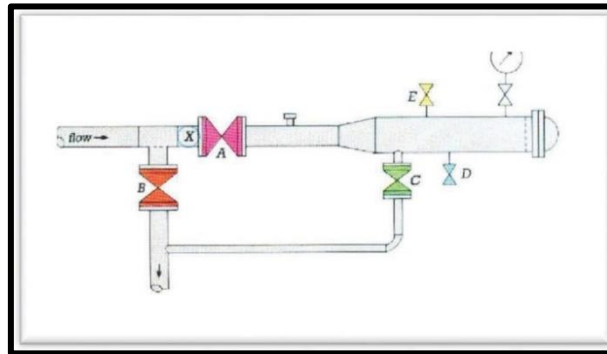


**FUENTE:** Manual URELAST Pipeline Services

Las herramientas inteligentes son colocadas en la tubería por medio de trampas de envío y recibo; las trampas son arreglos de tuberías, válvulas y accesorios que permiten la colocación de las mismas en línea de una manera fácil, rápida y sin interrumpir el servicio de transporte de producto. Tanto la de envío como la de recibo tienen pernos, bridas, codos, válvulas, reducciones y compuerta batiente.

La Figura 2-8 muestra la trampa de llegada de las herramientas. Para asegurar la entrada de la herramienta en la línea se dispone de un indicador de paso que eleva una bandera o paleta cuando la Herramienta de limpieza accione la lengüeta instalada dentro del tubo.

**FIGURA 2-8: Trampa de llegada**



FUENTE: Manual URELAST Pipeline Services

### 2.3.3.1. Principio de operación de la herramienta inteligente

El sistema de inspección en tuberías de acero para el transporte de hidrocarburos emplea los principios de la tecnología de la dispersión de flujo magnético.

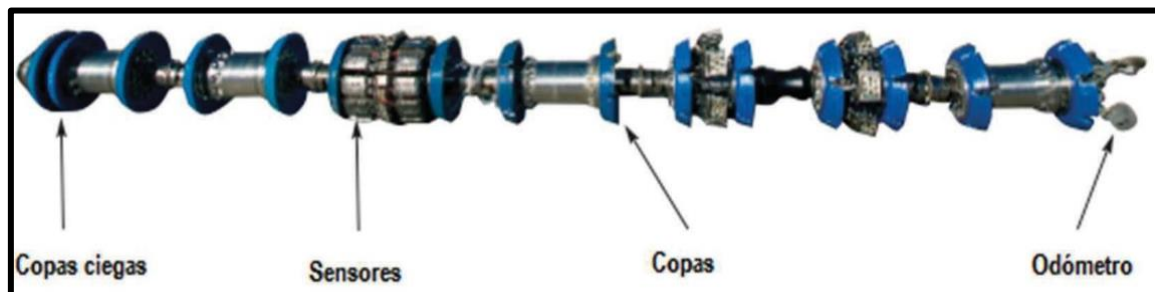
Al magnetizar la tubería hasta un nivel de inspección óptimo y en el cual no se encuentran defectos, todas las líneas de flujo magnético se encontrarán contenidas dentro de la pared de la tubería. Si existieran defectos, las líneas de flujo magnético se redistribuirán alrededor del defecto.

El resultado será que algunas de las líneas de flujo magnético se dispersarán fuera del medio circundante. Un sensor de campo magnético, que explora a lo largo de la pared, detectará cualquier campo de dispersión y provocará la salida de una señal eléctrica proporcional a la profundidad y forma del defecto.

La pérdida de pared en la tubería creará esquemas de dispersión de flujo. Estas líneas de flujo atraviesan las bobinas montadas en la sección del magnetizador y crean voltajes eléctricos relativos a la cantidad de pérdida. Mientras el espesor de pared se mantiene constante, no se produce ninguna dispersión de flujo; por lo tanto, no se registran voltajes.

El tipo de herramienta a ser utilizada en una inspección depende del tamaño de la tubería, del espesor de pared, de los radios de curvatura y del tiempo que tarde la pasada de la herramienta inteligente. La Figura 2-9 nos muestra el diseño de una herramienta de limpieza inteligente y sus componentes principales.

**FIGURA 2-9: Herramienta de limpieza inteligente**



FUENTE: Manual URELAST Pipeline Services

Sus componentes son los siguientes:

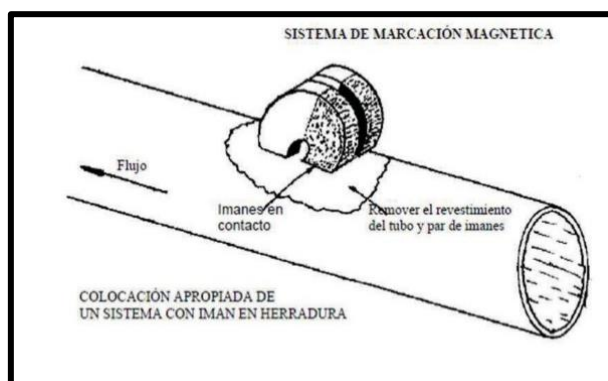
- Las copas ciegas que impiden el paso del fluido de la tubería para impulsar el equipo por la tubería.
- Sensores que permiten recoger información milimétrica del estado de la tubería.
- Copas que se adaptan al diámetro de la tubería las cuáles mantienen a la herramienta centrada.
- Odómetro que consta de ruedas mecanizadas que obtienen la distancia que va recorriendo la herramienta a lo largo de la tubería.

#### 2.3.3.2. *Ubicación de marcadores*

Los sistemas de marcación proporcionan puntos de referencia que establecen una relación entre las ubicaciones en las tuberías y en la inspección. Los marcadores se deben colocar alejados entre sí en terrenos suaves, pero juntos en terrenos ásperos donde las mediciones de los defectos pueden resultar difíciles. Si se colocan los marcadores en áreas de las cuales se sospecha corrosión, se facilita el proceso de medición.

Un sistema de marcación magnética consiste en una serie de imanes permanentes colocados en pares a lo largo de la tubería. Las señales producidas por estos imanes se identifican fácilmente por la perturbación que causa al espesor de pared distorsionan la señal de los transductores de campo magnético y quedan registradas. La Figura 2-10 nos visualiza como es la colocación apropiada de un sistema de marcación magnética con imán en herradura.

**FIGURA 2-10: Sistema de marcación magnética**



FUENTE: Manual URELAST Pipeline Services

## 2.4. DETECCIÓN DE CORROSIÓN Y DEFECTOS

El objetivo principal de este capítulo es dar a conocer los tipos de corrosión y defectos principales que podemos encontrar en los materiales de los cuales están hechos principalmente los poliductos, en este caso, se habla del acero y sus componentes, para lo cual, su fin principal es la recolección, producción, distribución, y el almacenamiento de los hidrocarburos.

### 2.4.1. Clasificación de defectos

Un defecto es una anomalía o cuya dimensión no están dentro de una norma de calidad o no cumple con una especificación exacta. A continuación, se hablará acerca de la clasificación de los defectos como lo son: por su evolución, origen, geometría y su comportamiento mecánico. En la Tabla 2-1 se desarrolla a detalle la clasificación de los defectos en tuberías y cómo estos se diferencian uno del otro.

**Tabla 2-1: Clasificación de defectos en tuberías**

<p><b>Por su evolución</b></p>	<p>-Defectos progresivos: Son aquellos cuyas dimensiones se incrementan con el tiempo, debido a efectos ambientales, mecánicos y/o de servicio, tales como: la corrosión uniforme, corrosión localizada, laminaciones por hidrógeno, agrietamientos ocasionados por corrosión–esfuerzo, y agrietamientos por fatiga.</p> <p>-Defectos estáticos: Cuyas dimensiones no se aumentan con el paso del tiempo, tales como: las abolladuras, entallas y rayones, deformación y pliegues, desalineamientos, defectos geométricos, defectos de soldaduras y defectos del material”.</p>
--------------------------------	---

<p><b>Por su origen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Defectos de manufactura: Ocurren durante la fabricación del tubo e incluyen: grietas, traslapes, incrustaciones durante el rolado, endurecimientos localizados, laminaciones e inclusiones, segregación.</li>   <li>- Defectos causados por el servicio: Se deben a la combinación de un material susceptible con un ambiente agresivo y en ciertos casos con esfuerzos y comprenden la corrosión uniforme y localizada, externa e interna, desgaste, la fragilización por hidrogeno, agrietamiento por corrosión–esfuerzo en soldaduras y agrietamiento inducido por hidrogeno.</li>   <li>- Defectos causados por fuerzas externas: Se deben al contacto físico con otros objetos, así como a las presiones por movimiento de suelos, subsidencia y presiones de viento o marea, que producen abolladuras, ralladuras y deformación.</li>   <li>- Defectos de construcción: Son introducidos durante el tendido del ducto, e incluyen la socavación fusión incompleta, falta de penetración grietas y desalineamientos en soldaduras, abolladuras, deformación en frio, etc.</li> </ul>
<p><b>Por su geometría</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Puntuales: Son defectos pequeños, cuyas dimensiones (largo y ancho) son del mismo orden de magnitud que el espesor. Normalmente este tipo de defectos no degrada la resistencia del tubo y solo producen riesgo de fugas.</li> <li>- Axiales: Son defectos cuyo ancho es menor al equivalente de 5 minutos técnicos de la circunferencia y su largo es al menos diez veces el ancho. Son muy sensibles a la presión y pueden producir fugas y explosiones.</li> <li>- Circunferenciales: Son defectos cuya dimensión mayor está en el ancho y son sensibles a la flexión y expansión.</li> <li>- Aereales: Son aquellos cuyo largo y ancho son similares y a su vez mucho mayores que el espesor, siendo sensibles a la presión interna, pudiendo suceder que fallen cuando la presión rebasa un determinado valor o bien si su tamaño es lo suficientemente grande como para fallar a la presión normal de operación.</li> </ul>



<p><b>Por su comportamiento mecánico.</b></p>	<p>-Incluyen: Grietas axiales, erosión, corrosión uniforme, picaduras y cazuelas, delaminaciones escalonadas, golpes, entallas agudas, indentaciones y rayas longitudinales, defectos en la costura longitudinal y bandas de inclusiones.</p> <p>-Defectos controlados por el esfuerzo longitudinal: La principal contribución al esfuerzo longitudinal después de la presión interna son las flexiones y pandeos y de la tubería. Los defectos susceptibles de falla bajo este esfuerzo son: todo tipo de defectos cuya dimensión máxima este en la dirección circunferencial.</p> <p>-Defectos fugantes: Son defectos que provocan fuga pero no ponen en riesgo de explosión o colapso a la tubería. Incluyen: picaduras pequeñas y grietas cortas y profundas.</p>
---	---

FUENTE: Verificación de defectos característicos en tubos; Cazal, Miguel A. Cazal; 2011

#### 2.4.2. Corrosión en poliductos

La corrosión es un fenómeno natural, el cual es inevitable de evadir en los metales. Los principales daños por corrosión que se presentan en poliductos, y estructuras metálicas similares, para el manejo de hidrocarburos (Ver Figura 2-11).

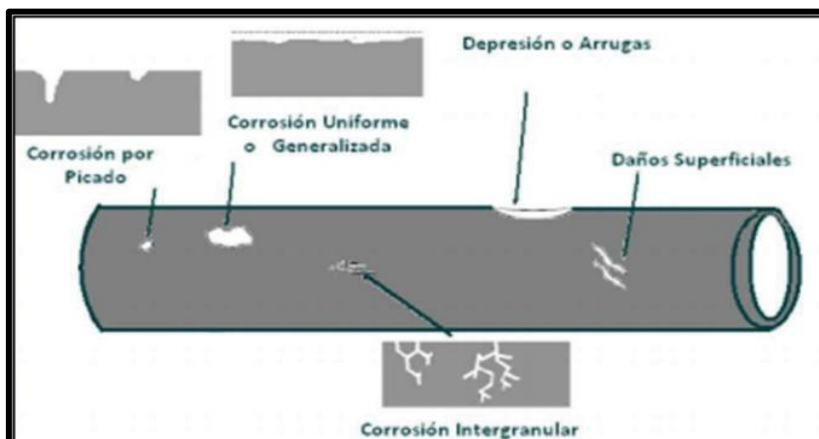
**FIGURA 2-11: Tubería afectada por corrosión**



FUENTE: CABRAL,H,L: Oleoducto roto por corrosión

La corrosión puede causar una falla catastrófica en la tubería por lo cual, también se debe considerar el impacto ambiental o pérdidas materiales y humanas que pueden causar este tipo de falla, se debe tener por lo tanto un cuidado y supervisión a la tubería, para que no ocurran esas posibles consecuencias a futuro<sup>2</sup>. En la Figura 2-12 se puede visualizar un ejemplo de los distintos defectos de corrosión que pueden afectar a una tubería

**FIGURA 2-12: Ejemplo de tipos de defectos de corrosión y daños mecánicos**



FUENTE: CABRAL,H,L: Oleoducto roto por corrosión en Campinas-Sao Pablo

A continuación, en la Tabla 2-2 se explica a detalle los tipos de corrosión que se presentan en las tuberías.

**Tabla 2-2: Tipos de corrosión**

<p>Corrosión generalizada de tipo atmosférico</p>	<p>La corrosión atmosférica es aquella que es causada por el medio atmosférico en el que se encuentra la estructura como lo son: el aire, sus contaminantes, vapores, gases, etc. Este tipo de corrosión ha sido identificado como una de las principales causas de fallas de las estructuras lo que involucra altos costos.</p> <p>Las atmosferas corrosivas pueden clasificarse en:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Seca a temperatura ambiente</li> <li>2. Semi-húmeda Cuando excede un 70% de humedad se forma aun película delgada de vapor.</li> <li>3. Húmeda la que forma capas de agua visibles o gotas condensadas de vapor.</li> </ol>
---	---

<sup>2</sup> CABRAL, H, L: Oleoducto roto por corrosión en Campinas-Sao Pablo

<p>Corrosión generalizada de tipo galvánico</p>	<p>Es un tipo de corrosión que adelgaza las paredes de un ducto por causas como resultado de reacción electroquímica en la mala aplicación de una protección catódica.</p> <p>Cuando el fenómeno se presenta por el contacto entre 2 metales se le denomina corrosión galvánica. La corrosión galvánica se puede prevenir evitando que los metales estén expuestos a algún tipo de ambiente húmedo, sales; que dañen el material, o con recubrimientos con pinturas plásticas.</p>
<p>Corrosión localizada por picaduras</p>	<p>La penetración al metal es muy rápida y se da en sitios preferenciales, donde existe susceptibilidad metalúrgica, mientras el resto del metal no se ve afectado significativamente.</p> <p>Este tipo de corrosión es una de las más comunes que se presenta en los metales y difícil de encontrar; afectando en sus principios a un área específica, después puede expandirse a toda su extensión, la forma más adecuada de erradicarla consiste en limpiar del área o en dado caso la extracción y sustitución de la parte afectada.</p>
<p>Corrosión microbiana (corrosión asistida por bacterias)</p>	<p>Este tipo de corrosión es afectado por bacterias que se encuentran tanto en el ambiente del poliducto como en los componentes del material del cual está construido. Estas bacterias aceleran el proceso electroquímico de la corrosión.</p>
<p>Corrosión – Erosión</p>	<p>La erosión es causa del efecto entre la erosión por impacto de partículas sólidas y la disolución del metal por algún agente corrosivo.</p> <p>Esta corrosión se encuentra principalmente en: codos de tuberías, tuberías pequeñas o tanques con fluido estancado principalmente.</p>
<p>Agrietamiento inducido por corrosión</p>	<p>El agrietamiento inducido por corrosión es una falla ocasionada por el esfuerzo mecánico al que el material de la tubería está sometido y el medio corrosivo (sales, bacterias, ácidos, minerales).</p>

FUENTE: CABRAL, H, L: Oleoducto roto por corrosión en Campinas-Sao Pablo ; 2207

## 2.5. RIESGOS EN POLIDUCTOS

### 2.5.1. Cambio de geometría

“Los cambios de geometría en los ductos que atraviesan diferentes regiones geográficas (trasandinos) son quizás los que mayores gastos de mantenimiento acarrearán a las empresas operadoras.” Yaksetig, J. (2011). En efecto existen diversos fenómenos que contribuyen a esto, a saber:

- Pérdidas de apoyo del terreno.
- Fenómenos naturales

Que pueden producir ovalizaciones y/o tensiones de diferente naturaleza y en el peor de los casos roturas de los ductos con los consiguientes daños ambientales.

#### 2.5.1.1. *Pérdidas de apoyo del terreno*

El terreno en el que se apoya los ductos trasandinos puede estar sometido a diversos movimientos debido a (Ejemplos visualizados en Figura 2-13 y Figura 2-14):

- Eventos sísmicos.
- Hundimientos.
- Deslizamientos de terreno.
- Inundaciones.
- Formación de quebradas (canalizaciones naturales).

Si estos fenómenos encuentran un ducto a su paso le hace perder su apoyo y generar daños mecánicos graves en él, sobre todo en sus uniones mecánicas que son los puntos de mayor riesgo.

**FIGURA 2-13: Punto de potencial pérdida de apoyo.**



**Fuente:** Ducto afectado por pérdida de apoyo, Internet

“En un ducto se encuentran dos tipos de uniones mecánicas: bridadas o soldadas, por ser los puntos de mayor riesgo deben ser hechas con el mayor cuidado posible y de acuerdo a las normas internacionales sobre el particular para que sean capaces de soportar también las pérdidas de apoyo.” Yaksetig, J. (2011)

**FIGURA 2-14: Pérdida de apoyo por las inmediaciones de un oleoducto.**



**Fuente:** Ducto afectado a causa de deslizamiento en Perú, Internet

### 2.5.2. Fatiga

“La tubería puede estar sometida a diversos tipos de tensiones:

- Aquellas que vienen desde el suministro del material (de fábrica).
- Durante el tendido del ducto puede estar sometida a tensiones de tracción, compresión, flexión, torsión.
- Durante la operación también puede estar sometida a cambios de tensión. Con el tiempo, estos cambios de tensión pueden llegar desencadenar en fallas.

Para minimizar la probabilidad de que esto ocurra, todo el material será sometido a un control de calidad estricto durante la fabricación. Por esto el proceso de construcción usará también procedimientos de inspección y control de calidad de validez internacional. Además, una prueba de resistencia previa a la puesta en servicio, realizada a presiones mayores que las presiones de operación, servirá para detectar defectos en los materiales y en la construcción, los que eventualmente pueden provocar fallas durante la vida operativa del sistema.” Yaksetig, J. (2011).

### **2.5.3. Sabotaje o intervención de terceros**

“Los sabotajes son actos delincuenciales efectuados por personas o grupos al margen de la ley. El daño de ductos proveniente de actividades de sabotaje o maliciosas es poco común en la mayoría de las áreas del mundo. Cuando la tubería es subterránea, el sabotaje es relativamente difícil. Las instalaciones superficiales estarán cercadas y protegidas. El sistema regulador de presión será controlado a distancia reduciendo de esa manera pérdidas del sistema.

Pero existe también el riesgo potencial de falla a consecuencia de una toma clandestina (Figura 2-15). Esto es bastante común en los ductos. El comportamiento mecánico de un ducto vulnerado por una toma clandestina genera una concentración de esfuerzos además de del riesgo de derrame con consecuencias que pueden ser graves.” Yaksetig, J. (2011).

El estudio del riesgo potencial de falla por una toma clandestina involucra:

- Una modelación sólida del ducto en las inmediaciones de la toma
- Un análisis por elementos finitos para conocer el comportamiento mecánico del ducto,
- Un modelo de simulación de las consecuencias para cuantificar un escenario hipotético de falla.

**FIGURA 2-15: Toma clandestina de hidrocarburo.**



**Fuente:** Ducto afectado a causa de deslizamiento en Perú, Internet

Todas las posibilidades que han sido estudiadas desencadenan en:

- Fuga de producto.
- Incendio y explosión.

#### 2.5.3.1. *Fuga de Producto*

“La fuga de producto también conocida como derrame es la salida incontrolada de hidrocarburo desde la infraestructura empleada para su transporte. Esa infraestructura puede ser: un ducto en tierra o en mar. Las fugas se pueden presentar además por procedimientos operacionales inadecuados, errores humanos o accidentes y daños, deterioro, o acción de terceros que provoquen la fractura total o parcial de los componentes empleados para el transporte del producto.” Yaksetig, J. (2011).

Las fugas (derrames) de petróleo, gas natural y otros hidrocarburos siempre ocasionan consecuencias trágicas. En todo el mundo, los costos para solucionar estos problemas están volviéndose cada vez más altos.

Las estadísticas que se tiene al alcance señalan que el manejo inadecuado de materiales y residuos peligrosos ha generado a escala mundial un problema de contaminación de suelos, aire y agua. Entre las más severas contaminaciones destacan las que se produjeron y todavía se

producen por la extracción y el manejo del petróleo en todos los países productores de hidrocarburos.

“En el suelo los hidrocarburos impiden el intercambio gaseoso con la atmósfera iniciando una serie de procesos físico-químicos simultáneos como evaporación y penetración que, dependiendo del tipo de hidrocarburo, temperatura, humedad, textura del suelo y cantidad vertida puede ser más o menos lentos ocasionando mayor toxicidad, lo cual es letal para muchos microorganismos usados para el tratamiento de aguas y suelos contaminados.” Yaksetig, J. (2011). (Ver Figura 2-16).

**FIGURA 2-16: Fuga de combustible a causa de ruptura de poliducto Camiri- Sucre**



**Fuente:** Derrame de 60 mil litros de gasolina por ruptura de poliducto afecta a dos comunidades guaraníes, Los Tiempos

### 2.5.3.2. *Incendios o explosiones*

“Debido a las características particulares que tienen las actividades desarrolladas en el transporte de hidrocarburos, los riesgos de mayor relevancia en las áreas operativas lo constituyen los incendios y explosiones, eventos cuya ocurrencia debe ser apropiadamente prevenida o controlada dado el alto potencial de daño que poseen.” Yaksetig, J. (2011).

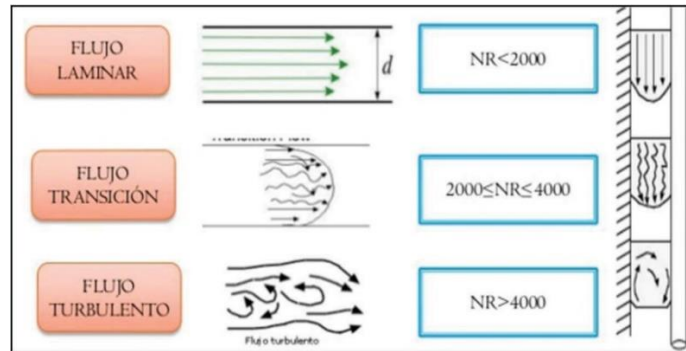
El fuego consiste, generalmente, en la oxidación rápida de un material combustible por acción del oxígeno presente en el aire, con desprendimiento de luz, calor y humo. Cuando el fuego adquiere ciertas proporciones de forma tal que escapa del dominio del hombre y se convierte en un agente destructor, el fenómeno adquiere la denominación de incendio. Cuando un incendio recién empieza, su extensión es pequeña y sus consecuencias mínimas, convencionalmente suele denominarse *amago* o *conato*. Un incendio *declarado* es cuando el fuego está en pleno desarrollo.



## 2.6. REGÍMENES DE FLUJO DE FLUIDOS EN TUBERÍAS

Hay tres tipos diferentes de flujo de fluidos en tuberías como podemos observar en la figura 2-17.

**FIGURA 2-17: Tipos de flujo**



FUENTE: Mecánica de fluidos. Jean-François DULHOSTE

En la Tabla 2-3 se explicará cada uno de estos regímenes de flujo.

**Tabla 2-3: Regímenes de flujo en tuberías**

<b>FLUJO LAMINAR</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe a velocidades más bajas que la crítica</li> <li>• Se caracteriza por el deslizamiento de capas cilíndricas concéntricas una sobre otras de manera ordenada.</li> <li>• Existe flujo laminar cuando el número de Reynolds es menor de 2000.</li> </ul>
<b>FLUJO TRANSITORIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocido como flujo crítico.</li> <li>• Existe cuando el caudal se incrementa después de estar en flujo laminar y las láminas comienzan a ondularse y se rompen en forma brusca.</li> <li>• Existe flujo laminar cuando el número de Reynolds esta entre 2000 y 4000.</li> </ul>
<b>FLUJO TURBULENTO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Existe a velocidades mayores al flujo transitorio.</li> <li>• Se caracteriza por el movimiento irregular e indeterminado de las partículas del fluido en direcciones transversales a la dirección principal del flujo.</li> <li>• Existe flujo laminar cuando el número de Reynolds mayores a 4000.</li> </ul>

FUENTE: Mecánica de fluidos. Jean-François DULHOSTE – Escuela de Ingeniería Mecánica - ULA

El Número de Reynolds relaciona la fuerza de inercia y fuerza de viscosidad. Para calcular el número de Re tenemos la Ecuación 2.1 y con ayuda del Diagrama de Moody (Figura 2-18) se determina el régimen del flujo en la tubería:

$$Re = \frac{\rho \times D \times v}{\mu} \quad \text{Ecu. 2.1}$$

Donde:

Re= número de Reynolds

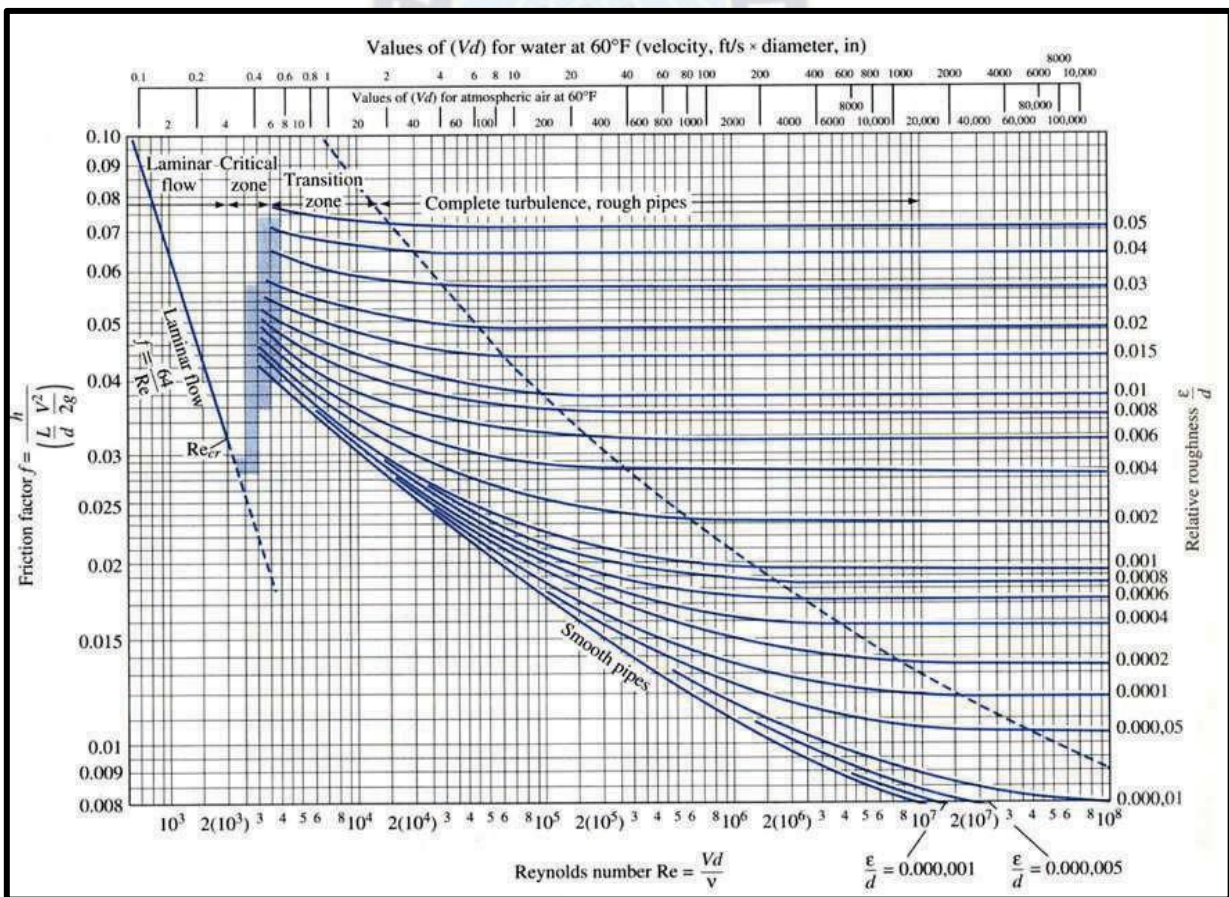
$\rho$ = densidad (lb/ pie<sup>3</sup>)

D = diámetro ID, ft.

V = velocidad de flujo (pie / seg ).

$\mu$ = viscosidad (lb / ft-seg).

**FIGURA 2-18: Diagrama de Moody**



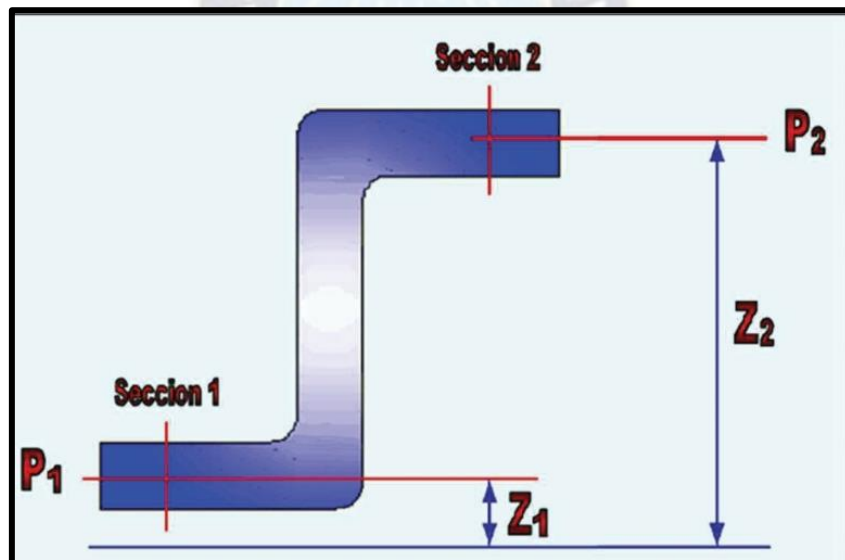
FUENTE: Mecánica de fluidos. Jean-François DULHOSTE – Escuela de Ingeniería Mecánica – ULA

### 2.6.1. Cálculo de la línea piezométrica

“El principio de Bernoulli, describe el comportamiento de un fluido en reposo moviéndose a lo largo de una corriente de agua. Expresa que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que posee el fluido permanece constante a lo largo de su recorrido.” Astropedia (2018). La energía de un fluido en cualquier momento consta de tres componentes:

- **Cinética:** es la energía debida a la velocidad que posea el fluido.
- **Potencial gravitacional:** es la energía debido a la altitud que un fluido posea.
- **Energía de flujo:** es la energía que un fluido contiene debido a la presión que posee.

FIGURA 2-19: Teorema de Bernoulli



FUENTE: PERALTABLOG

La aplicación de este teorema en tuberías al reducir el área transversal de una tubería para que aumente la velocidad del fluido que pasa por ella, se reducirá la presión, es la diferencia de presión entre la base y la boca del tubo, en consecuencia, los gases de combustión se extraen mejor.

Se puede apreciar este teorema en la Figura 2- 19.

La Ecuación de Bernoulli define:

$$P + \frac{1}{2}\rho \times v^2 + \rho \times g \times h = \text{constante a lo largo de la tubería} \quad \text{Ecu. 2.2}$$

Por lo que:

$$P_2 + \frac{1}{2}\rho \times v_2^2 + \rho \times g \times h_2 = P_1 + \frac{1}{2}\rho \times v_1^2 + \rho \times g \times h_1 \quad \text{Ecu 2.3}$$

Para obtener la ecuación en metros lineales se divide la ecuación para el factor “ $\rho g$ ”, donde los factores quedan separados en función de energías.

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 \quad \text{Ecu 2.4}$$

Donde:

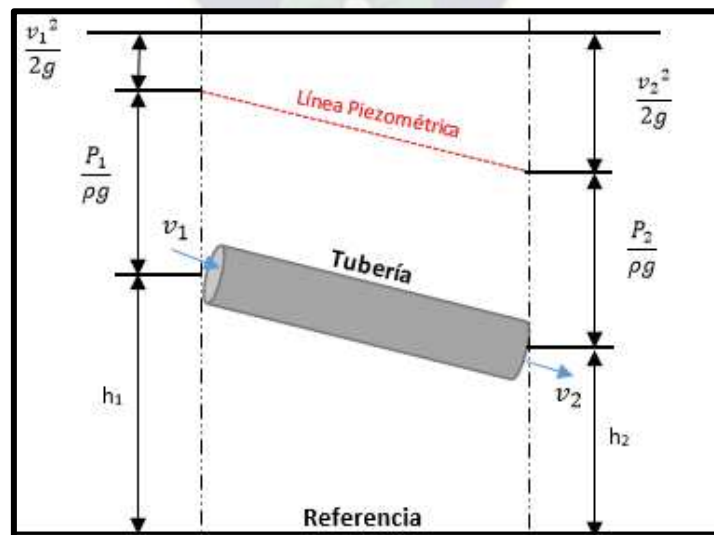
$$\text{Energía por presión} = \frac{P_2}{\rho g}$$

$$\text{Energía Cinética} = \frac{v_2^2}{2g}$$

$$\text{Energía Potencial} = h_2$$

En la Figura 2- 20 podemos observar las líneas de cargas entre dos puntos de referencia en la tubería.

**FIGURA 2-20: Líneas de carga en una tubería**



Fuente: <https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/fbh3-energia-agua>

Para un fluido real, se toman en consideración la energía externa de un sistema de bombeo  $H_B$  y las pérdidas de energía o de presión  $H_f$ , por la rugosidad interna de la tubería, accesorios y propiedades de fluido. Estas pérdidas provocan disminución de la presión a lo largo del trazado de la tubería, en el sentido del flujo, lo que se recibe el nombre de Línea Piezométrica, definida a partir de la introducción, en la ecuación de Bernoulli:

$$\frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{\rho g} + h_2 + H_f = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{\rho g} + h_1 + H_g \quad \text{Ecu 2.5}$$

Tomando en cuenta la energía de las pérdidas, sin el aporte de las bombas, para  $v_1 = v_2$ , la ecuación sería la siguiente:

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{\rho g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{\rho g} + h_2 + H_f$$

$$\frac{P_1}{\rho g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + h_2 + H_f \quad \text{Ecu 2.6}$$

Obteniendo:

$$\text{Piezométrica N° 1} = \frac{P_1}{\rho g} + h_1$$

$$\text{Piezométrica N° 2} = \frac{P_2}{\rho g} + h_2$$

$$\text{Pérdidas} = H_f$$

Considerando que la tubería está ubicada a lo largo de un eje plano (x), tenemos:

$$\underbrace{\frac{P_1}{\rho g} + h_1}_{H_1} = \underbrace{\frac{P_2}{\rho g} + h_2}_{H_x} + H_f$$

Ecu. 2.7

Se tiene:

$$H_1 = H_x + H_{fx} \quad \text{Ecu. 2.8}$$

La Ecuación de Darcy – Weisbach para perdidas es:

$$H_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecu. 2.9}$$

Donde:

$H_f$  = Pérdidas de presión

$f$  = Factor de fricción

$v$  = Velocidad media del fluido

$g$  = Gravedad

$L$  = Longitud de la tubería

$D$  = Diámetro de la tubería

Reemplazamos la Ecu. 2.8 en la Ecu. 2.7 y obtenemos:

$$H_f(x) = f \frac{x}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_1 = H_x + f \frac{x}{D} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_x = H_1 - f \frac{x}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecu. 2.10}$$

Reemplazamos la velocidad media en función del caudal y diámetro de la tubería, obtenemos:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad \therefore v^2 = \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4} \quad \text{Ecu. 2.11}$$

$$H_x = H_1 - f \frac{x}{D} \frac{16Q^2}{\pi^2 D^4 \cdot 2g} = H_1 - f \frac{x}{D^5} \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \quad \text{Ecu. 2.12}$$

Por lo que a lo largo de la tubería se obtendrá un valor constante denominado C:

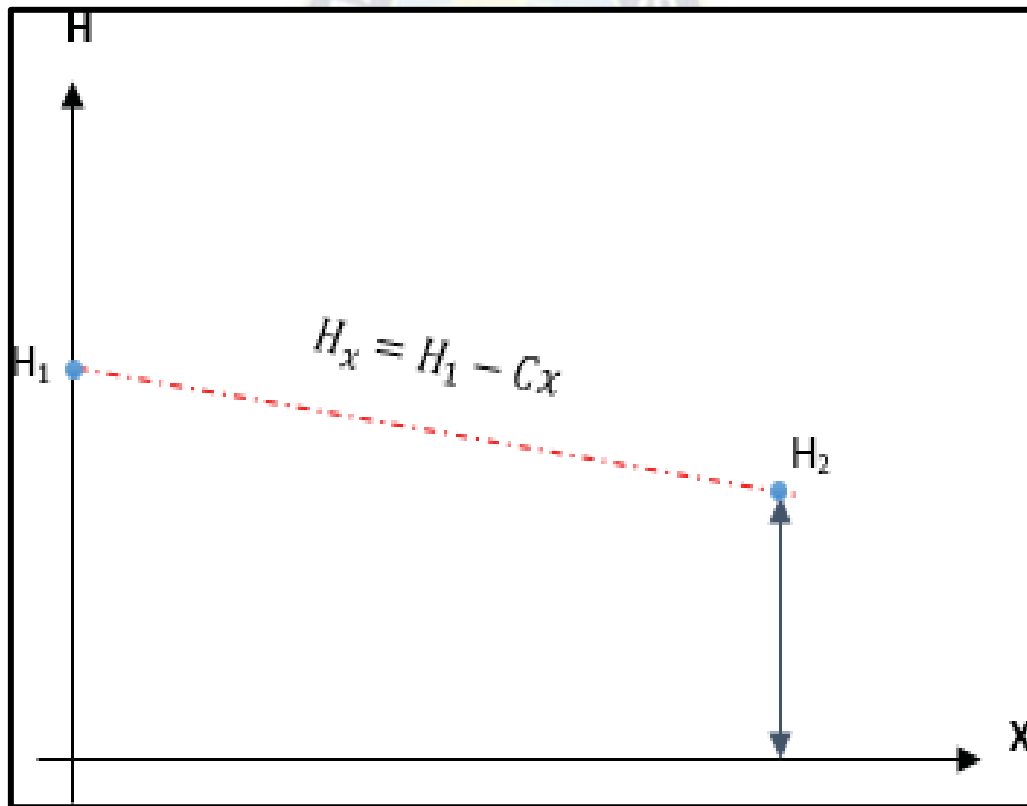
$$C = f \frac{x}{D^5} \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \quad \text{Ecu. 2.13}$$

Obteniendo así la Ecu. 2.14 que representa a una recta de pendiente negativa  $C$ , que está en función del factor de fricción y representa la pérdida de presión a lo largo de la tubería llamada Línea Piezométrica del Sistema.

$$H_x = H_1 - Cx \quad \text{Ecu. 2.14}$$

Con esta ecuación se puede interpretar una recta que sería la línea piezométrica del sistema con a pendiente negativa  $C$ , a continuación, la Figura 2-21, muestra una interpretación la ecuación 2.14.

**FIGURA 2-21: Ecuación de la recta de la línea piezométrica**



Fuente: [www.fro.utn.edu.ar](http://www.fro.utn.edu.ar)

En la Figura 2- 21 se representa la Línea Piezométrica de pendiente negativa  $C$ , la misma que está en función del factor de fricción y pérdida de presión.

## **2.7. FLUJO MULTIFASICO**

El flujo multifásico es el movimiento de gas libre y de líquido, el gas puede estar mezclado en forma homogénea con el líquido o pueden existir formando un oleaje donde el gas empuja al líquido desde atrás o encima de él, provocando en algunos casos crestas en la superficie del líquido, puede darse el caso en el cual el líquido y el gas se mueven en forma paralela, a la misma velocidad y sin perturbación relevante sobre la superficie de la interface gas-líquido.

“Además, el flujo de fluidos en una tubería involucra elementos que favorecen o impiden su movimiento, entre los cuales se puede mencionar la fricción, factor que se produce por el contacto del fluido con las paredes de la tubería. La mayor o menor velocidad con que fluyen los fluidos a través de las tuberías permite determinar el régimen de flujo que se tiene, (laminar o turbulento), el porcentaje de líquido que se encuentra en un momento cualquiera en un intervalo de tubería determina el factor de entrapamiento.” Francois, (2013).

### **2.7.1. Correlaciones de flujo multifásico en tuberías verticales**

Los estudios realizados en el comportamiento de flujo multifásico en tuberías verticales tienen como objetivo predecir el gradiente de presión a través de la tubería de producción, debido a la importancia que tienen para la industria petrolera. Las correlaciones realizadas mediante técnicas de laboratorio y datos de campo poseen sus limitaciones al ser aplicadas en condiciones diferentes a la de su deducción.

Los factores más importantes tomados en cuenta son: el cálculo de la densidad de la mezcla, el factor de entrapamiento de líquido (Hold Up), regímenes de flujo, factor de fricción, entre otros. Existen muchas correlaciones para predecir los gradientes de presión durante el flujo multifásico en tuberías verticales.

### **2.7.2. Correlaciones de flujo multifásico en tuberías horizontales**

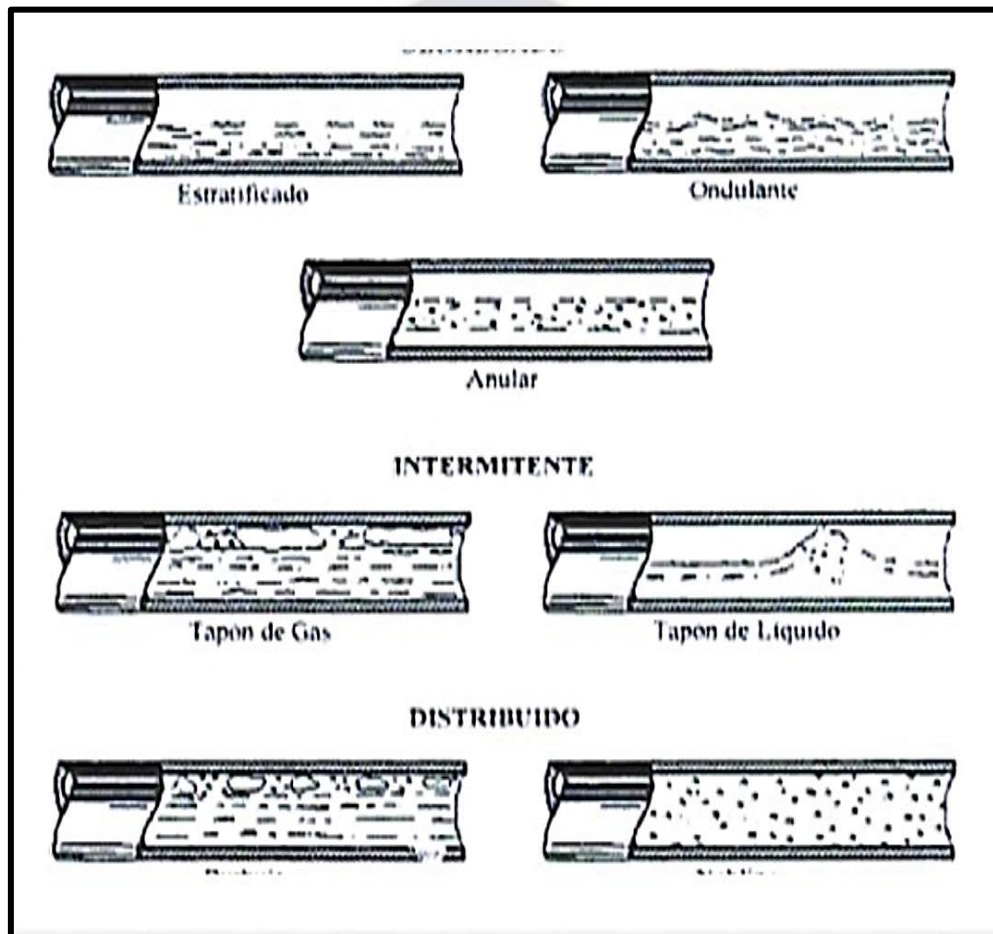
Para el diseño de las tuberías de gran longitud es necesario conocer las caídas de presión que se producen a lo largo de las mismas.



La predicción de las caídas de presión, cuando una mezcla de gas y líquido fluye en un conducto cerrado, es uno de los problemas mayores.

Los tipos de regímenes que pueden darse en flujo multifásico horizontal dependen de las variaciones en presión o de la velocidad de flujo de una fase con respecto a otra. Estos flujos se describen en la Tabla 2-4 y se visualizan en la Figura 2-22.

**FIGURA 2-22: Tipo de fluidos en tuberías horizontales**



**Fuente:** Mecánica de fluidos. Jean-François

A continuación, en la Tabla 2-4, se explicará los regímenes de flujo horizontal existentes y las características que presenta cada tipo de flujo

**Tabla 2-4: Regímenes de flujo horizontal en tuberías**

Flujo de Burbuja.	<p>El flujo de burbujas se caracteriza por una distribución uniforme de la fase gaseosa, así como la presencia de burbujas discretas en una fase líquida continua. Existen dos tipos de flujo de burbuja:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El flujo burbujeante ocurre a tasas de flujo relativamente bajas, y se caracteriza por deslizamiento entre las fases de gas y líquido.</li> <li>- El flujo de burbujas dispersas ocurre a tasas altas de flujo, moviéndose las burbujas de gas a lo largo de la parte superior de la tubería.</li> </ul>
Flujo de Tapón de Gas.	<p>El flujo tapón se caracteriza por que exhibe una serie de unidades de tapón, cada uno es compuesto de un depósito de gas llamado burbujas de Taylor y una cubierta de líquido alrededor de la burbuja. Los taponos van incrementando su tamaño hasta cubrir toda la sección transversal de la tubería.</p>
Flujo Estratificado	<p>El gas se mueve en la parte superior de la tubería, y el líquido en la parte inferior, con una interface continua y lisa.</p>
Flujo Transitorio	<p>En este tipo de patrón de flujo existen cambios continuos de la fase líquida a la fase gaseosa. Las burbujas de gas pueden unirse entre sí y el líquido puede entrar en las burbujas. Aunque los efectos de la fase líquida son importantes, el defecto de la fase gaseosa predomina sobre la fase líquida.</p>
Flujo Ondulante	<p>Parecido al flujo transitorio, pero en este caso se rompe la continuidad de la interface por ondulaciones en la superficie del líquido.</p>
Flujo de Tapón de Líquido	<p>En este caso las crestas de las ondulaciones pueden llegar hasta la parte superior de la tubería en la superficie del líquido.</p>

Flujo Anular	<p>Se caracteriza por la continuidad en la dirección axial del núcleo y la fase gaseosa. El líquido fluye hacia arriba de una película delgada alrededor de una película de gas mojando las paredes de la tubería o conducto.</p> <p>Además, una película de líquido cubre las paredes de la tubería, y el gas fluye por el interior, llevando las partículas de líquido en suspensión.</p>
Flujo de Neblina ó Rocío	<p>El líquido está completamente disuelto en el gas; lo que significa que la fase continua es el gas y lleva en suspensión las gotas de líquido.</p>

FUENTE: Mecánica de fluidos. Jean-François DULHOSTE – Escuela de Ingeniería Mecánica – ULA

Las caídas de presión en flujo bifásico son muy diferentes a la de una fase, ya que generalmente existe una interface y el gas se desliza en el líquido, separadas ambas por una interface que puede ser lisa o irregular dependiendo del régimen de flujo existente y las caídas de presión pueden llegar a ser de 5 a 10 veces mayores, que las ocurridas en flujo monofásico.

## 2.8. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD

Dentro de la búsqueda de alternativas aplicables para proponer un programa de integridad, el estándar API 1160 resulta contener toda la metodología y lineamientos para la implementación de un efectivo programa de integridad y por esto se inicia el estudio al respecto con el fin de determinar que amenazas tenían afectación directa sobre el OAM y que procedimiento se iba a desarrollar para contar con una herramienta apropiada que facilitara la gestión y permitirá la accesibilidad a la información.

A partir de API 1160 se realiza la evaluación de las 9 amenazas a la integridad de sistemas de transporte de líquidos peligrosos con el fin de determinar cuáles se iban a considerar para la estrategia que se pretendía desarrollar, así que se establece que las amenazas a la integridad para el poliducto son:

1. Corrosión externa
2. Corrosión interna
3. Daños por terceros
4. Geotecnia y fuerzas externas medioambientales
5. Operaciones incorrectas

Pero para que cada una de estas amenazas pudiera analizarse y valorarse, se requieren variables y parámetros de correlación, además de la interface que lograra realizar precisa y repetitivamente esta correlación.

Se desarrolla la caracterización y valoración de las amenazas relacionadas con el tiempo, basados en la información histórica, datos del sistema generando arreglos conceptuales de la identificación de peligros así:

- **Amenazas estables en el tiempo**

Son aquellas que se mantienen estables, sin presentar algún peligro asociado conforme al tiempo. En la Figura 2-23 se puede visualizar cuales son estas amenazas dependientes del tiempo.

**FIGURA 2-23: Amenazas dependientes del Tiempo**

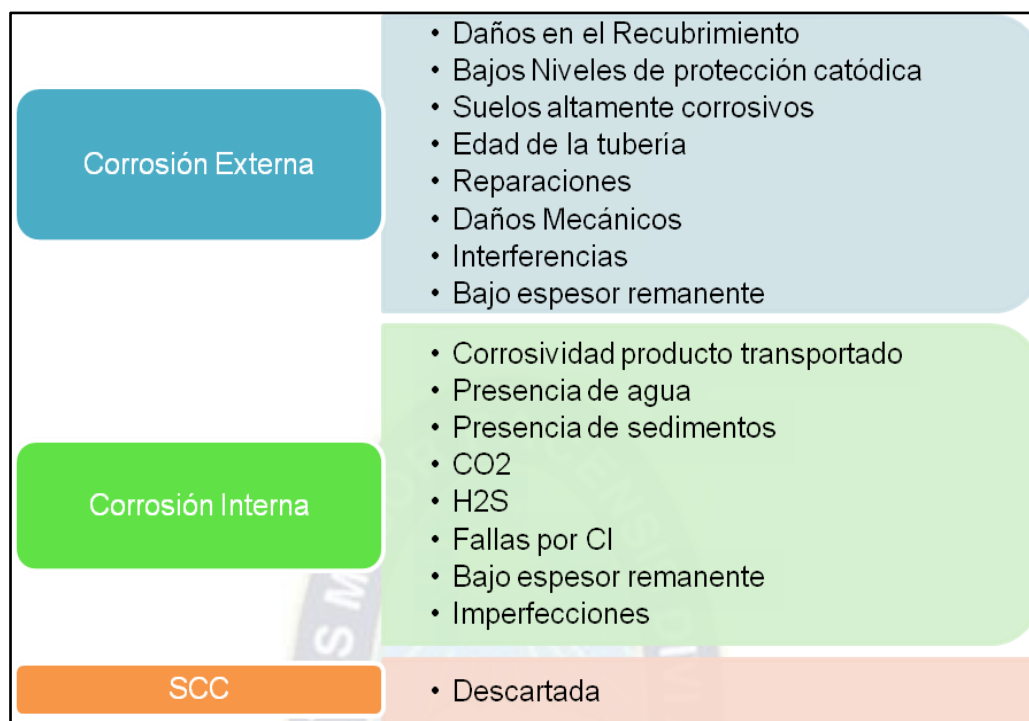
Defectos de fabricación	• Sin peligros asociados
Defectos en construcción	• Sin peligros asociados
Equipos y accesorios	• Sin peligros asociados

**FUENTE:** PROGRAMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD OLEODUCTO ALTO MAGDALENA, 2016

- **Amenazas dependientes del Tiempo**

Son aquellas que, si dependen del tiempo, conforme al mismo puede ir aumentando la amenaza de generar algún peligro. En la Figura 2-24 se visualiza a detalle cuales son las amenazas dependientes del tiempo.

**FIGURA 2-24: Amenazas dependientes del Tiempo**



FUENTE: PROGRAMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD OLEODUCTO ALTO MAGDALENA, 2016

- **Amenazas independientes del tiempo**

Son aquellas que independientemente del tiempo transcurrido pueden llegar a suscitarse. En la Figura 2-25 detalla cuales son las amenazas independientes del tiempo.

**FIGURA 2-25: Amenazas independientes del tiempo**



FUENTE: PROGRAMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD OLEODUCTO ALTO MAGDALENA, 2016

## CAPITULO III

### ANÁLISIS DE INTEGRIDAD

El Análisis de Integridad permite evaluar cuantitativamente la capacidad de un componente en este caso de un Poliducto, para desempeñar la función para la cual fue diseñado, con la durabilidad requerida y los márgenes de seguridad requeridos. Una Empresa Operadora de Hidrocarburos, busca transportar eficientemente el petróleo crudo y sus derivados mediante redes de oleoductos y poliductos respectivamente.

El transporte de fluidos por medio de tuberías cilíndricas a presión es un método muy usado por su eficacia y costos, por el cuál es importante y necesario realizar un estudio para estimar el grado de integridad de la tubería de un Poliducto y con ello crear un análisis general del sistema a fin de establecer conclusiones y recomendaciones sobre el estado actual del mismo.

El análisis de integridad es una evaluación de una tubería, nos permite saber el estado en el que ésta se encuentra, y determina el tiempo de vida y falla en un periodo. Este análisis, solo cuantifica los daños que existen en la estructura, pero no el impacto ambiental que una falla podría ocasionar.

#### 3.1. MARCO TEÓRICO Y NORMATIVA

“Es el proceso de integridad permite identificar las amenazas que actúan sobre el sistema de poliductos. Estas amenazas son los daños o peligros que afectan a las tuberías disminuyendo de esta manera su vida útil. En la aplicación del análisis se debe definir cuál o cuáles de las amenazas que afectan a los poliductos aplica a las tuberías o sistemas en estudio. Luego el sistema debe determinar la magnitud de la acción de esta amenaza al sistema de poliductos, esto significa evaluar (cuantificar).” Terán, (2016).

“De esta manera, el operador dentro de su sistema, puede determinar la probabilidad de falla que tendrá el Poliducto respecto de las amenazas que operan sobre el mismo.

Y, por último, el sistema funcionará como una herramienta para mitigar y monitorear estas amenazas con el objetivo de disminuir la probabilidad de falla asociada a la operación o minimizar las consecuencias en el caso que un error se desarrolle en el sistema de poliductos.” Terán, (2016)

El análisis de integridad consiste en la evaluación del estado estructural de la tubería, identificando el tipo y grado de severidad de los defectos presentes en el mismo, a partir de los reportes de inspección no destructiva y la información técnica del elemento y su entorno de influencia.

El objetivo principal de estos análisis es conocer cómo pueden suceder los accidentes (evaluación continua), administrar el control del riesgo (evaluación de riesgo), establecer planes, procesos, procedimientos, así como también entrenamiento, capacitación y certificación para el desempeño del personal responsable.

En el sector industrial petrolero a nivel mundial, existen organismos internacionales y gubernamentales que se encargan de establecer normativas y recomendaciones estandarizadas, a fin de procurar lineamientos homogéneos en cuanto al diseño, construcción, instalación, inspección, mantenimiento y reparación de facilidades y elementos de un sistema hidrocarburífero.

“La Norma API-1160 ha sido aplicada en la mayoría de los países y adaptada a la regulación de los mismos, la misma que establece la metodología y parámetros para la elaboración de un estudio de integridad, como a continuación se describe:

- Identificación y documentación de HCAs (Áreas de Alta Consecuencia) y la influencia de los segmentos de tubería en estas áreas.
- Recolección de datos, análisis e integración, incluyendo un listado completo del estándar de datos de los campos de entrada
- Tipos de anomalías en tuberías y herramientas para su detección.
- Evaluación del riesgo, validación y priorización.
- Opciones de mitigación y métodos de reparación, con un listado de técnicas de reparación de tuberías comúnmente utilizadas.
- La evaluación inicial de referencia para el plan de desarrollo e implementación.
- Determinación del intervalo / frecuencia de inspección subsecuente.
- Medidas generales de prevención y rehabilitación.
- Administración de la integridad de las tuberías en estaciones de bombeo y terminales, incluyendo opciones de mitigación, consideraciones de diseño, control de corrosión y tanques.

- Medidas de desempeño y auditorías.
- La gestión del cambio y la actualización del programa de integridad de la tubería.”  
Terán, (2016)

Tomando en consideración la complejidad de un estudio detallado para el establecimiento de un análisis de integridad y riesgos, el cual incluiría datos detallados de la geografía e hidrología del terreno, para los alcances del presente trabajo se realiza un Análisis General de integridad y Riesgos de la tubería de un Poliducto de Prueba para obtener un panorama general de las áreas de Alta consecuencia y su priorización en un análisis de riesgos.

### **3.2. MÉTODO DE ANÁLISIS DE INTEGRIDAD**

“Existen muchos métodos dentro del análisis de integridad, pero cabe mencionar que se elige de acuerdo a los criterios que se desean o requieren saber, los más utilizados en la industria son: el determinístico y el probabilístico.” Terán, (2016).

“Para efectuar el análisis de integridad a poliductos existen dos metodologías, el método Probabilístico y determinístico, este último puede ser tipo muestral o basándose en los resultados de inspección con equipo instrumentado. El análisis probabilístico y tipo muestral no se considera dentro del alcance de este proyecto sin embargo para efectos de información se describirán brevemente.” Terán, (2016).

La metodología que se debe aplicar al análisis de integridad será el método determinístico, ya que por el grado de riesgo es la manera adecuada de conocer los valores a los que el ducto se encuentra operando y esta se basa en la inspección de campo.

Cabe mencionar que el método probabilístico es usado para el cálculo de dichos valores de manera no muestral, pero en base a este método se hace un cálculo de daños y efectos del ducto aproximados. Así que se puede concluir que en el análisis de poliductos los 2 métodos son muy importantes para la examinación y conclusión del estado del mismo.

#### **3.2.1. Análisis determinístico**

“El análisis determinístico parte de los resultados de inspección no destructiva ya sea con equipo instrumentado de inspección interna o de tipo muestral, el análisis de integridad consiste en: Evaluación de la severidad de los defectos presentes, cálculo de la presión



máxima permisible de operación, predicción de vida útil y emitir recomendaciones de reparación” Terán, (2016).

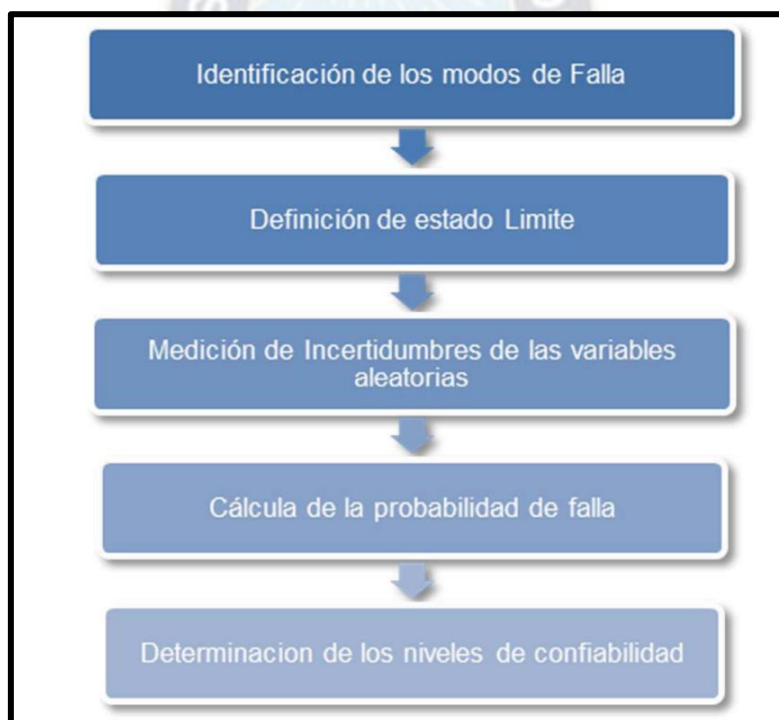
El análisis determinístico es de suma importancia en la inspección interna y maestra, ya que se hace en base a mediciones obtenidas por el equipo instrumentado y para el cálculo de dichas conclusiones.

### 3.2.2. Análisis probabilístico

“El análisis probabilístico es un método es utilizado principalmente en tuberías con difícil acceso. Los modos de falla son identificados del reporte de inspección o de cálculos teóricos o de simuladores para líneas no inspeccionables.” Terán, (2016).

La figura 3.1 indica la metodología para un análisis probabilístico.

**FIGURA 3-1: Metodología Análisis Probabilístico**



FUENTE: INTERNET

La dificultad en el acceso físico a una línea terrestre provoca que sea casi imposible verificar su estado, de manera que no se tenga una certeza de los datos necesarios para un Análisis de integridad, como son: espesores, propiedades de materiales, dimensiones de defectos, entre

otras. Estas incertidumbres pueden ser manejadas mediante un análisis probabilístico que permita tomar decisiones dentro de un nivel de seguridad o confiabilidad adecuado.

### **3.2.3. Análisis de flexibilidad**

“Determinar la flexibilidad en el análisis de integridad es importante para conocer los esfuerzos a los que una estructura está sometida en operación. Es un método que consiste en la determinación del Estado de esfuerzos y deformaciones en un ducto bajo la acción de una o más cargas. Y da las bases para el diseño de una nueva línea, ya sea superficial o enterrada, así mismo, permite determinar el estado de esfuerzos en una tubería existente.” Terán, (2016). Los sistemas de tubería deben tener la suficiente flexibilidad para prevenir la expansión o contracción térmica o movimientos de los soportes los cuales puedan causar:

- Fallas en la tubería o en los soportes debido a sobreesfuerzo o fatiga.
- Fallas en las juntas.
- Esfuerzos o deformaciones perjudiciales en tuberías y válvulas o en equipos conectados, resultado de movimiento excesivo y momentos en los tubos.
- Cambios de trazo y perfil en línea regular
- Cambios de trazo y perfil en instalaciones
- Cambios en condiciones de operación
- Evaluación de grado de severidad bajo cargas ocasionales como: vientos, sobrepresiones, desplazamientos inducidos.

Para realizar un análisis de flexibilidad se aplica la siguiente metodología:

- Inicialmente se determina si se trata de un diseño para una línea nueva o es una línea existente, pudiendo ocurrir en estos últimos cambios en su diseño original por causas externas como deslaves, inundaciones, sismos, etc., o desplazamientos significantes por cambios en las condiciones de operación como incremento de volumen de producción, presión, temperatura.
- Posteriormente se clasifica a la línea con base a su localización geográfica, pudiéndose tratar de líneas superficiales, enterradas o tubería sumergida, las cuales tienen características propias influenciadas por el medio externo sobre el que se desarrollan.

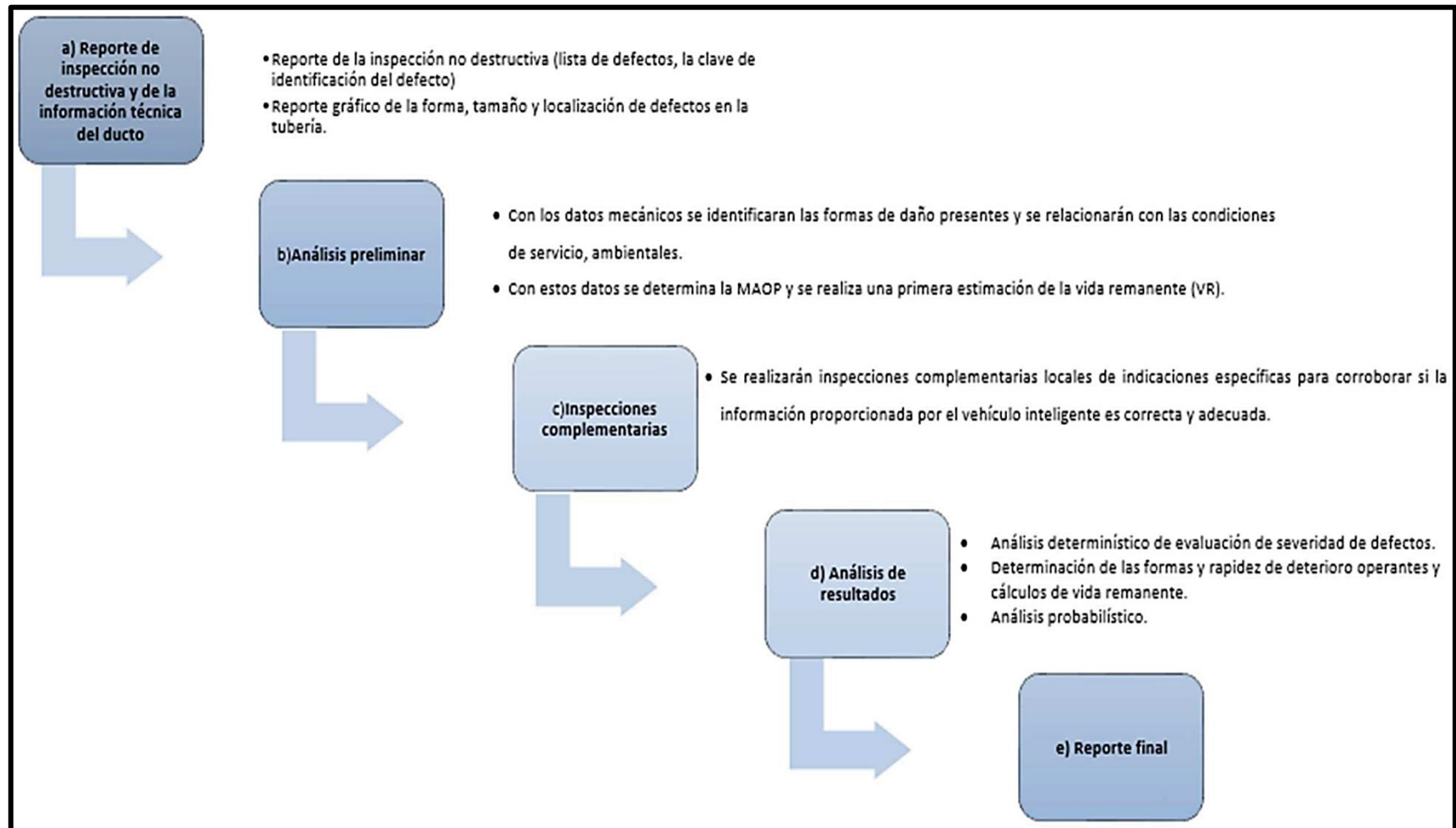
- Definido el tipo de servicio se puede establecer las normas y códigos que se van a utilizar, siendo estos principalmente: ASME B31.3, B31.4, B31.8. Algunos de estos códigos internacionales se utilizan simultáneamente con otros códigos o estándares.
- Una vez realizado esto se prosigue con la recopilación de toda la información necesaria para hacer las bases de diseño del análisis de flexibilidad, esta información consiste en el caso de tubería superficial se hace un dimensionamiento para cada tramo de tubería y se toma la especificación de todos los elementos que contiene el arreglo, denominando elemento a todos los codos, Tes, válvulas, bridas, etc., que comprenden el arreglo de tubería.
- Otra de las bases de diseño necesarias para el análisis comprende las condiciones de operación, la geometría y características mecánicas del material, el tipo de suelo para el caso de tubería enterrada, así como su localización geográfica.
- Una vez determinado el campo de esfuerzos se comparan con los esfuerzos permisibles establecidos en el código empleado y en caso de rebasar estos límites permisibles se emiten las recomendaciones necesarias para disminuir los esfuerzos o en su caso retirar la pieza.
- Generalmente los resultados se muestran a través campos de colores, los campos de colores muestran las distribuciones de esfuerzo en el sistema, a cada color le corresponde un rango, indicando que en esa zona se tienen valores dentro del rango.

### **3.3. PROCEDIMIENTO GENERAL PARA EL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD**

“El procedimiento general del análisis de integridad es la secuencia de pasos a seguir para la realización de un análisis de integridad que le realizará a una cierta estructura o tubería. De acuerdo a las consideraciones anteriores, el Análisis de Integridad de una tubería que haya sido inspeccionado no destructivamente mediante PIG inteligente de inspección interna, se puede realizar de acuerdo al siguiente procedimiento general. Para la realización del análisis de integridad es obligatorio contar con la información referente al poliducto objeto de análisis. La calidad del análisis de integridad depende completamente de la calidad de la información, por lo tanto, es importante establecer el alcance de cada grupo de información requerida.” Terán, (2016).

A continuación, en la Figura 3-2, se observa los procedimientos a seguir para un análisis de integridad:

**FIGURA 3-2: Procedimiento General para análisis de integridad**



FUENTE: INTERNET – ANALISIS DE INTEGRIDAD, PROCEDIMIENTO

El procedimiento para el análisis en líneas requiere de exactitud en las mediciones y cálculos que se hacen para determinar el estado físico de la línea y en su caso, sus defectos o fallas para su reparación y mantenimiento, así como la programación próxima de inspección que esta requiera para su mantenimiento y seguridad. En la Figura 3-2 se explica brevemente el procedimiento para realizar este análisis según norma API 1160.

### 3.4. DETERMINACION DE MÁXIMA PRESIÓN DE OPERACIÓN EN BASE A ESPESORES.

La Máxima Presión de Operación Aceptable (MAOP) se la define como la presión máxima que puede soportar la línea o un segmento de la misma para ser operada, al momento de sobrepasar la MAOP se trabajaría fuera de rango y en condiciones inseguras.

Basándonos en la norma ASME B31.4 se calcula según la Ecuación 3.1:

$$MAOP = \frac{2 * S * t}{D_o} \text{ (psi)} \quad \text{Ecu. 3.1}$$

Donde:

$$S = F \times E \times S_y$$

$$F = \text{Factor de diseño} = 0,72$$

$$E = \text{Factor de junta de soldadura (Tabla 3.1)}$$

$$S_y = \text{Specified Minimum Yield Strenght (Tabla 3.1)}$$

MAOP en metros de columna de fluido según Ecuación 3.2:

$$H_{MAOP} = \frac{MAOP \text{ (PSI)} \times 6894.74 \text{ (PA)}}{\rho \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times g \left( \frac{m}{s^2} \right)} \quad \text{Ecu. 3.2}$$

Para la localización en el perfil piezométrico vs. El perfil altimétrico utilizamos la Ecuación 3.3:

$$H_{MAOP-PIEZO} = H_{MAOP} + H_1 \quad \text{Ecu. 3.3}$$

A continuación, la Tabla 3-1 detalla los diferentes factores de junta de soldadura especificados por la norma ASME 31.4:

**Tabla 3-1: Factor de junta de soldadura**

Table 402.4.3 Weld joint factor <i>E</i>		
Specification no.	Pipe type [Note (1)]	Weld joint factor <i>E</i>
ASTM A 53	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Furnace butt welded	0.60
ASTM A 106	Seamless	1.00
ASTM A 134	Electric fusion (arc) welded	0.80
ASTM A 135	Electric resistance welded	1.00
ASTM A 139	Electric fusion (arc) welded	0.80
ASTM A 333	Seamless	1.00
	Electric resistance weld	1.00
ASTM A 381	Double submerged arc welded	1.00
ASTM A 671	Electric fusion welded	1.00 [Notes (2), (3)]
		0.80 [Note (4)]
ASTM A 672	Electric fusion welded	1.00 [Notes (2), (3)]
		0.80 [Note (4)]
API 5L	Seamless	1.00
	Electric resistance welded	1.00
	Electric induction welded	1.00
	Submerged arc welded	1.00
	Furnace butt welded, continuous welded	0.60
Known	Known	Note (5)
Unknown	Seamless	1.00 [Note (6)]
Unknown	Electric resistance welded	1.00 [Note (6)]
Unknown	Electric fusion welded	0.80 [Note (6)]
Unknown	Over NPS 4	0.80 [Note (7)]
Unknown	NPS 4 and smaller	0.60 [Note (8)]

FUENTE: NORMA ASME B31.4. TABLA 402.4.3

A continuación, la Tabla 3-2 detalla los factores de SMYS acorde a las especificaciones y grado, de acuerdo a la norma ASME 31.4:

**Tabla 3-2: Factores de SMYS de acuerdo a la especificación y grado**

Table 402.3.1(a) Tabulation of Examples of Allowable Stresses for Reference Use in Piping Systems Within the Scope of This Code				
Specification	Grade	Specified Min. Yield Strength, psi (MPa)	Weld Joint Factor, E	Allowable Stress Value, S, -20°F to 250°F (-30°C to 120°C) psi (MPa)
<b>Seamless</b>				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	18,000 (124)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 106	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (278)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (298)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
API 5L	X80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
ASTM A 106	C	40,000 (278)	1.00	28,800 (199)
ASTM A 333	6	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
ASTM A 524	I	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
ASTM A 524	H	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
<b>Furnace Butt Welded, Continuous Welded</b>				
ASTM A 53	...	25,000 (172)	0.60	10,800 (74)
API 5L Classes I and II	A25	25,000 (172)	0.60	10,800 (74)
<b>Electric Resistance Welded and Electric Flash Welded</b>				
API 5L	A25	25,000 (172)	1.00	18,000 (124)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L, ASTM A 53, ASTM A 135	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)
API 5L	X52	52,000 (358)	1.00	37,450 (258)
API 5L	X56	56,000 (386)	1.00	40,300 (279)
API 5L	X60	60,000 (413)	1.00	43,200 (297)
API 5L	X65	65,000 (448)	1.00	46,800 (323)
API 5L	X70	70,000 (482)	1.00	50,400 (347)
API 5L	X80	80,000 (551)	1.00	57,600 (397)
ASTM A 333	6	35,000 (241)	1.00	25,000 (174)
<b>Electric Fusion Welded</b>				
ASTM A 134	...	...	0.80	...
ASTM A 139	A	30,000 (207)	0.80	17,300 (119)
ASTM A 139	B	35,000 (241)	0.80	20,150 (139)
ASTM A 671	...	Note (1)	1.00 [Notes (2), (3)]	...
ASTM A 671	...	Note (1)	0.70 [Note (4)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	1.00 [Notes (2), (3)]	...
ASTM A 672	...	Note (1)	0.80 [Note (4)]	...
<b>Submerged Arc Welded</b>				
API 5L	A	30,000 (207)	1.00	21,600 (149)
API 5L	B	35,000 (241)	1.00	25,200 (174)
API 5L	X42	42,000 (289)	1.00	30,250 (208)
API 5L	X46	46,000 (317)	1.00	33,100 (228)

FUENTE: NORMA ASME B31.4. TABLA 402.4.3

Los esfuerzos tolerables según<sup>3</sup> ASME B31.4:

Tubería nueva (Especificaciones conocidas) se utilizará la Ecuación 3.4.

$$S = F \times E \times SMYS \quad \text{Ecu. 3.4}$$

Donde:

$$F = \text{Factor de diseño} = 0,72$$

$$E = \text{Factor de junta de soldadura (Tabla 3.1)}$$

$$SMYS = \text{Esfuerzo de Cedencia Minimo Especificado (Tabla 3.1)}$$

Tubería nueva o usada (con especificaciones desconocidas o bajo especificación ASTM A-120) se utilizará la Ecuación 3.5.

$$S = F \times E \times MYS \quad \text{Ecu. 3.5}$$

Donde:

$$F = \text{Factor de diseño} = 0,72$$

$$E = \text{Factor de junta de soldadura (Tabla 3.1)}$$

$$MYS = \text{Esfuerzo de Cedencia Minimo} = 24000 \text{ psi o } 165000 \text{ Pa}$$

Tubería usada (Con especificaciones conocidas de Tabla 3.1

$$t = \frac{P_i \times D}{2 \times S} \quad \text{Ecu. 3.6}$$

$$t = \text{Espesor de la pared de presion de diseño (plg)}$$

$$P_i = \text{Presion interna de diseño medida (psi)}$$

$$D = \text{Diámetro exterior de tubería (plg)}$$

$$S = \text{Esfuerzo tolerable (psi)}$$

---

3 Revisar ASME B31.4



Adicional en norma se establece que la presión determinada por los espesores de pared reducidos, es la máxima presión de operación admisible bajo estas circunstancias denominado MAOP-reducido por lo que la Ecuación 3.7 expresaría lo estipulado.

$$MAOP_{reducida} = \frac{2 \times S \times t_r}{D} \quad \text{Ecu. 3.7}$$

Donde:

$MAOP_{reducida}$  = Máxima presión (interna) de Operación Aceptable (psi)

$t_r$  = Espesor de pared reducida de presión de diseño (plg)

$P_i$  = Presión interna de diseño medida (psi)

$D$  = Diámetro exterior de tubería (plg)

$S$  = Esfuerzo tolerable (psi)

Para realizar la comparación de MAOP y MAOP<sub>reducido</sub> se utilizan las ecuaciones anteriormente descritas y con datos de espesores y presión de diseño del poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1), se conseguirá los resultados descritos en la Tabla 3-3.

**Tabla 3-3: Valores de MAOP y MAOP<sub>reducido</sub>**

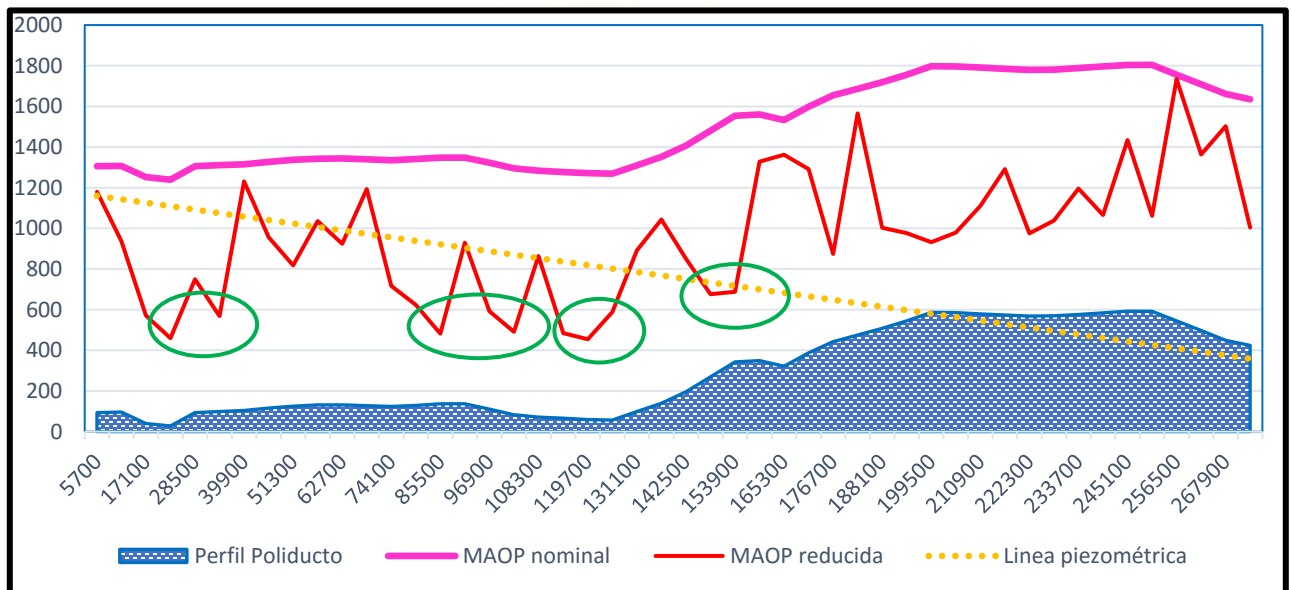
ABCISA	DISTANCIA ABSOLUTA (m)	H (m)	H Piezométrica (m)	Espesor de pared (mm)	ESPEJOR NOMINAL (plg/mm)		ESPEJOR REMANENTE (plg/mm)		DESGASTE (%)	MAOP NOMINAL (psi)	MAOP REDUCIDA (psi)	MAOP NOMINAL (m)	MAOP REDUCIDA (m)
5+715	5700	62,69	1159,76	5,73	0,237	6,03	0,226	5,73	5	1440	1371,36	1305,15	1246,09
11+402	11400	74,85	1142,71	4,22	0,237	6,03	0,166	4,22	30	1440	1010,48	1307,08	937,49
17+108	17100	91,91	1125,66	2,71	0,237	6,03	0,107	2,71	55	1440	649,59	1251,24	571,12
22+798	22800	94,55	1108,61	2,23	0,237	6,03	0,088	2,23	63	1440	534,11	1239,08	459,59
28+502	28500	100,52	1091,56	3,32	0,237	6,03	0,131	3,32	45	1440	793,94	1305,42	749,51
34+200	34200	106,49	1074,51	2,41	0,237	6,03	0,095	2,41	60	1440	577,41	1310,36	568,13
39+900	39900	118,35	1057,46	5,61	0,237	6,03	0,221	5,61	7	1440	1342,49	1315,30	1231,40
45+600	45600	128,76	1040,41	4,22	0,237	6,03	0,166	4,22	30	1440	1010,48	1326,59	957,00
51+300	51300	129,03	1023,36	3,50	0,237	6,03	0,138	3,50	42	1440	837,25	1336,69	818,04
57+001	57000	130,69	1006,31	4,52	0,237	6,03	0,178	4,52	25	1440	1082,65	1342,39	1034,90
62+700	62700	133,33	989,26	3,98	0,237	6,03	0,157	3,98	34	1440	952,73	1343,41	924,13
68+403	68400	133,97	972,21	5,31	0,237	6,03	0,209	5,31	12	1440	1270,31	1339,23	1193,22
74+101	74100	138,91	955,16	3,02	0,237	6,03	0,119	3,02	50	1440	721,77	1335,05	717,03
79+800	79800	145,95	938,11	2,53	0,237	6,03	0,100	2,53	58	1440	606,29	1340,47	623,08

85+500	85500	150,2	921,06	1,81	0,237	6,03	0,071	1,81	70	1440	433,06	1347,69	481,25
91+199	91200	158,66	904,01	3,98	0,237	6,03	0,157	3,98	34	1440	952,73	1347,99	928,71
96+900	96900	160,3	886,96	2,47	0,237	6,03	0,097	2,47	59	1440	591,85	1322,34	592,53
102+600	102600	162,84	869,91	2,11	0,237	6,03	0,083	2,11	65	1440	505,24	1294,74	490,40
108+300	108300	164,08	852,86	3,98	0,237	6,03	0,157	3,98	34	1440	952,73	1282,88	863,60
114+002	114000	166	835,81	2,17	0,237	6,03	0,086	2,17	64	1440	519,67	1276,91	484,99
119+700	119700	167,02	818,76	2,05	0,237	6,03	0,081	2,05	66	1440	490,80	1270,94	454,18
125+400	125400	171,3	801,71	2,71	0,237	6,03	0,107	2,71	55	1440	649,59	1268,30	588,18
131+100	131100	171,6	784,66	3,98	0,237	6,03	0,157	3,98	34	1440	952,73	1309,72	890,44
136+800	136800	174,75	767,61	4,52	0,237	6,03	0,178	4,52	25	1440	1082,65	1351,14	1043,65
142+500	142500	230,34	750,56	3,32	0,237	6,03	0,131	3,32	45	1440	793,94	1406,73	850,82
148+200	148200	304,08	733,51	2,11	0,237	6,03	0,083	2,11	65	1440	505,24	1480,47	676,13
153+900	153900	356,45	716,46	1,81	0,237	6,03	0,071	1,81	70	1440	433,06	1554,22	687,78
159+600	159600	377,83	699,41	4,88	0,237	6,03	0,192	4,88	19	1440	1169,26	1560,59	1327,63
165+300	165300	384,2	682,36	5,19	0,237	6,03	0,204	5,19	14	1440	1241,44	1532,84	1361,99
171+004	171000	422	665,31	4,52	0,237	6,03	0,178	4,52	25	1440	1082,65	1598,39	1290,90
176+700	176700	458,36	648,26	2,23	0,237	6,03	0,088	2,23	63	1440	534,11	1654,14	874,65
182+400	182400	477,75	631,21	5,43	0,237	6,03	0,214	5,43	10	1440	1299,18	1686,82	1565,65
188+100	188100	484,29	614,16	2,53	0,237	6,03	0,100	2,53	58	1440	606,29	1719,50	1002,11
193+600	193600	510,43	597,11	2,23	0,237	6,03	0,088	2,23	63	1440	534,11	1755,95	976,46
199+500	199500	531,96	580,06	1,81	0,237	6,03	0,071	1,81	70	1440	433,06	1797,84	931,40
205+200	205200	543,11	563,01	2,05	0,237	6,03	0,081	2,05	66	1440	490,80	1796,19	979,43
210+900	210900	579,56	545,96	2,71	0,237	6,03	0,107	2,71	55	1440	649,59	1790,49	1110,37
216+600	216600	579,63	528,91	3,62	0,237	6,03	0,143	3,62	40	1440	866,12	1784,79	1290,98
222+300	222300	602,7	511,86	2,11	0,237	6,03	0,083	2,11	65	1440	505,24	1779,09	974,75
228+001	228000	604,5	494,81	2,41	0,237	6,03	0,095	2,41	60	1440	577,41	1780,89	1038,66
233+700	233700	608,4	477,76	3,14	0,237	6,03	0,124	3,14	48	1440	750,64	1788,22	1195,04
239+400	239400	611,83	460,71	2,47	0,237	6,03	0,097	2,47	59	1440	591,85	1795,97	1066,16
245+100	245100	614,1	443,66	4,22	0,237	6,03	0,166	4,22	30	1440	1010,48	1803,73	1434,14
250+800	250800	619,58	426,61	2,41	0,237	6,03	0,095	2,41	60	1440	577,41	1803,70	1061,47
256+100	256500	619,8	409,56	5,91	0,237	6,03	0,233	5,91	2	1440	1414,67	1756,02	1734,22
262+200	262200	621,45	392,51	4,34	0,237	6,03	0,171	4,34	28	1440	1039,35	1708,35	1363,60
267+900	267900	627,31	375,46	5,25	0,237	6,03	0,207	5,25	13	1440	1255,88	1660,68	1502,25
271+000	271000	627,34	358,41	2,95	0,237	6,03	0,116	2,95	51	1440	707,33	1634,75	1004,31

Fuente: Elaboración propia

Con los datos obtenidos en la Tabla 3- 3., se realizará una interpretación de los mismos en la Figura 3-3., en el cual, se observa los diferentes cambios que presenta el ducto en comparación Línea Piezométrica con MAOP nominal y reducido, ya calculados anteriormente. Asimismo, la Figura 3-3 muestra los cambios presentados desde el punto de vista de la presión interna de operación del poliducto. A continuación, los detalles mencionados se observan en la siguiente figura:

**FIGURA 3-3: MAOP y Piezométrica**



Fuente: Elaboración propia

La MAOP varía dependiendo del espesor remanente de la tubería y la localización de la misma. En la Figura 3-3. podemos observar que en los puntos 22+798, 34+200, 85+500, 102+600, 119+700, 153+900 tienen los espesores de tubería más bajos (mayor % de desgaste en tubería de prueba) de 63%, 60%, 70%, 65%, 66%, 70% los cuales son las condiciones más críticas con MAOP reducidas menores que la H piezométricas del sistema de bombeo, y estas se encuentran bajo la Línea Piezométrica que es la reducción de presión a lo largo de la tubería, porque en estos sectores de la tubería hay mayor probabilidad de sufrir daños que afecten la vida útil de la misma. Por lo que se debe realizar trabajos preventivos y correctivos en estos tramos

### 3.5. MECÁNICA DE LA FRACTURA APLICADA AL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD

Las fallas son una de las principales causas de accidentes en la industria, si se aplicaran las medidas necesarias para la prevención de estos eventos, las probabilidades de que esto ocurra serían menos probable.

“Aunque en muchos casos de fallas ocurran una vez en toda una vida, una sola falla puede significar una gran catástrofe, como es el caso de las explosiones en grandes poliductos de gases o líquidos combustibles. Las pérdidas por estas fallas usualmente no se limitan a la pérdida de estructura y a los daños causados a las vidas humanas y las propiedades aledañas; con frecuencia también hay grandes pérdidas por la demora de la producción, los daños al ambiente y el deterioro ante la opinión pública de la imagen de la empresa. La mecánica de la fractura es la disciplina que provee las bases y la metodología para el diseño y evaluación de componentes agrietados a fin de desarrollar estructuras más resistentes y tolerantes de defectos.” Cortés, (2011)

#### 3.5.1. Definición de fractura

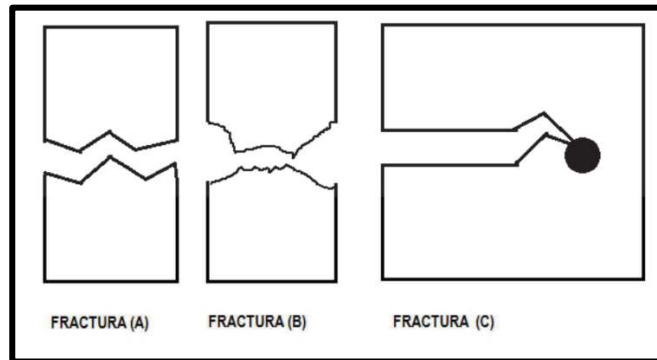
La fractura es la separación o fragmentación de un sólido bajo la acción de una carga externa, a través de un proceso de creación de nuevas superficies; las superficies de fractura. Usualmente, para fracturar un material se requiere incrementar la carga progresivamente hasta que un proceso de nucleación, es decir, un cambio de fase estable aparezca y la propagación de grietas ocurra. Para que la fractura ocurra es necesario que el esfuerzo de iniciación y propagación de grietas esté presente en todo el volumen del cuerpo, pues basta con que este esfuerzo se alcance en una región estrecha para que la fractura ocurra; esto se conoce como principio de la ruptura de una cadena que establece que: “para romper una cadena, basta romper un eslabón.

Según comportamiento de los materiales, se reconocen 2 tipos de fractura:

- Fractura frágil: Es la que ocurre cuando la deformación de la mayor parte del cuerpo es elástica, de manera que después de la fractura, los fragmentos de la pieza pueden volver a juntarse sin que haya cambios significativos en la geometría.
- Fractura dúctil: Es la fractura que ocurre después de una apreciable deformación plástica del cuerpo, entendiendo que los esfuerzos en una región relativamente grande de la pieza rebasaron el esfuerzo de cedencia o límite elástico.

Los 2 tipos de fractura son destructivas y peligrosas cuando se presentan en un componente en operación.

**FIGURA 3-4: Tipos de fractura**



Fuente: <https://prezi.com/y3ptd2uuqanj/mecanica-de-la-fractura-ii/>

La Figura 3-4 presenta en forma esquemática 2 cuerpos con fractura frágil y dúctil respectivamente. La primera fractura es poco nula y su esfuerzo de falla es menor al de Cedencia y las partes se unen perfectamente; la segunda fractura posee una gran deformación plástica y existe una fractura fibrosa con cuello que indica la existencia de una fractura dúctil que rebaso el límite elástico; la última fractura es de aspecto frágil y existe una zona plástica pequeña en la punta de la grieta.

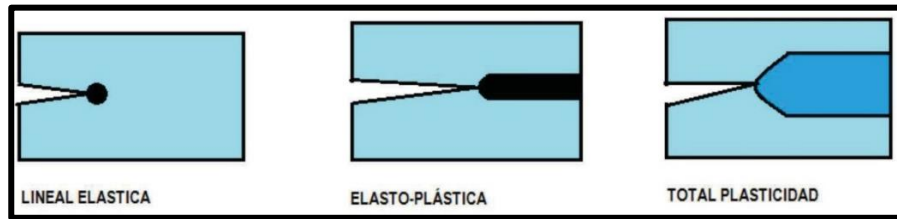
“La mecánica de fractura relaciona el tamaño y forma de una grieta y las fuerzas o cargas que conducen a la fractura de un componente de forma y dimensiones definidas. Para esto, se apoya en el cálculo de la distribución de esfuerzos, deformaciones, desplazamientos alrededor de una grieta y en el establecimiento de los balances de energía que tienen lugar durante la extensión de una grieta.” Cortés, (2011)

De acuerdo a la extensión de la deformación plástica, las categorías de la fractura son:

- Fractura lineal Elástica: Cuando la extensión de la zona plástica esta confinada a una pequeña región frente a la punta de la grieta y la deformación del resto del cuerpo es elástica.
- Fractura Elastoplástica: La zona plástica se extiende en el total remanente del ancho de la pieza, pero permaneciendo como una región relativamente estrecha alrededor del plano de la grieta.
- Colapso plástico: La fractura es precedida de deformación plástica generalizada.

En la Figura 3-5 se indica el tipo de fracturas según la extensión de la zona plástica.

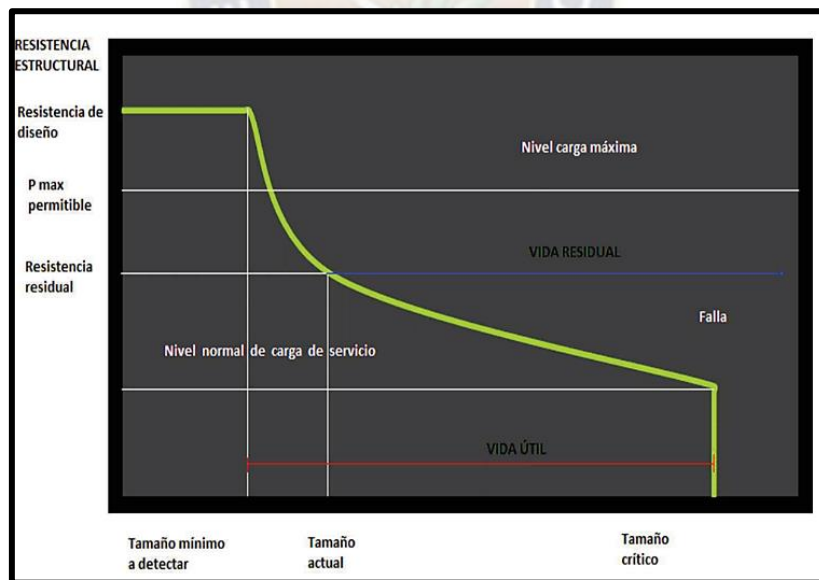
**FIGURA 3-5: Categorías de fractura de acuerdo a la extensión de la zona plástica**



Fuente: <https://prezi.com/y3ptd2uuqanj/mecanica-de-la-fractura-ii/>

La mecánica de fractura considera que el proceso de fractura, inicia con una grieta que se propaga hasta la separación final o fragmentación de la pieza. Si durante la propagación de la grieta, esta puede detenerse al disminuir o desaparecer los esfuerzos, se dice que la propagación es estable y si la grieta se propaga de manera rápida, auto-acelerada y es prácticamente imposible de detener, entonces la propagación es inestable.

**FIGURA 3-6: Tiempo de vida residual**



Fuente: Putsmeister- Vida residual de estructura

La Figura 3-6 permite reconocer aspectos relevantes de la predicción de vida. Debemos tomar en cuenta que todo componente estructural es diseñado bajo la suposición de que el material no contiene defectos y la resistencia de diseño es la determinada por las propiedades mecánicas de

los materiales de fabricación y las características geométricas (espesor, ancho, forma, entre otras) del componente.

Es a partir del tamaño mínimo a detectar y hasta el tamaño crítico, que se obtiene el tiempo de vida útil, o sea la vida máxima garantizada del componente; no se puede garantizar una mayor vida debido a que no se puede asegurar que se detecten grietas más cortas que el tamaño mínimo. La vida residual y la vida útil están determinadas por el punto de falla, que es aquel en que el tamaño de defecto provoca una resistencia residual igual al nivel de carga anormal de servicio, haciendo que la fractura sea inminente.

### **3.6. NORMATIVA INTERNACIONAL APLICADA A LA INTEGRIDAD DE DUCTOS EN BOLIVIA**

Existe una propuesta de norma oficial aplicable a todo tipo de ductos y poliductos que transportan hidrocarburos terrestres, con alcance desde los campos de producción hasta el almacenamiento y distribución, pasando por las estaciones de separación, bombeo y compresión y las refinerías y plantas químicas.

Esta norma cubre todos los factores para verificar el estado de los ductos como son:

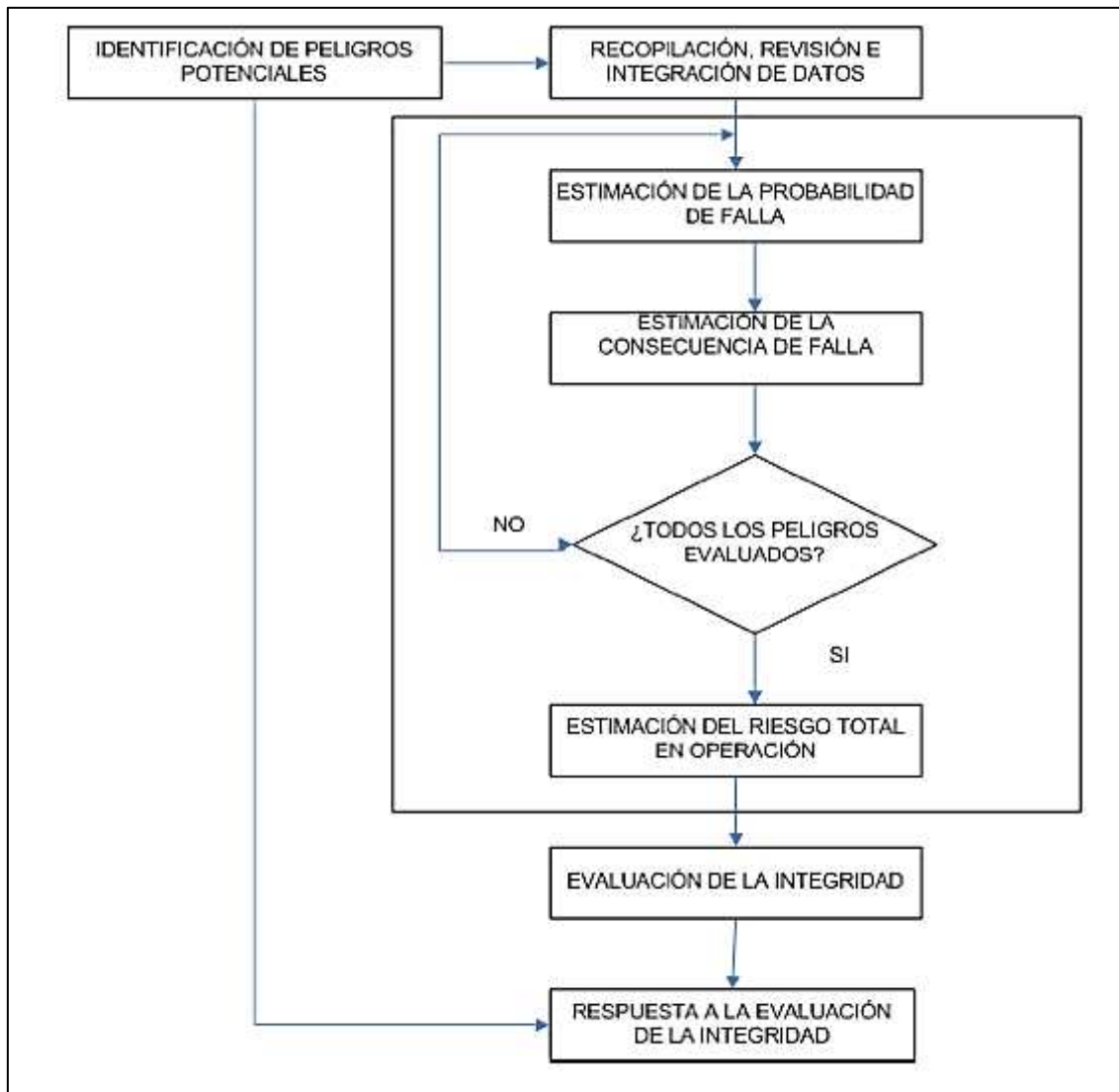
- a) Identificación de peligros potenciales.
- b) Recopilación, revisión e integración de datos.
- c) Evaluación del riesgo.

Los principales peligros potenciales identificados en este estudio, son corrosión externa, corrosión interna, agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos, defectos de fabricación, fallas en la construcción, fallas en el equipo, daños por terceros, operaciones incorrectas y clima y fuerzas externas. riesgo total en operación, evaluar la integridad y proponer la respuesta a la evaluación de la integridad.

El método de evaluación del riesgo consiste, partiendo de la identificación de los peligros potenciales, en disponer de datos fidedignos, estimar la probabilidad de falla, estimar la

consecuencia de falla y si están todos los peligros evaluados, estimar el riesgo total en operación, evaluar la integridad y proponer la respuesta a la evaluación de la integridad. (Ver Figura 3-7)

**FIGURA 3-7: Métodos de Evaluación de Riesgo**



**Fuente:** Pemex 2017

Los métodos de evaluación del riesgo aceptables por esta norma son:

- a) Expertos en la materia.
- b) Evaluación relativa.
- c) Modelos basados en escenarios.
- d) Modelos probabilísticos.



La evaluación de la integridad se realiza con los siguientes procedimientos:

- a) Metodologías específicas.
- b) Inspección interna.
- c) Prueba Hidrostática.
- d) Evaluación directa.
- e) Caracterización.

y la respuesta a la evaluación de la integridad, con las estrategias primarias de reparación, se basan en las siguientes anomalías:

- a) Pérdida de metal externa.
- b) Pérdida de metal interna.
- c) Fugas, fisuras, quemaduras y defectos en soldaduras
- d) Abolladuras, plana o con concentración de esfuerzos.

La vigilancia del cumplimiento de la presente norma corresponde al ente normativo, en el caso de Bolivia, correspondería al Ministerio de Hhidrocarburos.

Para la ejecución de los servicios de mantenimiento de líneas, los proponentes deben considerar la conformación de tres cuadrillas para la zona, las que estarán sujetas a una programación mensual a ser definida por la Gerencia de Mantenimiento de YPFB TRANSPORTE S.A.

Los proponentes deben considerar que YPFB TRANSPORTE S.A. garantizará una programación mínima de trabajos de mantenimiento para una ejecución mensual de Bs 696.000,00.- (Seiscientos noventa y seis mil 00/100 Bolivianos promedio mes) por cuadrilla de manera general, los proponentes deberán considerar que las cuadrillas a conformarse estarán sujetas a un régimen de veintiún (21) días de trabajo por mes calendario, con doce (12) horas diarias de trabajo de lunes a sábado, domingos seis (6) horas (los feriados son laborables y no se considerará pagos por horas extras). Asimismo, mencionar que la movilización y desmovilización no son parte del régimen de 21 días de trabajo.

Para la ejecución de los servicios, de gestión de integridad de ductos, las cuadrillas deben estar conformadas como mínimo por lo siguiente:

### **Ingeniero de Obra**

Será el representante y responsable del Contratista en el campo, sus responsabilidades principales pero no limitantes son las de coordinar los trabajos a ejecutarse con el Supervisor de YPFB TRANSPORTE S.A., y a su vez con el Capataz de obra para su ejecución, realizar todas las tareas de control estadístico, control de calidad, rendimientos, reportes y otros, requeridos en obra, responsabilidad de cumplir y hacer cumplir sin excepción todos los lineamientos de salud, seguridad y medio ambiente; coordinación de ejecución con su oficina central, seguimiento de todo el sistema de oficina y campamento instalado, ejecutar el programa mensual, trimestral, anual, conjuntamente con el supervisor de YPFB TRANSPORTE S.A., ejecutar cálculos técnicos y presupuestos para el desarrollo de las obras y otros de logística de materiales, equipos y herramientas necesarios a tiempo para el no retraso de los trabajos.

### **Capataz de Obra**

Tendrá la responsabilidad principal de controlar y ejecutar los trabajos de la cuadrilla coordinando la acción de los equipos y el personal en relación con el Ing. de campo y el supervisor de YPFB TRANSPORTE S.A dentro del área de gestión de integridad.

### **Administrador de campo**

Tendrá la responsabilidad de administrar las actividades de compras y controles administrativos en obra, control del personal, atención del campamento en cuanto a servicios y alimentación que requiere el personal, control del almacén, stock de materiales en obra de la contratista y de YPFB TRANSPORTE S.A., (llevando un registro de ingreso y salida de materiales respaldando con documentación emitida por almacenes de YPFB Transporte S.A.), control de la asistencia, control del servicio de catering y otros requeridos en campo.

### **Inspector de SSMS**

Será el responsable de coordinar todas las acciones de seguridad requeridas en obra y así como también, el control directo en campo de todas las actividades que se ejecuten día a día, revisión de campamento, gestión de residuos, normas, conductas, etc.

### **Soldador Calificado- Cantidad: 01**

Tendrá la responsabilidad de ejecutar todos los trabajos de soldadura que se requieran. En los periodos de programación de trabajo en que no se contemplen actividades de soldadura, deberá ejecutar otras tareas.

La empresa adjudicada deberá presentar la certificación del soldador bajo los códigos ASME IX o API 1104 y API 1107 que habiliten al soldador para realizar trabajos de soldadura en ductos nuevos y ductos en operación.

### **3.7. NORMAS DE SEGURIDAD INTERNACIONAL**

“Existen y se aplican muchas normas internacionales y nacionales tanto para la construcción como para la operación de ductos, pero son obligatorias las Normas Oficiales Mexicanas (NOM’s) emitidas por la autoridad correspondiente, en este caso la Secretaría de Energía para el caso del gas natural. El transporte de crudo y productos derivados no está regulado y no tiene normas oficiales.” Gutiérrez, (2010)

La verificación de las normas se realiza mediante la evaluación de la conformidad de dichas normas, que consiste en un análisis de la información documental y visitas de campo para revisión de métodos, procedimientos y registros de calidad, en el diseño, la construcción y la operación de los ductos.

“La evaluación de la conformidad de las NOM’s debe ser realizado por una unidad de verificación (UV) debidamente acreditada y aprobada por la Comisión Reguladora de Energía. La UV debe obtener la información documental y realizar la inspección en campo de las instalaciones principales del sistema de transporte como son los puntos de recepción, las estaciones de medición y regulación, válvulas de seccionamiento y protección catódica.” Gutiérrez, (2010)

La UV debe verificar que el propietario asegura el correcto funcionamiento del sistema de transporte mediante programas de mantenimiento preventivo, mantenimiento de la protección

catódica, monitoreo de fugas, inspección y calibración de reguladores de presión, de válvulas de relevo y de válvulas de seccionamiento.

En materia de seguridad el propietario debe contar con programa de prevención de accidentes, información y educación a usuarios y población, plan integral de seguridad y protección civil, atención a emergencias, titularidad de derechos de vía y análisis de riesgo ambiental.

“Las instalaciones de los usuarios, industriales, comerciales y residenciales se vigilan con la norma NOM 002 tanto preoperativa de construcción, como periódica de operación y mantenimiento. Las instalaciones de consumos industriales y comerciales deben verificarse anualmente si su consumo es mayor a 360 gigacalorías (gcal) y cada 2 años cuando su consumo es inferior. Las instalaciones residenciales deben de ser verificadas pre operativamente durante la construcción y cada 5 años por operación y mantenimiento.” Gutiérrez, (2010)

“Las instalaciones de gas natural están sometidas, reguladas y vigiladas por normas oficiales mexicanas de carácter obligatorio. Regulación que, por cierto, no ha llegado a completarse totalmente pues aún existen 400 ramales de usos propios que son tierra de nadie porque no se ha logrado un acuerdo entre la Comisión Reguladora de Energía y PEMEX Gas y Petroquímica Básica y por lo tanto no hay claridad en la operación y mantenimiento de dichos ramales.

Al respecto, cabe mencionar que han surgido muchas compañías medianas y pequeñas que prestan el servicio de operación y mantenimiento a los ramales que llevan gas a las industrias y que también deben cumplir con las normas oficiales.” Gutiérrez, (2010)

También hay que decir que los usuarios no siempre cumplen con la obligación de verificar sus instalaciones periódicamente y la autoridad no tiene mecanismos para obligarlos. Aquí es donde es conveniente que las autoridades de protección civil participen para detectarlas y obligarlas a su verificación periódica como apoyo a la entidad reguladora y para seguridad de la población civil.

Las normas oficiales de gas natural se relacionan a continuación y norman desde la calidad y odorización del gas hasta la seguridad de las instalaciones.

“Se verifica que se disponga del programa de Operación y Mantenimiento (OM), que se usen los equipos adecuados y calibrados, que se dispone del personal calificado y que se identifique toda la información de tal manera que permita su rastreabilidad, que se disponga del manual de métodos y procedimientos, la actualización de los planos del sistema, la capacitación proporcionada a los operadores, el reporte de inspección a válvulas y reguladores, al sistema de protección catódica, de calibración de medidores, de realización de simulacros, de inspección de patrullaje del gasoducto, incluyendo los reportes semestrales entregados a la CRE y el plan integral de seguridad y de protección civil. La verificación de los certificados de calidad y calibración de los equipos, mantenimiento de registros y disponibilidad de los datos y magnitud de la incertidumbre.” Gutiérrez, (2010)

Debe levantarse un acta circunstanciada de la revisión en campo y al final emitir un dictamen de la verificación y validación de los reportes, es decir se realiza la evaluación de la conformidad de la norma.

Los riesgos en estos ductos están estimados por PEMEX en el cuadro correspondiente, particularmente en la última columna observamos riesgo alto en la mayor parte del país. Los ductos tienen una antigüedad entre 20 y 30 años de construidos y cabe observar que fueron construidos con altas especificaciones, pero el mantenimiento ha sido en ocasiones deficiente y no están sujetas a normas obligatorias dado que este campo no está regulado. En las últimas reformas del Congreso a la Ley de Petróleos Mexicanos, se faculta a la Comisión Reguladora de Energía para regular la operación de los ductos que transportan derivados de petróleo, es decir principalmente los poliductos que llevan derivados de las refinerías a las terminales de almacenamiento. Sin embargo, aún no se pone en práctica esta reforma por falta de presupuesto en la CRE. Por lo tanto, PEMEX Refinación únicamente se encargará de operar los ductos que transportan crudo de PEP a las refinerías y podrán establecerse normas de seguridad obligatorias, sobre todo si se regulan a través de la Comisión de Hidrocarburos o la CRE.

Los derrames y fugas, tendrán que ir disminuyendo con la aplicación de normas oficiales, pero además debe buscarse una solución de fondo para atacar el problema de las tomas clandestinas. Por ejemplo, darle tratamiento de crimen organizado lo que de hecho es, y combatirlo con

medios y penas correspondientes a la gravedad de los actos que ponen en riesgo la seguridad de la población civil.

### **3.7.1. OBSERVANCIA Y PLAZOS PARA EL CUMPLIMIENTO DE ESTA NORMA.**

“Las empresas públicas y privadas deben elaborar su plan de administración de integridad de ductos considerando lo siguiente:

a) Las actividades referentes a identificación de peligros potenciales, recopilación, revisión e integración de datos y evaluación de riesgo, deben realizarse dentro de un período de veinticuatro meses, de acuerdo al siguiente programa:

1. 20% del total de la longitud de sus ductos en seis meses después de la entrada en vigencia de la presente norma.
2. 60% del total de la longitud de sus ductos en quince meses después de la entrada en vigencia de la presente norma.
3. 100% del total de la longitud de sus ductos en veinticuatro meses después de la entrada en vigencia de la presente norma.” Gutierrez, (2010)

“b) Las actividades referentes a la evaluación de integridad y a la respuesta a la evaluación de integridad deben realizarse de acuerdo al siguiente programa:

1. 20% del total de la longitud de sus ductos en cuatro años.
2. 60% del total de la longitud de sus ductos en ocho años.
3. 100% del total de la longitud de sus ductos en doce años.” Gutierrez,(2010)

## CAPITULO IV

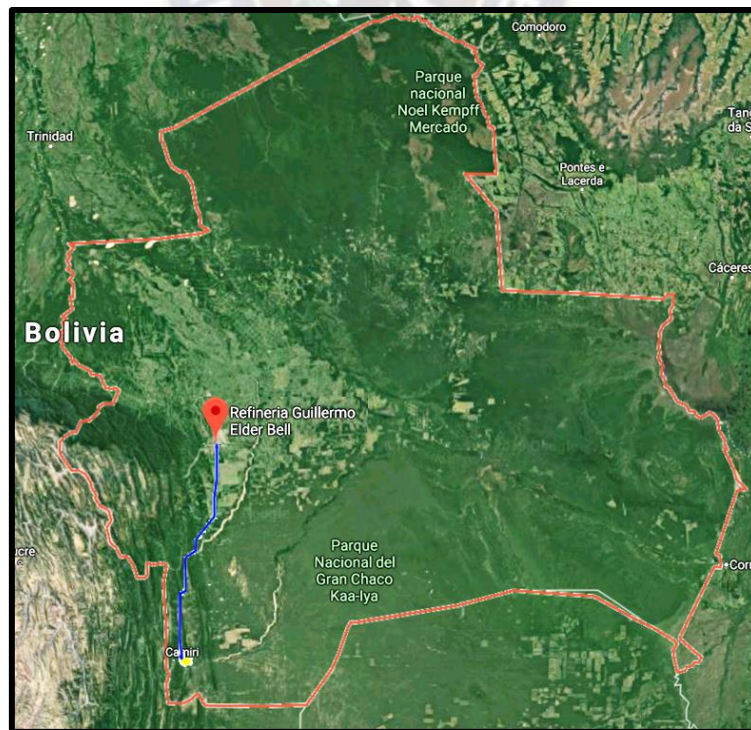
### APLICACIÓN PRÁCTICA

#### DESARROLLO DE LA MATRIZ PARA EL ANÁLISIS DE INTEGRIDAD DE UN POLIDUCTO

##### 4.1. GENERALIDADES DEL POLIDUCTO

El Poliducto Santa Cruz-Camiri (OCSZ-I) fue construido en 1958 con el objeto de que transportar crudo desde Camiri hasta la Refinería de Santa Cruz. El año 1978 se ha construido el Oleoducto OCSZ II para el transporte de crudo, y el OCSZ I fue transformado en Poliducto (PCSZ I) para el transporte de derivados de petróleo desde la Refinería Guillermo Elder Bell hacia Camiri. (El recorrido del poliducto se visualiza en Figura 4-1). Este poliducto tiene una longitud de 272 km, tres estaciones de bombeo (Palmasola, Cabezas y Tatarenda) y la terminal de recepción en Camiri. Con una capacidad de transporte de 4.000 BPD, este poliducto opera de 22 a 25 días al mes.

**FIGURA 4-1: Ubicación mediante mapa del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ- 1)**



Fuente: Google Maps 2021

#### **4.1.1. Descripción del poliducto Santa cruz- Camiri**

El poliducto PCSZ-1, Santa Cruz – Camiri, transporta hidrocarburos refinados como Gasolina Especial, Kerosene y Diésel Oíl, desde la estación Cabecera de Santa Cruz (Palmasola), pasando por la Estación de Cabezas, Estación de Tatarenda hasta la Estación Terminal de recepción de Camiri.

Este poliducto tiene una longitud de 272 km., con una capacidad de transporte de 25 m<sup>3</sup>/h (4.000 BPD), este poliducto opera de 22 a 25 días al mes dependiendo de las necesidades de mercado, cabe resaltar que este ducto fue diseñado para operar con Petróleo Reconstituido, Diésel Oíl, Fuel Oíl y GLP.

El poliducto se inicia en la Estación Cabecera de Santa Cruz (Palmasola), cuenta con dos estaciones intermedias para reforzar el bombeo, estas son la Estación de Cabezas y la Estación Tatarenda ubicadas a 104 km y 156 km de la Estación Cabecera, respectivamente. Finalmente, el poliducto termina en la Estación Terminal de recepción Camiri a 272 km de la Estación Cabecera. Un 86 % del ducto PCSZ -1 está sobre la superficie, los tramos enterrados corresponden a cruces de caminos, ríos y varios centros poblados.

##### **4.1.1.1. Características de diseño**

Inicialmente al ser un oleoducto, el diseño original era para operar transportando crudo y productos refinados desde los pozos de producción de Camiri a Santa Cruz, posteriormente al transformarse en poliducto, este comenzó a operar en sentido inverso, transportando una variedad de petróleo desde Santa Cruz a Camiri. A partir del año 1978, el poliducto transporta productos refinados desde Santa Cruz a Camiri, incluyendo GLP cuyo transporte se efectuó hasta 1991.

La Tabla 4-1 detalla las características de diseño del poliducto Santa Cruz- Camiri, las cuales son las siguientes:



**Tabla 4-1: Características de la Tubería del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1)**

<b>Longitud</b>	272 km.
<b>Material</b>	API 5LX- 42
<b>Diámetro Nominal</b>	4 “
<b>Diámetro Externo</b>	4 ½”
<b>Espesor de pared</b>	6,03 mm (0,237 pulgadas)
<b>Presión de diseño</b>	1440 psi
<b>Presión de Operación</b>	1360 psi
<b>Año de construcción</b>	1958

Fuente: Manual de Operación Poliducto OCSZ-1, 2009

- **Dimensión del poliducto**

En la Tabla 4-2 se detalla las dimensiones por secciones del poliducto Santa Cruz- Camiri.

**Tabla 4-2 : Dimensiones del poliducto PCSZ- 1 por secciones**

<b>TRAMO</b>	<b>LONGITUD (km)</b>	<b>ALTITUD (m.s.n.m.)</b>
Santa Cruz – Cabezas	104	450 - 471
Cabezas - Tatarenda	52	471 – 765
Tatarenda – Chorety	116	765-810
<b>Total</b>	<b>272</b>	

Fuente: Manual de operación poliducto OCSZ- 1, 2009

- **Capacidad**

La capacidad de diseño de construcción fue de 4000 BPD para el transporte de petróleo. A principios de la toma de operaciones de YPFB LOGISTICA, los volúmenes de requerimientos de la zona eran bajos, por lo cual ameritaba una situación de operación discontinua de bombeo y que se constituya un sistema de tipo batch, que procedía el empaquetamiento de productos en toda la extensión del poliducto<sup>4</sup>. La Tabla 4-3 detalla la capacidad del Poliducto Santa Cruz-Camiri.

**Tabla 4-3: Capacidad del Poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1)**

<b>Capacidad de diseño</b>	4000 Bbl/día
<b>Régimen de Bombeo</b>	550m <sup>3</sup> /día
<b>Tiempo de llegada</b>	4 días
<b>Factor Volumétrico</b>	8111 m

Fuente: Anuario YPFB Logística 2016

### Productos transportados

La Tabla 4-4 detalla cuales son los productos que transporta el poliducto y sus gravedades API.

**Tabla 4-4: Gravedades API de productos transportados<sup>5</sup>**

PRODUCTOS REFINADOS	GRAVEDADES API
<b>Gasolina Especial</b>	61,5
<b>Gasolina Super 91</b>	65,02
<b>Kerosene (Lote separador)</b>	50,7
<b>Jet Fuel</b>	50,14
<b>Diésel Oil</b>	41,2

Fuente: Elaboración propia

<sup>4</sup> Actualmente, el poliducto PCSZ-1 transporta productos refinados de petróleo como Diesel Oil, Kerosene y Gasolina Especial, a un régimen de bombeo de 550 m<sup>3</sup>/ día. El inconveniente del uso de la capacidad total de transporte del poliducto fue revertido, no en un 100% pero el incremento llega a un 97 % de capacidad.

<sup>5</sup> En el Anexo “1”, se incluyen las especificaciones técnicas de los productos transportados por el poliducto Santa Cruz-Camiri (PCSZ-1).

#### 4.1.1.2. *Presión de diseño y de operación*

- **Presión de diseño**

Los parámetros originales para el diseño del Poliducto no han sido transferidos dentro de los activos fijos, sin embargo, se puede encontrar en alguna información complementaria como planos y borradores los siguientes datos. La Tabla 4-5 detalla las presiones de diseño del poliducto Santa Cruz- Camiri.

**Tabla 4-5: Presión de diseño del poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1)**

ESTACION	Presión de Succión (psig)	Presión de Descarga (psig)
	Diseño	Diseño
<b>Santa Cruz</b>	15	1440
<b>Cabezas</b>	100	1250
<b>Tatarenda</b>	150	1440
<b>Camiri</b>	150	

Fuente: Manual de operación poliducto PCSZ-1,2009

- **Presión de Operación**

Los actuales valores de las Presiones de Operación en succión como en descarga, han sido merecedor a un recalculo, puesto que lo parámetros operativos después de 47 años de servicio del ducto han cambiado, sobre todo por las variaciones en espesor de la tubería, por corrosión interior como exterior, abolladuras y ralladuras, además, del crecimiento de las poblaciones aledañas al ducto.

Como otro parámetro operativo se tiene la calidad de los productos, habiéndose modificado los procedimientos de transporte desde el empaquetado de línea hasta el transporte con batch separador, llamados interfaces a la mezcla de dos productos. La Tabla 4-6 detalla las presiones de succión y descarga de las estaciones relacionadas con el poliducto Santa Cruz- Camiri.

**Tabla 4-6: Presión de Succión y descarga del PCSZ-1 - interfases**

Estación	Presión de Succión, Psig		Presión de Descarga, Psig	
	Sin Interfase	Con Interfase	Sin Interfase	Con Interfase
<b>Santa Cruz</b>	15	15	825	1160
<b>Cabezas</b>	85	140	825	1100
<b>Tatarenda</b>	130	170	860	1200
<b>Camiri</b>	20	85	-	-

Fuente: Manual de operación poliducto PCSZ-1,2009

#### 4.1.1.3. *Derecho de vía- Características de la ruta*

El Derecho de Vía (DDV) es la franja de terreno donde se alojan las tuberías, requeridos para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los ductos y por donde realiza la ruta respectiva. A continuación, los tramos por las que pasa el poliducto junto con las características de cada sector por el que pasa:

- Tramo Santa Cruz – Cabezas

El poliducto inicia en la estación Cabecera Santa Cruz, en el sector de Palmasola, el cual una vez sale de los predios y continúa enterrada hasta el lanzador de chanchos de limpieza de tubería en la zona de Palmira, donde se tiene una válvula tronquera ANSI 900, cambiando en este punto dirección sur hasta Camiri.

En el trayecto corre paralelo al oleoducto de 10” OCSZ-II de YPFB Transporte S.A. hasta Camiri, asimismo corre paralelo a la vía del tren hasta la población de Abapó. La principal característica de este tramo es que es básicamente llano sin mayores accidentes topográficos.

En la progresiva km 21+000, cerca de la población de Monte Grande, se cuenta con una válvula tronquera tipo cortina ANSI 600. En la progresiva km. 86+760 y 89+730 se tienen dos válvulas tipo cortina ANSI 600, en ambas bandas del río denominado Río Seco. La vegetación es del tipo pastizales, bosque de poca densidad en arbustos y árboles extendiéndose a lo largo de todo el trayecto, sembradíos de soya, girasol y otras oleaginosas. Durante el trayecto cruza enterrado en las poblaciones de Basilio, Zanja Honda, Loma Blanca, Mora y Río Seco.

- Tramo Cabezas- Tatarenda

El poliducto sale desde estación Cabezas en dirección Sur, manteniéndose paralelo a la vía férrea y al ducto de 10" de diámetro de YPFB Transporte. Cruza enterrado por el poblado de Abapó, en el cual se cuenta con una válvula tipo cortina, de cuatro pulgadas de diámetro ANSI 600, la cual se encuentra en una cámara. Al terminar el entierro del ducto por pueblo de Abapó, inicia su paso a través del puente del ferrocarril para vencer la luz del Río Grande. En la progresiva 122+138, en la banda de río del lado de Tatarenda, se cuenta con otra válvula tronquera de las mismas características, estando protegida dentro de un cerco enmallado. A partir del anterior punto inicia el ascenso hasta el abra de El Limón, contando en las progresivas 126+810 y 137+050 con dos válvulas tipo check, además de una válvula de venteo, tipo cortina en el abra de este cerro. Después se encuentra nuevamente con la carretera en el cruce de Limoncitos, lugar donde se interna a la zona de chacos y áreas de pastoreo de ganado. En la progresiva 152+800, la tubería hace un giro de 90 grados para ingresar enterrada a la estación de Tatarenda, una longitud aproximada de 4.600 metros.

- Tramo Tatarenda – Camiri

Desde la estación, la tubería sale enterrada y paralela a la línea de entrada, se encuentra nuevamente en el punto donde giró anteriormente y continua en forma aérea hacia el Sur hasta Terminal Camiri. Desde el punto donde se desentierra la tubería después de salir de Tatarenda, toma la dirección sur para dirigirse en forma aérea hasta Camiri. En el sector denominado

Tabacalito, en la progresiva 158+750 se tiene una válvula tronquera de características similares a las anteriores.

En este tramo inicial, el desplazamiento de la tubería es alejada de la carretera atravesando una propiedad privada y terrenos comunitarios hasta Ipitacito del Monte. Luego al salir de Gutiérrez va paralela al camino, en su trayecto atraviesa un rancho en forma enterrada (Rancho Rosario), luego se pega al cerro al llegar al Rancho La Herradura, desde donde sube por una colina sin acceso para vehículos, la colina es inaccesible y completamente boscosa, al bajar la colina continua la zona boscosa con inaccesibilidad a la tubería, hasta el cruce de carretera Lagunillas – Monteagudo.

La siguiente válvula tronquera, se encuentra en la progresiva km 201+260 en el sector denominado Cruce de Lagunillas, esta válvula fue reemplazada en el mes de febrero de 2004. En la progresiva 212+850, del sector de San Francisco, se cuenta con una válvula tipo check, cual tiene la misión de retener toda la columna de producto del abra del Cerro Itapoche. A la altura de la progresiva km 220+000 de la tubería, este se aleja de la carretera y se interna por 6 colinas en serie con un recorrido de aproximadamente 5 km de zonas de alta pendiente y boscosas.

Posteriormente corre cercana a la carretera o por colinas menores hasta llegar a Ypati que lo atraviesa en forma semienterrada por la parte posterior del poblado. A continuación de Ypati, la tubería pasa en forma aérea por el Cementerio de esta ciudad a 2 metros de la cerca.

Adicionalmente existen 2 cementerios más pequeños por donde también atraviesa el poliducto. Posterior al rancho Quirquihua, se tiene una válvula tronquera, ubicada a la progresiva 237+420, la cual es de extremos para soldar, tipo cortina, ANSI 600. Su recorrido final es entre bosques y chacos por los sectores de Yrenda, Itacua, Urundayti hasta llegar a la última subida en Piedritas, luego pasa cerca del cuartel militar. Finalmente, antes de cruzar el puente atirantando mediante cables, se cuenta con una válvula tronquera para controlar cualquier eventualidad en caso de colapsar el ducto por acción de las aguas del río Parapetí.

#### **4.1.1.4. Accesorios del Poliducto**

El poliducto PCSZ-1 cuenta con 10 válvulas tronqueras y válvulas tipo check para el bloqueo de flujo ubicadas en lugares estratégicos en todo el trayecto, las mismas que son detalladas en la Tabla 4-7 a continuación:

**Tabla 4-7: Válvulas en el PCSZ-1**

<b>N°</b>	<b>Diámetro</b>	<b>Tipo</b>	<b>Ubicación</b>
<b>1</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 21+000 m
<b>2</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 86+757 m
<b>3</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 89+730 m
<b>4</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 119+680 m
<b>5</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 122+138 m
<b>6</b>	4" ANSI 600	Check	Km 126+810 m
<b>7</b>	4" ANSI 600	Check	Km 137+050 m
<b>8</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 168+750 m
<b>9</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 201+260 m
<b>10</b>	4" ANSI 600	Check	Km 212+850 m
<b>11</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 237+420 m
<b>12</b>	4" ANSI 600	Compuerta	Km 271+650 m

**Fuente:** Manual de operación poliducto PCSZ-1,2009

#### **4.1.1.5. Capacidad**

La capacidad original de construcción fue de 635 m<sup>3</sup> (4000 BPD) para el transporte de petróleo. A principios de la toma de operaciones de YPFB Logística, los volúmenes de requerimientos de la zona eran bajos, de tal forma, esta situación determinaba una operación discontinua de

bombeo y se constituya en un sistema tipo batch mediante el empaquetamiento de productos en toda la extensión del Poliducto.

#### 4.1.1.6. *Productos transportados*

Actualmente, el poliducto PCSZ-1 transporta productos refinados de petróleo como Diesel Oil, Jet Fuel, Kerosene, Gasolina Super 91 y Gasolina Especial, a un régimen nominal de 3889.6 BPD. Las características principales de los productos transportados se detallan en la Tabla 4-8.

**Tabla 4-8: Productos transportados por el poliducto PCSZ-1**

<b>PRODUCTOS TRANSPORTADOS</b>	<b>GRAVEDADES API</b>	<b>Gravedad Especifica a 15° C</b>
<b>Gasolina Especial</b>	61,5	0,733
<b>Gasolina Super 91</b>	65,02	0,722
<b>Kerosene (Lote separador)</b>	50,7	0,776
<b>Jet Fuel</b>	50,14	0,779
<b>Diésel Oil</b>	41,2	0,819

Fuente: Elaboración propia

En el Anexo 3, se incluyen las especificaciones técnicas de los productos transportados por el PCSZ-1.

#### 4.1.1.7. *Estaciones de Bombeo*

El poliducto cuenta con las siguientes estaciones de bombeo:

- Estación Cabecera Santa Cruz.
- Estación Intermedia Cabezas.
- Estación Intermedia Tatarenda.
- Estación Terminal Chorety

##### **A. Estación Cabecera Santa Cruz**

- Área de Recepción

Cuenta con un sistema de tuberías de alimentación a cuatro tanques de almacenamiento de combustibles, los cuales provienen de la Refinería Guillermo Elder Bell de YPF Refinación.



- Área de Almacenamiento

Se dispone de cuatro tanques de almacenamiento: Uno para Diesel Oil (Tk, 2925); uno para Gasolina Especial (Tk, 2929), todos estos son propiedad de YPFB Logística. Cabe resaltar que en el caso de los tanques de Gasolina Especial se cuenta con la conexión a los tanques 2912, 2915 y 2916 de propiedad de YPFB Refinación.

- Área de Bombeo

Se dispone de dos bombas recíprocas de acción Duplex Horizontal, marca Worthington Modelo 12U de 3 ½" x 12 K UF., dichas bombas son accionadas por motores de combustión interna marca Caterpillar Modelo D 342 de 144 HP. Cada una de las bombas cuenta con sus respectivas válvulas de seguridad ubicadas en las tuberías de salida.

En la Figura 4-2 se visualiza la Estación Cabecera Palmasola mediante fotografía por parte de YPFB Logística.

**FIGURA 4-2: Estación Cabecera Palmasola**



Fuente: YPFB Logística (Página web)

Estos equipos se encuentran en una instalación con una cobertura superior soportada por estructuras metálicas y muros laterales.

### **B. Estación Intermedia de Bombeo Cabezas**

- Área de Almacenamiento

No cuenta con tanques de almacenamiento para productos por tratarse de una estación de refuerzo. Se dispone de un tanque de Slop de 2000 barriles de capacidad.

- Área de Bombeo

Dispone de dos bombas recíprocas marca Worthington Modelo 12 U de 3 ½” x 12 K UF., accionadas por motor de combustión interna marca Caterpillar Modelo D 342C de 170 HP, 1236 R.P.M.

En la Figura 4-3 se visualiza la Estación Intermedia en Cabezas mediante fotografía por parte de YPFB Logística.

**FIGURA 4-3: Estación Intermedia en Cabezas**



**Fuente:** YPFB Logística (Pagina web)

Las bombas se encuentran en una instalación con una cobertura superior soportadas por estructuras metálicas y muros laterales.

### **C. Estación de bombeo Tatarenda**

Tatarenda es la segunda Estación intermedia del Poliducto Santa Cruz- Camiri PCSZ-1, ubicada a 152+250 km del ducto (182+240 km por carretera de Santa Cruz de la Sierra; 107+760 km desde Camiri); a una altura de 745 msnm.

- Área de bombeo

Se dispone de dos bombas centrífugas marca United Centrifugal Pumps modelo C-3 x 9 WMSNL., accionadas por un motor de combustión interna marca Caterpillar Modelo D 353; Cada una de las bombas cuenta con válvulas de seguridad ubicadas en las tuberías de salida.

En la Figura 4-4 se visualiza la Estación Intermedia Tatarenda mediante fotografía por parte de YPFB Logística.

**FIGURA 4-4: Estación Intermedia Tatarenda**



Fuente: YPFB Logística (Página web)

Las bombas se encuentran en una instalación con una cobertura superior soportadas por estructuras metálicas y muros laterales.

#### **D. Estación de recepción Chorety**

YPFB Logística es propietaria de 5 tanques de almacenamiento de crudo y productos terminados (GLP y Gasolina Especial), además alquila otros 2 tanques para almacenar Diesel Oil. Por otro lado, YPFB Logística tiene en propiedad 3 bombas para el transporte de los productos por el poliducto PCSZ-1. La operación de las mismas está a cargo de YPFB transporte.

- Sistema de Almacenamiento

Los productos son recibidos en los respectivos tanques y luego de la fiscalización pasan a poder de YPFB Logística para el transporte y comercialización. El almacenamiento de Gasolina Especial y Diesel que administra YPFB Logística, es de dos tipos: uno propio consistente en dos tanques y el otro de dos tanques alquilados a la Empresa YPFB Transporte S.A. El patio de tanques se encuentra ubicados en la parte oeste de la estación Chorety. La superficie total de la estación es de 244,759.95 metros cuadrados, el área de tanques de almacenamiento ocupa aproximadamente 37 000 metros cuadrados.

Las líneas de alimentación y salida de los tanques pasan por un rack ordenado de tuberías que va de sur a norte para los productos líquido y otro de oeste a este para el movimiento de GLP.

En la Figura 4-5 se visualiza la Estación Terminal Chorety (Camiri) mediante fotografía por parte de YPFB Logística.

**FIGURA 4-5: Estación Terminal Chorety (Camiri)**



Fuente: YPFB Logística (Página web)

Existen sistemas independientes para recepción, transferencia y descarga de productos, operación que solo es de responsabilidad de YPFB Transporte S.A. La función de YPFB Logística, es la fiscalización de productos en tanques y coordinación del movimiento de productos entre tanques y/o la recepción del bombeo por el poliducto PCSZ-1.

#### **Localización geográfica del derecho de vía**

Este proyecto contempla la Línea de un Poliducto Santa cruz- Camiri que va desde la Provincia Andrés Ibáñez y a lo largo de la provincia de Cordillera en el Departamento de Santa Cruz.

El diseño de dicha línea se realizó considerando los niveles o grados de seguridad requeridos como medida de prevención y mitigación de posibles efectos o impactos negativos contra el medio ambiente, especialmente la población residente en ciertos sectores, así como proteger el derecho de vía de la misma.

A continuación, se presenta la Tabla 4-9 que especifica la extensión del poliducto Camiri- Santa Cruz (PCSZ-1) en kilómetros y la altura a metros sobre el nivel del mar.

**Tabla 4-9: Kilómetros y Alturas del Poliducto (PCSZ-1)**

<b>SECTOR</b>	<b>KM</b>	<b>ALTURA (msnm)</b>
<b>ESTACIÓN SANTA CRUZ (PALMASOLA)</b>	0	450
<b>Altura Guayabas</b>	10	518
<b>Monte Grande</b>	25	486
<b>El Dorado Sur</b>	40	499
<b>Zanja Honda</b>	50	519
<b>Loma Blanca</b>	60	529
<b>Mora (Cerca Estancia Florida)</b>	75	518
<b>Rio Seco</b>	90	537
<b>Cabezas Norte</b>	100	492
<b>ESTACIÓN CABEZAS</b>	104	471
<b>Abapó</b>	125	449
<b>El Limón</b>	140	558
<b>ESTACIÓN TATARENDA</b>	156	765
<b>Caraico</b>	165	713
<b>Iptaicitos</b>	175	828
<b>Ipita</b>	190	914
<b>Cruce Lagunillas</b>	200	985
<b>Morevita</b>	225	960
<b>Huasoguigua</b>	250	994
<b>ESTACIÓN CHORETY (CAMIRI)</b>	272	810

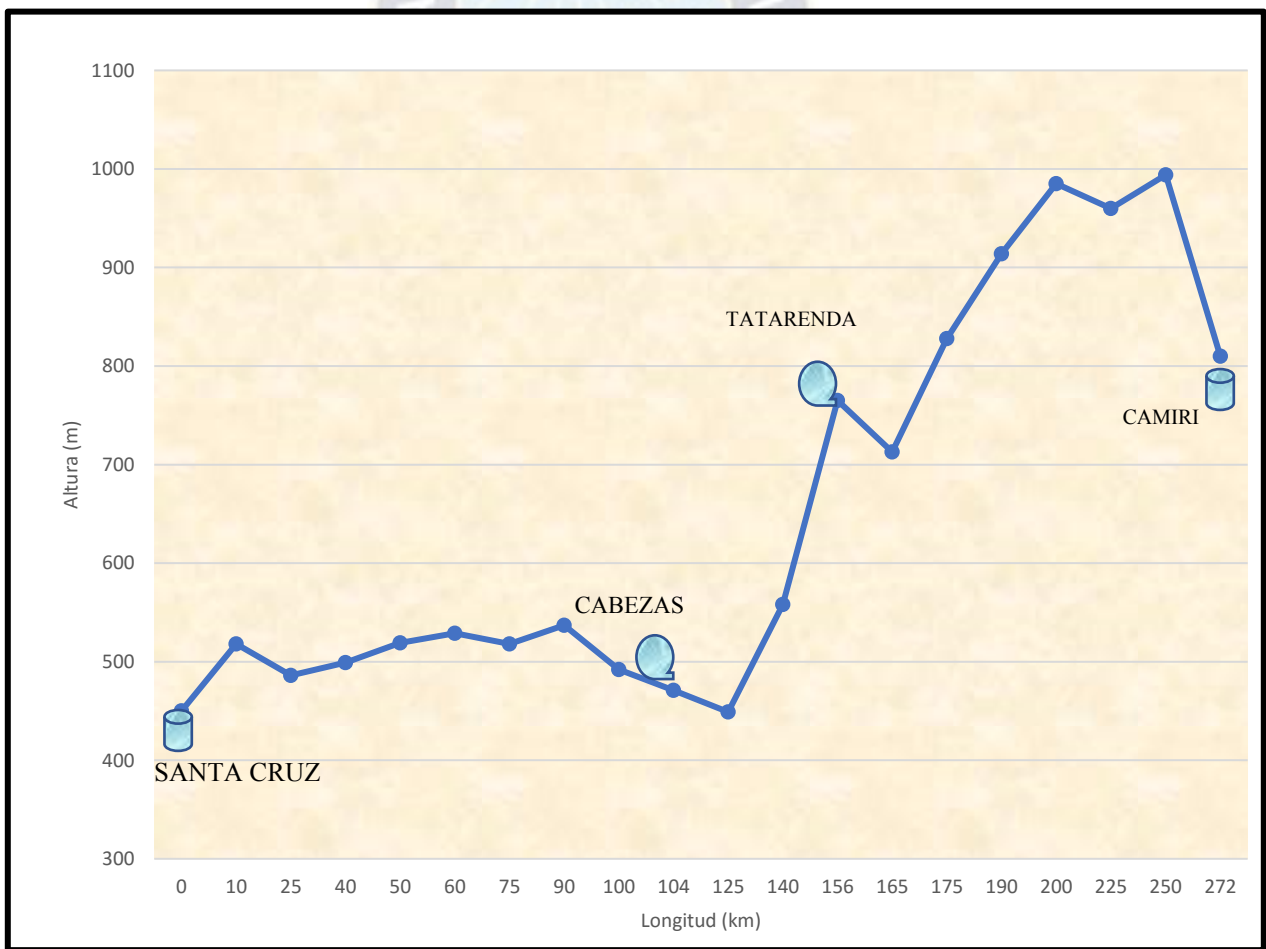
Fuente: YPFB Logística, 2016

En base a estos datos proporcionados por YPFB Logística en el año 2016, se realizará el perfil longitudinal del Poliducto PCSZ- 1.

Asimismo, denotar que, los perfiles longitudinales, son los planos en los que se reflejan las diferencias altimétricas de un itinerario o de dos puntos en concreto, reflejando en dichos planos las distintas pendientes y distancias parciales y a origen de la traza (trayecto). Dichos perfiles nos servirán como reflejo del comportamiento del terreno por donde realiza su recorrido el poliducto.

A continuación, en la Figura 4-6 observamos el perfil longitudinal del poliducto PCSZ-1 que denotará las características mencionadas.

**FIGURA 4-6: Perfil longitudinal del poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1)**



Fuente: Elaboración propia

## **4.2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS DEL POLIDUCTO**

El riesgo asociado con el ducto, en términos de seguridad industrial, provoca daños al medio ambiente y pérdida de ingresos, depende de la frecuencia de falla esperada y la consecuencia asociada. Se debe tomar en cuenta que el riesgo está directamente relacionado con el tipo de fluidos transportados y la sensibilidad de las ubicaciones del ducto. En este contexto, las fallas en la tubería se definen como pérdida de contención.

Por otra parte, las consecuencias de los riesgos asociados con accidentes y emergencias que pueden ocurrir en un sistema de transporte de ductos pueden ser muy graves y alarmantes porque, en general, influyen en el personal, el público y el medio ambiente. Por lo tanto, es importante requerir una herramienta confiable de análisis y predicción, que permita realizar un plan de gestión de riesgos efectivo, desde la evaluación hasta la mitigación, así como una respuesta.

El análisis evaluación y gestión de riesgos es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones que proporciona un enfoque estructurado, que identifica y documenta las posibles acciones rentables para mejorar la integridad de las instalaciones y, por lo tanto, la seguridad pública y la protección del medio ambiente. Es un marco de decisión que captura la información existente del sistema de tuberías, su condición y buscar la forma para que recursos financieros podrían asignarse efectivamente para mejorar la confiabilidad del sistema.

### **4.2.1. Identificación de Riesgos de la Tubería**

Existen riesgos bien identificados asociados con la construcción y operación de sistemas de transporte de derivados de petróleo. Basados en este reconocimiento, los criterios relacionados con el riesgo elaboran procedimientos específicos para la construcción, mantenimiento, operación y el abandono de los sistemas de tuberías de hidrocarburos líquidos.

Los peligros asociados con el funcionamiento de las tuberías durante su operación han sido bien investigados y definidos (por ejemplo, Amad, 1988; Elber y Jones, 1992; Mayer et al. 1987; Kent Muhlbauer, 1992, entre otros). Este estudio previo analizará los riesgos potenciales asociados con la operación del sistema del poliducto (Ver Tabla 4-10), para evaluar y buscar la forma de reducir estos peligros a un nivel aceptable.

**Tabla 4-10: Análisis de riesgos del poliducto Santa Cruz- Camiri**

N°	Riesgo	Causa	Efecto	Controles existentes	Cat. prob	Cat. Sev.	Cat. Riesgo	Recomendaciones sobre los riesgos considerados	Quien realizara este trabajo
1	Pérdida o fuga	*Corrosión *Ruptura	*Incendio  *Daño ambiental	*Mantenimiento constante a los tanques * Sistema con sensores de fugas	4	6	24	a) Colocar sistemas de detección de fugas e implementar alertas. b) Minimizar la cantidad almacenada de este producto. c) Mantenimiento adecuado al poliducto	Operador de contingencia y supervisor de seguridad.
2	Procedimiento fuera de norma	*Abrir válvulas equivocadas *Uso impropio de técnicas de limpieza o reparación del poliducto	*Incendio  *Fuga de hidrocarburos	*Controles rigurosos *Mantenimiento contante *Personal técnicamente preparado	6	4	24	*Capacitación constante  *Supervisiones exhaustivas	*Instituciones encargadas de capacitar a trabajadores
3	Pérdida de Apoyo del Terreno	*Movimiento debido a eventos sísmicos, deslizamientos, desplomes de terreno, inundaciones y canalización natural.	*Fuga de hidrocarburos	*Personal técnicamente preparado para emergencias.  *Mantenimiento correctivo	8	4	32	Inspecciones visuales pertinentes para el estudio del terreno por el que pasa el poliducto	Inspectores encargados del mantenimiento preventivo del ducto y Supervisores de seguridad.

**Fuente:** Elaboración propia



Existen varios métodos que se utilizan en la industria para evaluar los riesgos asociados con la operación de la tubería. Dos métodos que normalmente se utilizan son los modelos de "matriz de decisión o cualitativos" y "probabilísticos, semi-cuantitativos o cuantitativos".

Por otra parte, la Evaluación de Riesgo Probabilística / Evaluación de Riesgo Cuantitativa (PRA / QRA por sus siglas en el idioma inglés) utiliza el análisis de fallas y las técnicas de los eventos y las fallas que causan el evento (Mohitpour et al. 2005).

### **4.3. MATRIZ DE RIESGOS**

#### **4.3.1. Matriz de Riesgos Cualitativa**

La matriz de riesgos cualitativo o el modelo cualitativo proporciona una evaluación de un enfoque cualitativo (en lugar de cuantitativo) de la evaluación de riesgos. Se relaciona el riesgo de cada tubería según la probabilidad y las consecuencias potenciales de un evento mediante una escala simple, como alta, media o baja. Este método se centra en las amenazas más importantes (Muhlbauer 2004).

Este enfoque cualitativo, de combinación de probabilidad y consecuencias, a menudo utiliza métodos de puntuación numérica para generar una clasificación de riesgo relativo de varios segmentos de tubería, de varias longitudes, a lo largo de una ruta de tubería.

En base al enfoque mencionado, se realizará una matriz de riesgos cualitativa al poliducto que describa los diferentes riesgos que pueden suceder y afecten de manera íntegra al poliducto, a su vez, en la matriz permitirá analizar y evaluar las posibles consecuencias que conllevan esos riesgos, si existen controles o medidas pertinentes que actúen de forma preventiva y correctiva en caso de un suceso.

Con la matriz de riesgos cualitativa, se puede analizar el tiempo de exposición al riesgo, cuáles son las probabilidades y consecuencias ante una falla con causa o fortuita ante hechos que pueden ser incontrolables, asimismo, analizar el grado de peligrosidad del riesgo al que está expuesto el poliducto.

A continuación, se desarrolla la matriz de riesgos cualitativa del poliducto Santa Cruz- Camiri en la Tabla 4-11, con las descripciones mencionadas anteriormente.

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**  
**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz  
**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

**Tabla 4-11: Matriz de Riesgos Cualitativa del poliducto**

ACTIVIDAD/ TAREAS	RIESGO	FUENTE O CAUSA DEL PELIGRO	NUMERO DE EXPUESTOS	CONSECUENCIAS	CONTROLES EXISTENTES R/: RESPONSABLE	EVALUACIÓN DEL RIESGO			
						E	C	P	VR
<u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte  ACTIVIDAD Realizar trabajos con equipo de oxicorte. Tareas • Revisar equipo (fugas, acoples,	FÍSICO Ruido	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos en el área</li> <li>• Equipos de soldadura</li> <li>• Pulidora</li> <li>• Martillar o golpear la pieza soldada</li> </ul>	1	Hipoacusia neurosensorial por ruido (Sordera), Stress, hipertensión arterial, dolor de cabeza	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control audiométrico anual según la matriz de cargos ó semestral, según el programa de vigilancia epidemiológica. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro y en el uso y cuidado de los elementos de protección personal. R/: Equipo</li> </ul>	10	15	1	150

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>manómetros, estado general).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Abrir válvula principal de oxígeno y acetileno.</li> <li>•Graduar la presión necesaria.</li> <li>•Abrir válvulas de la punta de corte.</li> <li>•Prender con chispero.</li> <li>•Graduar la intensidad con las válvulas.</li> </ul>					<p>HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Realizar medición cuantitativa del nivel de ruido (sonometría) en áreas operativas y dosimetrías al personal expuesto (que presenten pérdida de la función auditiva) R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de protectores auditivos R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Realizar el corte.</li> <li>•Realizar corte a componentes de</li> </ul>	<p>FÍSICOS Radiación ionizante.</p>	<p>no • Radiación ultravioleta de los rayos solares.</p>	<p>1</p>	<p>Por exposición del sol (pterigios y pinguéculas, conjuntivitis actínica y cáncer de piel).</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalación de techos removibles (parasoles, carpas) en trabajos al aire</li> </ul>	<p>6</p>	<p>5</p>	<p>3</p>	<p>90</p>

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>estructuras metálicas.</p> <p>Inspección del Equipo de Oxicorte.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisar el cilindro y manómetro del acetileno.</li> <li>• Revisar el cilindro y manómetro del oxígeno.</li> <li>• Revisar los arrestos llamas de los reguladores.</li> <li>• Revisar los arrestos llamas del mezclador.</li> <li>• Verificar el estado y la limpieza de la boquilla.</li> </ul>					<p>libre. R / Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro. R/ Supervisor.</li> <li>• Descansos bajo la sombra. R/ Colaborador.</li> <li>• Valoración oftalmológica/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para radiación ultravioleta de los rayos suministro y uso de gafas con protección U.V. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Suministro y uso de capuchón. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul>				
	<p>FÍSICO</p> <p>Iluminación en exceso/ radiación no ionizante.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación emitida al soldar</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p>Por exposición al arco eléctrico (lesiones oculares como cataratas,</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p>	<p style="text-align: center;">10</p>	<p style="text-align: center;">5</p>	<p style="text-align: center;">3</p>	<p style="text-align: center;">150</p>

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verifique que el mezclador no tenga fugas.</li> <li>• Verificar que el equipo tenga atrapa llamas.</li> <li>• Verificar el buen estado de las carretillas y las cadenas de sujeción de los cilindros.</li> </ul> <p>ACTIVIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prestar apoyo en los trabajos con soldadura eléctrica, trabajos de soldadura en líneas vivas y Hot</li> </ul>				<p>pingüéculas, pterigios, lesiones crónicas).</p>	<p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Para radiación por arcos de soldadura, aislar el área mediante cortinas y/o limitar el acceso de personal ajeno a la actividad. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Valoración oftalmológica anual. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• Capacitación en el peligro y en el uso y cuidado de los elementos de protección personal. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• <b>EPP:</b></li> <li>• Suministro y uso de careta con vidrio No. 14 y gafas para oxicorte. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>				
---	--	--	--	--	---	--	--	--	--

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

Tab, trabajos de soldadura en tendido de línea.					<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro y uso de gafas con protección U.V. para el ayudante que manipula el equipo de soldadura y capacitación en la ubicación adecuada. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>				
<b>CONTINUACIÓN:</b>									
<p><u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte</p> <p><b>Ayudante Técnico - Soldadura</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Revisar e inspeccionar los equipos de soldadura eléctrica y oxicorte</li> </ul>	<p><b>FÍSICO</b> Temperatura extrema calor</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piezas calientes por soldadura o corte</li> </ul>	1	<p>Quemaduras, deshidratación, choque térmico, dolor de cabeza</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Esperar a que baje la temperatura del equipo o pieza a intervenir. R/: Colaborador</li> <li>Capacitación en el peligro y en primeros auxilios. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>Suministro y consumo de agua potable. R/: Equipo HSEQ,</li> </ul>	6	5	3	90

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar corte de materiales, tubería, ángulos, laminas y platinas</li> <li>• Biselar con pulidora las estructuras metálicas, la tubería, ángulo o platinas</li> <li>• Realizar desbaste, transiciones</li> <li>• Desplazar la tubería al sitio asignado</li> <li>• Realizado limpieza y pintado con brocha de ser necesario a la</li> </ul>					<p>Coordinador del contrato, Colaborador</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Choque térmico por ingreso a áreas más frías: establecer periodo de adaptación a la sombra previo al ingreso al sitio con menor temperatura o con aire acondicionado. R/: Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de guantes y mangas de carnaza. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador</li> <li>• Suministro y uso de ropa de dotación de manga larga. R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro, Coordinador del contrato, Colaborador</li> </ul>				
	FÍSICOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>• calor por alta temperatura ambiental</li> </ul>	1	Quemaduras, miliaria (sarpullido),	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p>	10	5	1	50

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>tubería o pieza laborada</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar soldadura revestida a la tubería terminada</li> <li>• Asistir al soldador en el ensamble de estructuras metalmecánicas</li> <li>• Hacer mantenimiento a barandas, parrillas, etc.</li> <li>• Elaboración tapas casetas de los variadores</li> <li>• Fabricación de rejillas</li> </ul>	<p>Temperatura extrema al calor.</p>			<p>deshidratación, choque térmico, insolación</p>	<p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• Suministro y consumo de agua potable. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Descansos programados a la sombra durante la jornada laboral. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Choque térmico por ingreso a áreas con aire acondicionado: establecer periodo de adaptación a la sombra previa al ingreso al sitio con aire acondicionado. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de guantes y mangas de carnaza. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
--	--------------------------------------	--	--	---	---	--	--	--	--



### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<ul style="list-style-type: none"> <li>Fabricación de casetas para protección de equipos o tableros eléctricos de acuerdo a diseño</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro y uso de ropa de dotación con alto porcentaje de algodón y manga larga. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Apoyo a la cuadrilla calificada de acuerdo a la situación</li> <li>Fabricación e instalación de piezas que no requieren soldador 1A(soportes, rejillas, otros)</li> </ul>	<p>FÍSICO</p> <p>Presión alta</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>líneas de gas, aguay crudo en el área</li> </ul>	<p>1</p>	<p>Daños auditivos</p> <p>Explosión</p> <p>Quemaduras.</p> <p>politraumatismo</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A</p> <p>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A</p> <p>CONTROL DE INGENIERÍA: N/A</p> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mantenimiento e inspección a sensores de baja y alta presión (Válvulas de seguridad y manómetros) R/;, Supervisor y Equipo HSEQ</li> <li>Programa de mantenimiento de líneas y vasijas R/;, Supervisor y Equipo HSEQ</li> <li>Capacitación en manejo de extintor y primeros auxilios R/;, Equipo HSEQ</li> <li>Capacitación en el peligro R/;, Equipo HSEQ</li> </ul> <p>EPP: N/A</p>	<p>6</p>	<p>25</p>	<p>1</p>	<p>150</p>

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de tubería e instalación</li> <li>• Mantenimiento a portones modificación pulir y soldador</li> </ul> <p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p><u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Apoyo mantenimiento eléctrico</li> </ul>	<p>FÍSICO</p> <p>Presión normal alta.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación de cilindros de oxígeno y acetileno</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p>Politraumatismos, daño a equipose instalaciones.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p>• <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar inspecciones y mantenimiento preventivo a los equipos. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Almacenar los cilindros adecuadamente y en sitios diferentes. Supervisor, Colaborador.</li> <li>• capacitación y entrenamiento primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>	<p style="text-align: center;">6</p>	<p style="text-align: center;">25</p>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p style="text-align: center;">150</p>
---	---	--	--------------------------------------	---	---	--------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>mediante a las fabricación de piezas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pilotaje en tubería de 3/2</li> <li>• Apoyo para la limpieza de líneas y policado (aplicación de poliqlen)</li> </ul>	<p>FÍSICO Vibración</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Martillar, uso de pulidora</li> </ul>	<p>1</p>	<p>Lesiones por trauma acumulativo codos (epicondilitis), hombro (hombro doloroso) y mano</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular y sensibilidad distal. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p>EPP:</p>	<p>6</p>	<p>5</p>	<p>3</p>	<p>90</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocer y aplicar los lineamientos establecidos para la gestión integral: misión, visión, valores, código de ética, políticas,</li> </ul>	<p>BIOLÓGICO Virus y Bacterias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación de los utensilios para consumo de agua potable (vasos)</li> <li>• Metales oxidados</li> </ul>	<p>1</p>	<p>Infecciones intestinales, infecciones dermatológicas, enfermedades respiratorias. Cortadas, pinchaduras, Enfermedades virales  Tétano</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control bacteriológico del agua suministrada para consumo. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato</li> </ul>	<p>10</p>	<p>5</p>	<p>3</p>	<p>150</p>

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>reglamentos, objetivos generales del SIGMA, principio, prácticas y comportamientos para la gestión integral.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistir y participar activamente en las capacitaciones y entrenamientos que sean programados por la empresa o por el cliente.</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Limpieza y aseo de utensilios y de manos. R/: Colaborador</li> <li>• Desparasitación intestinal. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Para los casos en los que Mecánicos Asociados S.A. contrate el suministro de alimentación se solicitará al proveedor el carnet de manipulador de alimentos de sus Colaborador.</li> <li>• Mantener orden y aseo en los sitios de trabajo. R/: Supervisor, Colaborador</li> <li>• Vacunación contra tétano. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> </ul> <p>EPP:</p>				
---	--	--	--	--	---	--	--	--	--

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p><u>ACTIVIDAD:</u></p> <p>Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte</p>					<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro y uso de botas y guantes de seguridad. R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> </ul>				
	<p>BIOLÓGICO</p> <p>Animales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Insectos, arácnidos, ofidios en el área.</li> </ul>	1	<p>Mordeduras, picaduras, muerte, reacciones alérgicas, traumatismos por golpes con animales.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Remoción de panales. R/ Supervisor, Cuadrilla.</li> <li>Comunicar la necesidad de mantenimiento y limpieza en las zonas verdes y aledañas y remoción de panales, de acuerdo con inspecciones de área realizadas. R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador.</li> <li>Fumigaciones de áreas para el control de plagas si aplica. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador</li> </ul>	3	15	3	135

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener suero antiofídico en la sede MASA del área. R/: Coordinador de Contrato, Equipo HSEQ</li> <li>Capacitación en el peligro y en primeros auxilios.R: / Equipo HSEQ, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
	<p>QUÍMICO</p> <p>Humos metálicos / Gases</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Humos metálicos Generados por la soldadura y oxicorte</li> <li>Inhalación de gases generados por el oxicorte y soldadura</li> </ul>	1	<p>Problemas irritativos del tracto respiratorio superior e inferior, irritación conjuntival, asma ocupacional.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control espirométrico anual según la matriz de cargos ó semestral, según el programa de vigilancia epidemiológica. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>Capacitación en el peligro, uso y cuidado de los Elementos de</li> </ul>	10	15	1	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p>Protección Personal. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</p> <p>• Realizar la actividad en sitio ventilado y con el viento a favor. R/: Supervisor, Colaborador.</p> <p><b>EPP:</b></p> <p>• Empleo de protección respiratoria para humos metálicos, en la actividad de soldadura y oxicorte R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador</p>				
	<p>PSICOSOCIAL</p> <p>Relaciones Interpersonales</p> <p>Organización del tiempo de trabajo: turnos de trabajo, tiempo extra, jornadas de trabajo</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trato con el personal</li> <li>• Jornadas adicionales de trabajo, mantener disponibilidad.</li> <li>• Trabajar bajo presión por pérdida de producción</li> </ul>	1	<p>Stres ocupacional, Accidentes, bajo rendimiento, cansancio</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A</p> <p>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A</p> <p>CONTROL DE INGENIERÍA: N/A</p> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplimiento de exámenes psicológicos de ingreso según la matriz de exámenes médicos por cargo. R/: Equipo HSEQ, Equipo DCH, Coordinador de Contrato.</li> </ul>	6	15	1	90

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	Carga de Trabajo, Contenido de la tarea					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignación del personal necesario y/o con el perfil requerido para la actividad. R/: Equipo de Recursos Humanos</li> <li>• Definición del perfil del cargo con sus responsabilidades. R/: Equipo de Recursos Humanos</li> <li>• Capacitación en el peligro, en estilos de vida saludable y administración del tiempo libre. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Difusión de los principios y valores de MASA. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en planeación del trabajo y trabajo en equipo. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Programa de Riesgo Psicosocial</li> </ul>				
<p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p><u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte</p>										



## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					EPP: N/A				
	PSICOSOCIAL Desconocimiento/ Falta de destreza / Exceso de Confianza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal sin entrenamiento o experiencia en el diligenciamiento de Permisos de Trabajo, certificados y ATS</li> <li>Exceso de confianza en la tarea</li> </ul>	1	Accidentes, subestimar el peligro	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Asignación del personal necesario y/o con el perfil requerido para la actividad. R/: Equipo DCH, Coordinador de Contrato.</li> <li>Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul>	3	15	1	45
	PSICOSOCIAL Monotonía y repetitividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar rutinariamente las mismas tareas</li> </ul>	1	Stress ocupacional, accidente de trabajo, bajo rendimiento, cansancio	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Cumplimiento de exámenes médicos y psicológicos de ingreso según la</li> </ul>	3	5	1	15

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					matriz de exámenes médicos del cargo. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador. <ul style="list-style-type: none"> <li>capacitación en el peligro, en estilos de vida saludable y administración del tiempo libre. r/Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor, Colaborador</li> </ul> <b>EPP:</b> N/A				
	ERGONÓMICO Levantamiento y transporte manual de cargas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipulación de herramientas, materiales y equipos.</li> </ul>	1	Lesiones músculo esquelético a nivel de espalda y columna lumbo sacra (espasmos musculares o desgarros musculares, hernia discal), dolor lumbar.	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utilización de ayudas mecánicas para la manipulación de cargas. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>Asignación del personal requerido para la actividad según la tabla de pesos para equipos. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<u>CONTINUACIÓN:</u>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajo en equipo, no realizar levantamientos de cargas superiores a los permitidos. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor, Colaborador</li> <li>• Control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor.</li> <li>• Educación en una buena higiene postural para adopción de buenas posturas. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor.</li> <li>• Capacitación en el riesgo. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
<u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte	ERGONÓMICO Adopción de posturas inadecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flexión de cuello, tronco, espalda y rodillas.</li> </ul>	1	Espasmos musculares, lumbagos por imbalance muscular, fatiga muscular.	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• educación en la adopción posturas adecuadas en el trabajo. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• capacitación en higiene postural. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <b>EPP:</b> N/A				
	<b>ERGONÓMICO</b> Adopción de posturas adecuadas por largo tiempo: postura de pie.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener la postura de pie la mayor parte de tiempo que realiza las actividades</li> </ul>	1	Lumbago por imbalance muscular, várices de miembros inferiores.	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programar descansos de la postura habitual, alternando periodos de</li> </ul>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<u>CONTINUACIÓN:</u>					trabajo ó descanso en postura sedente y de pie. R/ Supervisor, Colaborador.				
<u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte					<ul style="list-style-type: none"> <li>• control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular y sistema vascular periférico. r/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor.</li> <li>• educación en adopción de posturas adecuadas y estilos de vida saludables. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <b>EPP:</b> N/A				
	MECÁNICO Superficies de elementos ásperos o cortantes.	• Manipulación de materiales o equipos.	1	Heridas y excoriaciones (raspones).	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <b>EPP:</b>	10	1	3	30

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de guantes. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• Suministro de botas de seguridad. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
	MECÁNICO Máquinas y equipos sin protección.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Guardas de seguridad del motosoldador, parte interna de la máquina.</li> <li>• Uso de pulidora</li> </ul>	1	Lesiones en tejidos blandos (heridas y amputaciones y posibles fracturas.	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A  <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocar todas las protecciones y verificar que las guardas de seguridad del motosoldador se encuentran en la parte interna del equipo no deben estar expuestas. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• capacitación en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>	3	15	3	135

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>•capacitación en peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de guantes de seguridad, gafas y careta de seguridad y botas con puntera. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
<u>CONTINUACIÓN:</u>	MECÁNICO Máquinas y equipos sin protección	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Atrapallamas en las mangueras del oxígeno y del acetileno.</li> <li>• Funcionamiento de los manómetros y válvulas tanto de oxígeno como acetileno, ya que estas nos verifican si hay fugas y la presión del oxígeno y acetileno.</li> </ul>	1	<p>Quemaduras politraumatismo, muerte, daños a equipos e instalaciones, incendio- explosión, daño auditivo. Lesiones en tejidos blandos (heridas y amputaciones y posibles fracturas y proyección de objetos.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>•Capacitación en el peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<u>ACTIVIDAD:</u>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y capacitación en manejo de extintores. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación y elaboración de ATS. Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Inspección a extintores. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor, Colaborador.</li> <li>• Verificar los manómetros y válvulas de oxígeno y acetileno. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de guantes de seguridad, gafas y careta de seguridad y botas con puntera R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte	MECÁNICO Material proyectado (Esquirlas).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al realizar el trabajo de soldadura.</li> <li>• Golpear piezas</li> <li>• Uso de pulidora</li> </ul>	1	Herida por esquirlas en la piel, heridas penetrantes en el ojo.	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p>	6	5	3	90



### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para terceros aislar el área mediante cortinas y/o limitar el acceso de personal ajeno a la actividad. R/ Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de careta de seguridad. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul>				
	MECÁNICO Equipo en movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motosoldador, vehículos en el área.</li> </ul>	1	Lesiones por aplastamiento de tejidos blandos, politraumatismos (fracturas y heridas), muerte y daños a equipos.	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento preventivo y correctivo (de vehículos y equipos). R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>	6	15	1	90

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar que los equipos estén bien anclados y asegurados. R/ Colaborador.</li> <li>• Señalización de las áreas de trabajo y desplazamiento. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
<p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p><u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte</p>	<p><b>MECÁNICO</b> Transporte mecánico (terrestre)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desplazamiento a diferentes áreas de la obra en el campo</li> </ul>	<p style="text-align: center;">1</p>	<p>Choque, volcamiento, muerte, politraumatismo, (fracturas, heridas)</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Revisión técnico mecánica de vehículos. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor.</li> <li>• Capacitación de seguridad vial. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• Implementación de normas de seguridad vial. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>	<p style="text-align: center;">3</p>	<p style="text-align: center;">15</p>	<p style="text-align: center;">3</p>	<p style="text-align: center;">135</p>

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<b>EPP:</b> N/A				
					<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección a andamios y escaleras. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Elaboración ATS. R/:Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Aplicar el procedimiento de armado de andamios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en la elaboración ATS. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• Capacitación y entrenamiento en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
	MECÁNICO Acenso/ descenso de Altura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de andamios y escaleras. (tanques)</li> </ul>	1	Caída a diferente nivel, politraumatismos, (Fracturas y heridas).		6	5	3	90

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro (Trabajo en alturas). R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de arnés de tres puntos con líneas de vida con doble mosquetón. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• suministro y uso de botas de seguridad antideslizantes y casco de seguridad. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>				
	ELÉCTRICO Contacto indirecto, con el arco eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Malos contactos (con el equipo de soldadura eléctrica), cortocircuitos, apertura de interruptores con carga.</li> </ul>	1	Choque eléctrico, quemaduras internas o externas, muerte.	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A  <b>CONTROLES</b>  <b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de inspección a instalaciones eléctricas. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul>	6	25	1	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<u>CONTINUACIÓN:</u>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento e inspección a las protecciones y puestas a tierra de los equipos. Supervisor, mantenimiento, Colaborador.</li> <li>• Aplicación del sistema de permiso de trabajo. Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación y entrenamiento en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el riesgo. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
<u>ACTIVIDAD:</u> Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte									
	LOCATIVO Falta de señalización.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Señalización del área de trabajo.</li> <li>• Rutas de evacuación</li> <li>• Demarcación de áreas.</li> </ul>	1	Accidentes	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de inspección del sigma para áreas y verificación de cierre. R/</li> </ul>	10	1	3	30

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p>Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Señalización de rutas de evacuación. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>• Demarcación de áreas de trabajo. R/ Supervisor, Colaborador</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
	<p>LOCATIVO</p> <p>Superficies de desplazamiento deslizante/obstáculos ubicados en el piso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herramientas, materiales y tubería que está en proceso de reparación y construcción.</li> <li>• Superficies de desplazamiento.</li> <li>• Obstáculos en el piso en el área de trabajo</li> </ul>	1	<p>Accidentes, caídas a igual o diferente nivel, lesiones músculo esquelética, politraumatismos (fracturas, esguinces y luxaciones).</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Retirar los obstáculos que impidan la visibilidad y desplazamiento en el área de trabajo.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p><u>ACTIVIDAD:</u></p> <p>Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte</p>	<p>LOCATIVO</p> <p>Falta de orden y aseo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herramientas y materiales en el área de trabajo.</li> </ul>	1	<p>Caídas a nivel, fracturas y heridas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capacitación y entrenamiento en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
					<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de orden y aseo del área de trabajo. R/ supervisor, Colaborador.</li> <li>Capacitación en el peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>Capacitación y entrenamiento en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>	10	1	3	30
	<p>LOCATIVOS</p> <p>Trabajos en altura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajo en andamios, tanques y estructuras.</li> </ul>	1	<p>Caídas de altura, politraumatismo (fracturas y heridas), muerte.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p>	6	15	1	90

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los casos en que no exista la posibilidad de amarre para la línea de vida del arnés de trabajo en altura recomendar la instalación de una facilidad.</li> </ul> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación del sistema de permisos de trabajo y Elaboración de AST (AR). R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Inspección de orden y aseo en barandas, escaleras y andamios. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Aplicar el procedimiento de armado de andamios y escaleras R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Inspección de andamios y escaleras. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> </ul>				
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--





## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

Prestar apoyo en los trabajos de soldadura y oxicorte					<ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro y uso de pretales y líneas de posicionamiento</li> </ul>				
	LOCATIVO Pisos irregulares.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trabajos y desplazamientos en el área de trabajo.</li> </ul>	1	Caídas a igual o a diferente nivel, lesiones músculo esqueléticas (fracturas, esguinces y luxaciones).	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A  <b>CONTROLES</b>  <b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Programa de inspecciones para áreas y verificación de cierre. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>Programa de mantenimiento de instalaciones en las áreas que sean responsabilidad de MASA. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> <li>Capacitación en el peligro. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>•Capacitación y entrenamiento en primeros auxilios. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>					
	LOCATIVO Espacios confinados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos de soldadura en estructuras metálicas (tanques).</li> </ul>	1	Asfixia, intoxicación y atrapamiento.	muerte,	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A  <b>CONTROLES</b>  <b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de ATS. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• En los casos que sea posible, instalación de extractores ventiladores y lámparas antiexplosión. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Aplicación del procedimiento de EMN (estado mecánico nulo) y su lista de chequeo. R/: Equipo HSEQ,</li> </ul>	3	25	1	75

**MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA**

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**  
**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz  
**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p>Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación del procedimiento para trabajo en espacios confinados. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Aplicación del procedimiento para trabajo en espacio confinado. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Mediciones ambientales permanentes (medición de atmosferas peligrosas). R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación y utilización de equipo de aire auto-contenido para los espacios confinados con insuficiencia de oxígeno. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>				
--	--	--	--	--	---	--	--	--	--

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en elaboración de ATS. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Empleo de línea de vida. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
	<p>FISICOQUÍMIC</p> <p>O</p> <p>Incendio</p> <p>Explosión</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento a líneas vivas.</li> <li>• Hot Tab.</li> <li>• Material inflamable o combustible en el área</li> <li>• Proceso de soldadura</li> <li>• Trabajos cerca a contrapozo.</li> </ul>	1	<p>Quemaduras</p> <p>politraumatismo, muerte, daños e instalaciones de equipo, incendio-explosión, daño auditivo.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaboración de ATS. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Para las actividades de soldadura y espacios confinados mediciones permanentes de la atmósfera con</li> </ul>	3	15	3	135

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p>exposímetro. R/ Supervisor, Responsable del área.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• suministro y capacitación en manejo de extintores. R/ Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación y elaboración de ATS. Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> <li>• Inspección a extintores. R/ Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, supervisor, Colaborador.</li> <li>• Suministro y capacitación en manejo de extintores. R/ Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
SEGURIDAD FÍSICA Atentado/ Atraco / Secuestro	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acciones intencionales de terceros contra la integridad o instalaciones</li> </ul>	1	Lesiones personales y mentales, muerte, pérdida de activos	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A</p> <p>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A</p> <p>CONTROL DE INGENIERÍA: N/A</p> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p>	2	25	1	50	

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

		<ul style="list-style-type: none"> <li>Delincuencia común, Personas u organizaciones al margen de la ley</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener las mejores relaciones con las comunidades y las autoridades. R/: Colaborador</li> <li>Comunicación permanente a las autoridades de las anomalías R/: Colaborador</li> <li>Manejar un bajo perfil, comunicar al coordinador de seguridad física y a su jefe inmediato sobre sus desplazamientos. R/: Colaborador</li> <li>Entrenamiento en manejo de situaciones de stress, atentado o atraco.R/: Equipo HSEQ, Coordinador Protección Industrial EPP: N/A</li> </ul>				
NATURALES Sismos, Vendavales, Derrumbes y deslizamientos, Descargas		<ul style="list-style-type: none"> <li>Posibles descargas atmosféricas de la zona.</li> <li>Deslizamientos en zonas de ladera</li> </ul>	1	Accidentes, Choques eléctricos, Quemaduras. Politraumatismos, muerte, daños a equipos e instalaciones	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A	1	25	1	25

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	atmosféricas: tormentas eléctricas				<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Instalación y mantenimiento de pararrayos. R/: Supervisor, Cliente.</i></li> </ul> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Realizar inspecciones a instalaciones</i></li> <li>• <i>Detener inmediatamente el trabajo ante la presencia de tormentas eléctricas en la zona. R/: Supervisor, Colaborador.</i></li> <li>• <i>Capacitación en primeros auxilios y planes de emergencias. R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador.</i></li> </ul> <p>EPP: N/A</p>				
	QUÍMICO Líquidos / Gel o Crema / Gases y	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de Gases y vapores.</li> <li>• Contrapozos</li> <li>• Fugas de gas y crudo</li> </ul>	1	Dermatitis por contacto quemaduras en piel, en cornea y conjuntiva ocular.	<p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener las fichas de seguridad de cada químico almacenado. R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador</li> </ul>	3	5	3	45



## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	Vapores / Rocíos Sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volátiles del crudo</li> <li>• Crudo, condensado</li> <li>• Productos químicos en el área</li> <li>• Combustibles (Gasolina, aceites, ACPM)</li> <li>• Varsol, thinner</li> <li>• Pinturas</li> <li>• Desengrasante, entre otros</li> </ul>		Problemas irritativos del tracto respiratorio superior e inferior, Intoxicación inhalación de gases.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro y en almacenamiento y manejo de productos químicos. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Dar a conocer la hoja de seguridad del químico. R/: Coordinador de Contrato, Equipo HSEQ, Colaborador.</li> <li>• Divulgación de ficha de seguridad del gas o producto químico presente en el área. R/;, Equipo HSEQ,</li> <li>• Control espirométrico anual según la matriz de cargos ó semestral, según el programa de vigilancia epidemiológica. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Control dermatológico periódico según la matriz de cargos o programa de vigilancia epidemiológica. R/:</li> </ul>				
--	-----------------------------	--	--	--	---	--	--	--	--

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p>Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la actividad de pintura en área ventilada y con el viento a favor. R/: Supervisor, Colaborador</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p>EPP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de Gafas de seguridad R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro.</li> <li>• Suministro y uso de protección respiratoria con cartucho para pinturas. R/: Equipo HSEQ, Colaborador</li> </ul>				
<p>ACTIVIDAD: Coordinación de actividades y diligenciamiento de documentación</p>	<p>FÍSICO Ruido.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Equipos y vehículos en el área</li> </ul>	1	<p>Hipoacusia neurosensorial por ruido (Sordera), stress, hipertensión arterial, dolor de cabeza</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro y en el uso y cuidado de los elementos de</li> </ul>	3	15	1	45

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>soporte para la realización de los trabajos (permisos de trabajo, Certificados, ATS, Solicitud de Materiales, Orden de Trabajo). Alistamiento de herramientas y materiales</p> <p>TAREAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reunión de planeación y coordinación de trabajos en las oficinas del taller.</li> <li>• Planeación de actividades con las otras disciplinas de</li> </ul>					<p>protección personal. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control audiométrico anual según la matriz de cargos ó semestral, según el programa de vigilancia epidemiológica. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador</li> <li>• Tomas de audiometría periódica. R/: Equipo HSEQ</li> <li>• Realizar medición cuantitativa del nivel de ruido (sonometría) en áreas operativas y dosimetrías al personal expuesto (que presenten pérdida de la función auditiva) R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato.</li> </ul> <p>EPP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de protectores auditivos (Protección doble de ser necesario). R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>				
	FÍSICO	• Temperatura ambiente.	1	Choque térmico	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A	6	1	3	18

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

requerirse para trabajos simultáneos •Diligenciamiento de formatos de permisos de trabajo de las actividades programadas, ATS y certificados requeridos (Espacios Confinados, Trabajos en Caliente, Trabajos en Altura, Excavaciones, Aislamiento Mecánico y Eléctrico)	Temperatura Extrema	• Cambio brusco de temperatura por aire acondicionado		Dolor de cabeza	MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: •Moderación de frío en aire acondicionado. R/: Equipo HSEQ •Capacitación en el peligro y en los mecanismos de comunicación oportuna de alteraciones de la salud.R/: Equipo HSEQ EPP: N/A				
	FÍSICO Radiación ionizante	no • Sol	1	Pterigios y pinguéculas, conjuntivitis actínica	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: • Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador. <b>EPP:</b> •Suministro y uso de gafas con protección U.V.	6	5	3	90

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

CONTINUACIÓN:					R/: Coordinador del contrato, Colaborador				
ACTIVIDAD: Coordinación de actividades y diligenciamiento de documentación soporte para la realización de los trabajos (permisos de trabajo, Certificados, ATS, Solicitud de Materiales, Orden de Trabajo). Alistamiento de herramientas y materiales	FÍSICO Radiación ionizante (Radiofrecuencias no ionizante)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radio de comunicación</li> </ul>	1	Aumento de la temperatura corporal	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener el equipo alejado del cuerpo el mayor tiempo posible. R/: Colaborador.</li> </ul> <b>EPP:</b> N/A	10	1	1	10
	BIOLÓGICO. Animales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insectos, arácnidos, ofidios y semovientes en el área.</li> </ul>	1	Picaduras. Mordeduras, reacciones alérgicas, politraumatismos, muerte	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunicar la necesidad de mantenimiento y limpieza en las zonas verdes y aledañas y remoción de panales, de acuerdo con inspecciones de área realizadas.</li> </ul>	3	25	1	75

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<ul style="list-style-type: none"> <li>•Elaboración de listas de chequeo para herramienta menor, pulidora, moto soldador, oxicorte,</li> <li>•Realizar Seguimiento del procedimiento de trabajo y check list.</li> <li>•Cerrar el Permiso de Trabajo y documentar la Orden de Trabajo al finalizar la labor.</li> <li>•Para trabajos en altura, lista de chequeo de andamio y de arnés</li> </ul>					<p>R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fumigaciones de áreas para el control de plagas si aplica. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador</li> <li>• Mantener suero antiofídico en la sede MASA del área. R/: Coordinador del contrato, Equipo HSEQ</li> <li>• Capacitación en el peligro y en primeros auxilios.R: / Equipo HSEQ, Colaborador.</li> </ul> <p>EPP: N/A</p>				
	<p>BIOLÓGICO Virus y Bacterias.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Manipulación de los utensilios para consumo de agua potable (vasos)</li> <li>• Metales oxidados</li> </ul>	1	<p>Infecciones intestinales, infecciones dermatológicas, enfermedades respiratorias.</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Control bacteriológico del agua suministrada para consumo. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato</li> </ul>	10	5	3	150

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>• Mantener el aseo, limpieza y orden de la herramienta, los equipos y los sitios de trabajos asignados, disponiendo adecuadamente los residuos en los recipientes de almacenamiento temporal.</p> <p>Solicitud de Materiales y Repuestos de acuerdo con los requerimientos de la actividad programada.</p>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Limpieza y aseo de utensilios y de manos. R/: Colaborador</li> <li>• Desparasitación intestinal. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Para los casos en los que Mecánicos Asociados S.A. contrate el suministro de alimentación se solicitará al proveedor el carnet de manipulador de alimentos de sus Colaborador.</li> <li>• Mantener orden y aseo en los sitios de trabajo. R/: Supervisor, Colaborador</li> <li>• Vacunación contra tétano. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul> <p>EPP:</p>				
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>TAREAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar Solicitud de materiales con la Orden de Trabajo</li> <li>• Retiro de Materiales de la Bodega</li> <li>• Transporte de material (Manualmente o con ayudas mecánicas (carro de tracción humana, montacargas)</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de botas y guantes de seguridad. R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>				
	<p>PSICOSOCIAL Relaciones Interpersonales</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trato con supervisores y demás frentes de trabajo</li> </ul>	1	<p>Stres ocupacional, falta de concentración, bajo rendimiento, cansancio</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A  <b>CONTROLES</b>  <b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro, en estilos de vida saludable y administración del tiempo libre. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Difusión de los principios y valores de MASA. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en trabajo en equipo. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>	3	1	3	9



## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

CONTINUACIÓN:					EPP: N/A				
ACTIVIDAD: Coordinación de actividades y diligenciamiento de documentación soporte para la realización de los trabajos (permisos de trabajo, Certificados, ATS, Solicitud de Materiales, Orden de Trabajo).	PSICOSOCIAL Desconocimiento/ Falta de destreza / Exceso de Confianza	<ul style="list-style-type: none"> <li>Personal sin entrenamiento o experiencia en el diligenciamiento de Permisos de Trabajo, certificados y ATS</li> </ul>	1	Accidentes, subestimar el peligro	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Asignación del personal necesario y/ó con el perfil requerido para la actividad. R/: Equipo DCH, Coordinador del contrato.</li> <li>Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <b>EPP:</b> N/A	3	15	1	45
Alistamiento de herramientas y materiales  • Verificar los equipos de	ERGONÓMICO Levantamiento y transporte manual de cargas / Aplicación de fuerzas manualmente	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manipulación y transporte de los materiales y herramientas</li> <li>Mover el carro o zorra manual</li> </ul>	1	Lesiones músculo esqueléticas a nivel de espalda y columna lumbosacra (espasmos o desgarros musculares, hernia discal), dolor lumbar. Lesiones	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular. R/: Equipo</li> </ul>	6	5	1	30

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>oxicorte y soldadura estén en buen estado.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar la señalización requerida en el área de trabajo (Conos, vallas, cinta de señalización) si aplica</li> </ul>				<p>musculares y/o ligamentosas a nivel de hombro, de codo o de mano.</p>	<p>HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Educación en adopción de posturas adecuadas para manipulación manual de cargas. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>Capacitación en el peligro R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Colocar pantallas (mamparas) de requerirse.</li> </ul>	<p><b>ERGONÓMICO</b> Adopción de posturas inadecuadas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flexión de espalda y rodillas en alistamiento y transporte de herramienta y materiales</li> </ul>	<p>1</p>	<p>Espasmos musculares, lumbago por imbalance muscular, fatiga muscular, dolor de espalda y piernas.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Educación en adopción de posturas adecuadas de trabajo. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>	<p>6</p>	<p>1</p>	<p>3</p>	<p>18</p>

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>Control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
MECÁNICO	Superficie de elementos ásperos o cortantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herramientas (llaves, alicates, etc.), repuestos</li> </ul>	1	Heridas y excoriaciones (raspones), golpes	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Suministro y uso de guantes de seguridad, gafas de seguridad, casco de seguridad con barbuquejo. R/: Coordinador del contrato, Equipo cadena de suministro, Colaborador.</li> </ul>	3	1	3	9
MECÁNICO	Equipo en movimiento / Material en movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>Vehículos en el área</li> </ul>	1	Politraumatismos, daños a equipos e instalaciones	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p>	3	15	1	45

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>CONTINUACIÓN:</p> <p>ACTIVIDAD:</p> <p>Coordinación de actividades y diligenciamiento de documentación soporte para la realización de los trabajos (permisos de trabajo, Certificados, ATS, Solicitud de</p>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos. R/: Colaborador.</li> <li>• Señalización de las áreas de desplazamiento. R/: Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p>				
<p>soporte para la realización de los trabajos (permisos de trabajo, Certificados, ATS, Solicitud de</p>	<p>LOCATIVO</p> <p>Falta de señalización</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Demarcación de áreas</li> <li>• Señalizar al realizar trabajos</li> <li>• Rutas de evacuación</li> </ul>	<p>1</p>	<p>Accidentes</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Programa de inspección y mantenimiento de áreas y verificación</li> </ul>	<p>10</p>	<p>1</p>	<p>3</p>	<p>30</p>

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

Materiales, Orden de Trabajo). Alistamiento de herramientas y materiales					de cierre. R/: Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador. • Señalizar Rutas de evacuación. R/: Coordinador del contrato, Mantenimiento, Colaborador. • Colocar señalización en el área trabajada. R/: Supervisor, Colaborador <b>EPP:</b> N/A				
	LOCATIVO Superficie de desplazamiento deslizante/ Obstáculos ubicados en el piso	• Derrames • Obstáculos en el piso en el sitio de trabajo	1	Accidentes, Caídas a igual nivel, lesiones musculoesqueléticas, (fracturas, esguinces y luxaciones).	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> • Programa de inspección y mantenimiento de áreas R/: Supervisor, Colaborador • Mantener las áreas en orden y aseo. R/: Colaborador.	6	5	1	30

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de casco de seguridad con barbuquejo y botas antideslizantes con puntera. R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> </ul>				
CONTINUACIÓN: ACTIVIDAD: Coordinación de actividades y diligenciamiento de	FISICOQUÍMIC O Incendio / explosión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incendio en áreas de oficina o proceso</li> </ul>	1	Quemaduras, politraumatismo, muerte, daños a equipos e instalaciones incendio-explosión	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección y Mantenimiento preventivo del sistema contra</li> </ul>	0.5	50	1	25

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>documentación soporte para la realización de los trabajos (permisos de trabajo, Certificados, ATS, Solicitud de Materiales, Orden de Trabajo). Alistamiento de herramientas y materiales</p>					<p>incendio. R/: Coordinador del contrato, Supervisor, Colaborador</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspección de los extintores. R/: Coordinador del contrato y Contratista, Colaborador.</li> <li>• Señalizar Rutas de evacuación. R/: Coordinador del contrato, Mantenimiento, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios y manejo de emergencias. R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro (suministro y capacitación en manejo de extintores) R/: Equipo HSEQ, Coordinador del contrato, Colaborador.</li> <li>• Mantener apagados los equipos electrónicos o cualquier fuente de ignición en las áreas de proceso. R/: Seguridad Física, Colaborador.</li> </ul>				
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**  
**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz  
**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					EPP: N/A				
<p>ACTIVIDAD: Desplazamiento en vehículo</p> <p>TAREAS: •Desplazamiento en vehículo a las diferentes áreas de trabajo del campo (conducir o ser transportado) •Realizar recorridos en Campo •Desplazamientos ocasionales a otras ciudades</p>	<p><b>FISICO</b> Exceso o falta de iluminación.</p>	<p>- Conducción en la madrugada o en tarde (alba y ocaso). - Exceso de iluminación de otros vehículos.</p> <p><b>COMPORTAMIENTO</b></p> <p>- No reportar condiciones inseguras. - No usar protección visual.</p>	1	<p>- Choques o accidentes vehiculares por pérdida de la visibilidad. - Deslumbramiento - Cansancio visual - Dolor de cabeza</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACION:</b> N / A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N / A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> - Verificar que los vehículos tengan parasoles en buen estado y la iluminación adecuada. <b>R/:</b>Colaborador.</p> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b> - Hacer periodos de adaptación de la visión en el alba y el ocaso cuando conduce. <b>R/:</b>Colaborador. - Implementación del Programa de prevención de la accidentalidad vehicular y el daño a la propiedad. <b>R/:</b>Equipo HSEQ, Colaborador. - Valoración oftalmológica <b>R/:</b>Equipo HSEQ, supervisor, Colaborador.</p> <p><b>EPP:</b></p>	6	25	1	150



## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>• Tanquear vehículo en estaciones autorizadas.</p> <p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p>ACTIVIDAD:</p> <p>Desplazamiento en vehículo</p>					<p>- Suministro de gafas de seguridad con filtro UV. <b>R</b>:Equipo HSEQ, Equipo de Gestión y Logística, Colaborador.</p>				
	FÍSICO Temperatura extrema calor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Temperatura ambiental</li> <li>- Aire acondicionado dañado</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deshidratación, stress calórico</li> </ul>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A  <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A  <b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitación en el peligro. <b>R</b>:Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador.</li> <li>- Mantenimiento del vehículo. <b>R</b>:Equipo Mtto.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suministro y consumo de agua potable. <b>R</b>:Equipo HSEQ, Colaborador.</li> </ul>	6	1	3	18
	FÍSICO Vibraciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de mantenimiento del vehículo.</li> <li>- Mal estado de las vías.</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lumbalgias.</li> <li>- Lesiones raquídeas menores.</li> </ul>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N / A  <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N / A</p>	6	5	1	30

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

		<b>COMPORTAMIENTO:</b> - No reportar condiciones inseguras.			<b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> - Realizar mantenimiento mecánico preventivo y periódico al vehículo. <b>R/:</b> Equipo HSEQ, <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b> - Realizar inspección periódica al vehículo. <b>R/:</b> Equipo HSEQ, - Realizar desplazamientos por rutas en buen estado. <b>R/:</b> - Realizar control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular. <b>R/:</b> Equipo HSEQ, Colaborador. <b>EPP:</b> N /A				
FÍSICO	Radiación ionizante	no - Sol	1	- Pterigios y pinguéculas, conjuntivitis actínica	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b>	6	1	3	18

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p>- Capacitación en el peligro. <b>R/:</b> Equipo HSE, Supervisor, Colaborador.</p> <p>- Para radiación ultravioleta de los rayos solares, suministro y uso de gafas con protección U.V., uso de camisa manga larga <b>R/:</b> Equipo HSE, Equipo Gestión y Logística, Colaborador</p> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
	<p>QUÍMICO</p> <p>Material particulado (polvo)</p>	<p>- Condición de las vías</p>	<p>1</p>	<p>- Problemas irritativos del tracto respiratorio superior (Irritación de garganta), conjuntivitis alérgica, rinitis alérgica al polvo, cuerpos extraños en ojos, irritación ocular.</p>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N/A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N/A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N/A</p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <p><b>EPP:</b></p> <p>- Suministro y uso de mascarilla desechable para polvo de las vías (en casos extremos). <b>R/:</b> Equipo HSE, Equipo Gestión y Logística, Colaborador.</p>	<p>3</p>	<p>5</p>	<p>1</p>	<p>15</p>

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p>ACTIVIDAD: Desplazamiento en vehículo</p>					- Suministro y uso de gafas de seguridad. <b>R/:</b> Equipo HSE, Equipo Gestión y Logística, Colaborador.				
	PSICOSOCIAL	- Relaciones con los demás pasajeros del vehículo.			<b>MEDIDAS DE ELIMINACION:</b> N / A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N / A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N / A <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b>				
	Relaciones interpersonales.	<b>COMPORTAMIENTO:</b> - Personalidad conflictiva.	1	- Stress.	- Mantener buenas relaciones con los Colaboradores de trabajo. <b>R/:</b> Colaborador. - Difusión de los principios y valores de MASA. <b>R/:</b> Equipo HSEQ, Colaborador. <b>EPP:</b> N / A	6	1	3	18
	PSICOSOCIAL. Falta de destreza/	- Falta de destreza para la conducción por disminución de las facultades	1	- Accidentes, choques, Politraumatismos, Daño a equipos e instalaciones, Muerte.	<b>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN:</b> N / A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N / A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N / A	1	25	3	75

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	Desconocimiento/ Exceso de Confianza	físicas/mentales del conductor. - Falta de experiencia. - Exceso de Confianza al conducir - Uso de teléfonos y radios durante la conducción (distracción) - Malos hábitos de conducción			<p><b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b> - Examen de aptitud médica, certificado de manejo defensivo. <b>R/:</b> Coordinador de Contrato, Equipo HSEQ, - Uso permanente del cinturón de seguridad para todos los usuarios del vehículo - No uso de medios de comunicación que ocupen las manos mientras se conduce. <b>R/:</b> Conductor, Pasajeros <b>EPP:</b> N/A</p>				
	ERGONOMICO  Adopción de posturas adecuadas (sedente) por largo tiempo.	- Permanecer sentado durante un largo tiempo.	1	- Cansancio, dolor lumbar por imbalance muscular.	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACION:</b> N / A <b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N / A <b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b> N / A <b>CONTROLES</b> <b>ADMINISTRATIVOS:</b></p>	3	5	6	90

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Control médico anual con énfasis en sistema osteomuscular y sistema vascular periférico. <b>R/:</b>Equipo HSEQ, Colaborador.</li> <li>- Educación en adopción de posturas adecuadas y estilos de vida saludable. <b>R/:</b>Equipo HSEQ, Colaborador.</li> <li>- Tomar tiempos de descanso en viajes largos. <b>R/:</b> Supervisor, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N / A</p>				
<p><u>CONTINUACIÓN:</u></p> <p><b>ACTIVIDAD:</b> Desplazamiento en vehículo</p>	<p>MECANICO</p> <p>Transporte mecánico (terrestre). Equipo defectuoso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazamiento en vehículo</li> <li>- Imprudencia de otros usuarios en la vía</li> <li>- Vehículo en mal estado mecánico y/o eléctrico.</li> <li>- Mal estado de la vía.</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Choque.</li> <li>- Volcamiento.</li> <li>- Politraumatismos (fracturas y heridas).</li> <li>- Daños a equipos.</li> </ul>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACION:</b> N / A</p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN:</b> N / A</p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento preventivo y correctivo de vehículo. <b>R/:</b>Equipo HSEQ</li> </ul> <p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p>	2	50	3	300

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>COMPORTAMIENTO:</b></li> <li>- No reportar condiciones inseguras.</li> <li>- No acatar normas de seguridad vial impartidas por la empresa, el cliente o leyes gubernamentales</li> <li>- Permitir que el conductor infrinja las normas de seguridad.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación del Programa de prevención de la accidentalidad vehicular y daño a la propiedad. <b>R/:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Revisión periódica de documentación al vehículo y conductor. <b>R/:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Programa de inspecciones de control de riesgo de equipos y verificación de cierre de las inspecciones. <b>R/:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Dotar el vehículo con botiquín de primeros auxilios <b>R/:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Conformación de brigadas en primeros auxilios. <b>R/:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Uso permanente del cinturón de seguridad. <b>R/:</b> Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N / A</p>				
--	--	---	--	--	---	--	--	--	--

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**  
**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz  
**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	<p>LOCATIVOS</p> <p>Obstáculos a nivel del piso</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pisos irregulares.</li> <li>- Ascenso y descenso del vehículo.</li> </ul> <p><b>COMPORTAMIENTO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No reportar condiciones inseguras.</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caídas a igual nivel.</li> <li>- Lesiones músculo esquelético (fracturas, esguinces y luxaciones).</li> </ul>	<p><b>MEDIDAS DE ELIMINACION: N / A</b></p> <p><b>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N / A</b></p> <p><b>CONTROL DE INGENIERÍA: N / A</b></p> <p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar obstáculos que puedan generar una caída en el desplazamiento por las áreas.</li> <li>- No realizar los desplazamientos utilizando distracciones como celulares. <b>R/:</b> Colaborador.</li> <li>- Realizar los desplazamientos con precaución, no correr. <b>R/:</b> Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Suministro y uso de Botas de seguridad con suela antideslizante.</li> </ul> <p><b>R/:</b> Equipo cadena de suministro, Equipo HSEQ, Colaborador.</p>	6	5	1	30
--	---	--	---	--	---	---	---	---	----



## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	<p>LOCATIVO.</p> <p>Superficie de desplazamiento/ Obstáculos en la vía</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estado de las vías.</li> <li>- Superficie Deslizante (por lluvia)</li> <li>- Personas o animales en la vía</li> </ul> <p><b>COMPORTAMIENTO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- No reportar condiciones inseguras.</li> <li>- exceso de velocidad</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Accidentes vehiculares.</li> <li>- choque o volcamiento de vehículos</li> <li>- Politraumatismos</li> </ul>	<p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación del Programa de prevención de la accidentalidad vehicular y el daño a la propiedad, Manejo defensivo. <b>R:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Mantener permanentemente contacto con la administración del contrato para atender emergencias en el menor tiempo posible. <b>R:</b> Colaborador.</li> <li>- Conformación de brigadas en primeros auxilios. <b>R:</b>Equipo HSEQ,</li> <li>- Usar cinturón de seguridad. <b>R:</b> Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b> N / A</p>	3	25	3	225
FISICOQUÍMICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falla eléctrica</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Quemaduras, politraumatismo, muerte, daños a</li> </ul>	<p><b>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</b></p>	0.5	50	1	25

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	Incendio/Explosión	- Ignición de volátiles, incendio en el tanqueo del vehículo		equipos, incendio-explosión	<p>- Apagar el vehículo mientras se realiza el tanqueo. <b>R/:</b> Colaborador.</p> <p>- Descender del vehículo para la operación (no subir ni bajar mientras se despacha el combustible) <b>R/:</b> Colaborador.</p> <p>- Apagar celulares y elementos que puedan ocasionar chispas (ignición) en áreas clasificadas. <b>R/:</b> Colaborador.</p> <p>- Mantener extintor en el vehículo. <b>R/:</b> Equipo Cadena de Suministro, Colaborador, Equipo HSEQ,</p> <p>- Capacitación y entrenamiento de emergencias y contingencias: Primeros Auxilios, Transporte de lesionados, Brigadas contra-incendio: uso de extinguidores. <b>R/:</b>Equipo HSEQ, Colaborador.</p> <p><b>EPP:</b> N/A</p>				
--	--------------------	--	--	-----------------------------	---	--	--	--	--

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<p><b>CONTROLES</b></p> <p><b>ADMINISTRATIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener las mejores relaciones con las comunidades y las autoridades. <b>R/:</b> Colaborador.</li> <li>- Comunicación permanente a las autoridades de las anomalías. <b>R/:</b> Coordinador de seguridad física.</li> <li>- Mantener las mejores relaciones interpersonales con el grupo de trabajo. <b>R/:</b> Colaborador.</li> <li>- El personal administrativo, de coordinación y supervisión debe cumplir con: manejar un bajo perfil, no ser ostentoso, comunicar al coordinador de seguridad física y a su jefe inmediato sobre su desplazamiento. <b>R/:</b> Coordinador de Contrato.</li> </ul>				
	<p>SEGURIDAD FÍSICA</p> <p>Atentado, atraco, secuestro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desplazamientos por vías públicas</li> <li>- Delincuencia común, Personas u organizaciones al margen de la ley</li> <li>- Delincuencia común, organizada</li> </ul>	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lesiones personales y mentales, muerte, pérdida de activos</li> </ul>		3	25	3	225

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					- Utilizar vehículos sencillos de bajo perfil. <b>R:</b> Coordinador de Contrato, <b>EPP:</b> N / A				
ACTIVIDAD. Cambio de llantas pinchadas en carretera.	FÍSICO. Temperatura extrema-calor.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatura ambiente.</li> <li>• Sol.</li> </ul>	1	Stress calórico. Miliaria. Cansancio.	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: •En lo posible ubicar vehículo bajo sombra. <b>R/:</b> Conductor <b>EPP:</b> •Suministro y uso de ropa de dotación con alto porcentaje de algodón. <b>R/:</b> Equipo cadena de suministro, Equipo HSEQ	10	1	3	30
<u>CONTINUACIÓN:</u>									
ACTIVIDAD. Cambio de llantas pinchadas en carretera.	FÍSICO Radiación ionizante.	no •Exposición al sol	1	Por exposición al sol (pterigios y pinguéculas, conjuntivitis actínica y cáncer de piel).	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N / A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N / A CONTROL DE INGENIERÍA: N / A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: •Suministro y uso de gafas con protección U.V. <b>R/:</b> Equipo HSEQ,	3	1	3	30

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<p>TAREAS.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Parar vehículo y estacionar en la berma.</li> <li>• Colocar triángulos de seguridad en la vía.</li> <li>• Bajar Herramienta y llanta repuesto.</li> <li>• Aflojar pernos.</li> <li>• Colocar gato y subir vehículo.</li> <li>• Soltar pernos y bajar llanta del eje.</li> <li>• Montar llanta repuesto.</li> </ul>					<p>Equipo cadena de suministro, Colaborador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Capacitación en el peligro. R:/ Equipo HSEQ, Colaborador, Coordinador de contrato.</li> </ul> <p>EPP: N /A</p>				
	QUÍMICOS. Material particulado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas de polvo en el ambiente.</li> </ul>	1	Irritación visual	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A</p> <p>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A</p> <p>CONTROL DE INGENIERÍA: N/A</p> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <p>EPP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Suministro y uso de gafasde seguridad.R/: Equipo cadena de suministro, Equipo HSEQ</li> </ul>	3	1	3	9
	BIOLÓGICO. Animales.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Insectos, arácnidos y ofidios del área.</li> </ul>	1	Picaduras. Mordeduras, reacciones alérgicas	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A</p> <p>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A</p> <p>CONTROL DE INGENIERÍA: N/A</p> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p>	3	25	1	75

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acomodar pernos a medio ajustar.</li> <li>• Bajar gato.</li> <li>• Ajustar totalmente los pernos.</li> <li>• Guardar llanta pinchada y herramientas.</li> <li>• Seguir su marcha.</li> </ul>					<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en el peligro y en primeros auxilios. R: / Equipo HSEQ, Colaborador.</li> <li>• Mantener suero antiofídico en la sede MASA del área. R/: Coordinador de Contrato, Equipo HSEQ</li> </ul> <p>EPP: N/A</p>				
	<p style="text-align: center;">ERGONÓMICO</p> <p>Levantamiento y transporte manual de cargas / Aplicación de fuerzas manualmente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Traslado y manipulación de llanta</li> <li>• Malas posturas para el movimiento de cargas</li> </ul>	1	<p>Lesiones músculos esqueléticos a nivel de espalda y columna lumbosacra (espasmos o desgarros musculares, hernia discal), dolor lumbar. Lesiones musculares y/o ligamentosas a nivel de hombro, de codo o de mano.</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A  MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A  CONTROL DE INGENIERÍA: N/A  CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación en adopción de posturas adecuadas para manipulación manual de cargas. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Capacitación en el peligro R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> </ul> <p><b>EPP:</b></p>	2	5	3	30

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

CONTINUACIÓN:  ACTIVIDAD.	ERGONÓMICO. Adopción de posturas inadecuadas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postura de flexión de rodillas para:</li> <li>• Fijar el gato y subir vehículo.</li> </ul>	1	Dolor lumbar por imbalance muscular o espasmo muscular.	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Educación sobre higiene postural.R/3</li> <li>• Vigilancia médica.R/: Equipo HSEQ y Coordinador de contrato.</li> </ul> EPP: N/A	3	5	6	90
	MECÁNICO. Caída de objetos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caída del vehículo por fijar el gato en el lugar inapropiado.</li> <li>• Desconocimiento en la operación</li> </ul>	1	Politraumatismos. Fracturas. Daños materiales.	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ubicación del vehículo en terreno firme.R/: Equipo HSEQ</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios.R/: Equipo HSEQ</li> </ul> EPP: N/A	1	15	1	15
	MECÁNICO.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferentes partes del vehículo que pueden</li> </ul>	1	Heridas. Politraumatismos en manos.	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A	1	15	3	45

### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

Cambio de llantas pinchadas en carretera.	Superficie de elementos ásperos o cortantes.	causar heridas durante la colocación de la llanta.		Tétano.	<p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar vacunación contra el Tétano R/: Equipo HSEQ</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios para el manejo de heridas y hemorragias. R/: Equipo HSEQ</li> </ul> <p>EPP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suministro y uso de guantes de hilaza con puntos de PVC durante la operación. R/: Equipo cadena de suministro, Equipo HSEQ</li> </ul>				
	MECÁNICO. Transporte mecánico.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos en movimiento en la vía en el momento del cambio de llanta.</li> </ul>	1	<p>Politraumatismos. La muerte. Daño a vehículo.</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso de triángulos reflectores y demás accesorios de seguridad vial.R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro.</li> <li>• Capacitación en primeros auxilios.R/: Equipo HSEQ</li> </ul>	1	25	1	25



### MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

					<ul style="list-style-type: none"> <li>•Capacitación en procedimiento seguro de trabajo (seguridad vial).R/: Equipo HSEQ, Supervisor, Colaborador.</li> </ul> EPP: N/A				
	LOCATIVO Superficie de desplazamiento deslizante /Irregular	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Piso del área destapado.</li> <li>• Superficies deslizantes e irregulares</li> </ul>	1	caída a nivel fracturas lesiones de tejidos blando	MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A CONTROL DE INGENIERÍA: N/A CONTROLES ADMINISTRATIVOS: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación en primeros auxilios. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato.</li> <li>• Capacitación en el peligro. R/: Equipo HSEQ, Coordinador de Contrato, Colaborador.</li> <li>• Revisar el área previamente a la operación. R/: Colaborador</li> </ul> EPP: <ul style="list-style-type: none"> <li>•Suministro y uso botas antideslizantes con puntera. R/: Equipo HSEQ, Equipo cadena de suministro, Coordinador de Contrato.</li> </ul>	6	5	3	90

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

	<p>SEGURIDAD FÍSICA</p> <p>Atentado/ Atraco / Secuestro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delincuencia común, Personas u organizaciones al margen de la ley</li> </ul>	1	<p>Lesiones personales y mentales, muerte, pérdida de activos</p>	<p>MEDIDAS DE ELIMINACIÓN: N/A</p> <p>MEDIDAS DE SUSTITUCIÓN: N/A</p> <p>CONTROL DE INGENIERÍA: N/A</p> <p>CONTROLES ADMINISTRATIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener las mejores relaciones con las comunidades y las autoridades. R/: Colaborador</li> <li>• Comunicación permanente a las autoridades de las anomalías R/: Colaborador</li> <li>• Manejar un bajo perfil, comunicar al coordinador de seguridad física y a su jefe inmediato sobre sus desplazamientos. R/: Colaborador</li> </ul> <p>EPP: N/A</p>	2	25	1	50
--	---	---	---	---	---	---	----	---	----

## MATRIZ DE RIESGOS CUALITATIVA

**OBJETO:** Identificar los peligros y valorar los riesgos asociados a las actividades ejecutadas a cargo de Grace I. Campos V. por parte de la **UMSA**

**ALCANCE:** Aplica para el servicio de ejecución de obras y trabajos de mantenimiento de sistemas de transporte de hidrocarburos durante las vigencias 2021 & 2023 – Santa Cruz

**PROCESO:** Operación y mantenimiento de ductos para transporte de hidrocarburos

### VALOR DEL RIESGO: TABLAS PARA EVALUACIÓN

TIEMPO DE EXPOSICIÓN:	
<b>C:</b> Continuo Toda la jornada o muchas veces al día	10
<b>F:</b> Frecuente Algunas veces al día (incluye unas tres veces al día)	6
<b>O:</b> Ocasional Algunas veces en la semana	3
<b>Re:</b> Poco usual Mensualmente	2
<b>Ra:</b> Rara vez Pocas veces al año	1
<b>MR:</b> Muy rara vez Remotamente posible	0,5

CONSECUENCIA	
<b>LEV:</b> Leve Contusiones, pequeñas heridas y/o daños.	1
<b>IMP:</b> Importante Lesiones con incapacidad.	5
<b>GRA:</b> Grave Amputaciones, invalidez permanente y/o daños.	15
<b>MOR:</b> Mortal 1 muerto y/o daños	25
<b>CAT:</b> Catástrofe Numerosos muertos y/o grandes daños	50

PROBABILIDAD	
<b>ALT:</b> Alta Ocurre frecuentemente	10
<b>ME:</b> Media Ocurre con cierta frecuencia	6
<b>BAJ:</b> Baja Poco usual	3
<b>MB:</b> Muy baja Extremadamente remota	1

GRADO DE PELIGROSIDAD GP=EXCXP	
<b>MA:</b> Muy alto. Corrección inmediata y demostrar que se tienen medidas de control.	>400
<b>A:</b> Alto. Corrección a corto o mediano plazo	200-400
<b>I:</b> Importante. Corrección a largo plazo	70-200
<b>P:</b> Posible. Mantenerse alerta.	20-70
<b>AC:</b> Aceptable	<20

Con la matriz de riesgos cualitativa se pudo identificar diferentes actividades y tareas que tienden a causar riesgos de daño en el poliducto, y se evaluó que en algunas la probabilidad y consecuencia de falla entran en grados de peligrosidad importantes y posible, dando a entender que a largo plazo es necesaria una corrección o un mantenimiento preventivo en los puntos de alta criticidad, las cuales presentan mayor daño y desgaste a causa de agentes externos que, en ocasiones son difíciles de controlar.

#### **4.3.2. Matriz de Riesgos Semicuantitativa**

Para priorizar y gestionar los esfuerzos de un programa de inspección del poliducto “AB” se realizará mediante una Matriz de Riesgos basada en la norma API 581. Es de mucha importancia realizar una matriz de riesgos semi cuantitativa para definir los tramos que tienen más consecuencia a tener fallas, ya sean estos por causas naturales, del medio ambiente que le rodea, de fábrica, sector por donde pasa el poliducto.

Esta matriz de riesgos semicuantitativa nos ayudará a clasificar y definir los problemas más importantes que se tiene a lo largo del derecho de vía. Al pasar un poliducto tanto por comunidades, ciudades, ríos, montañas; tenemos un riesgo muy grande en cuanto a contaminación y daños a zonas pobladas tanto material como físico a las personas, que afectaran a la misión y visión de la empresa operadora según sea el caso.

Los objetos, instrumentos, instalaciones, medio ambiente, sociedad, son los factores de riesgos que pueden producir lesiones en las personas, daños en las instalaciones, en el derecho de vía, materiales y procesos. El riesgo es el producto de la probabilidad de ocurrencia de una falla en un periodo de tiempo y la consecuencia que la misma puede ocasionar al entorno que rodea la misma.

El riesgo se puede definir como se define en la Ecuación 4.1:

$$Riesgo = Probabilidad_{de\ falla} \times Consecuencia_{de\ falla} \quad Ecu\ 4.1$$

En un sistema de transporte de hidrocarburos, para cuantificar el riesgo en ella se debe seguir un procedimiento como se indica en los pasos siguientes:

1. Planificar la evaluación de riesgos.
2. Analizar los peligros y posibles zonas de derrame.
3. Analizar las consecuencias.
4. Caracterizar el riesgo (Dar un valor al riesgo).
5. Administración del riesgo. Minimizar los riesgos y sus probabilidades.

#### 4.3.2.1. *Probabilidad de falla*

Guiándonos en la norma API-580 Risk Based Inspection podemos definir como caso de ejemplo la probabilidad de falla la Ecuación 4.2:

$$Pb_{falla} = f_F(Cond_{act} + E_{insp} + f_p + R_r) \quad \text{Ecu. 4.2}$$

Donde asumimos,

$Pb_{falla}$  = Probabilidad de falla ponderada a un valor máximo de 100  
 $f_F$  = Frecuencia de fallas en un periodo determinado (historico estructural)

- Alta > 3 por año 5
- Media 1- 3 por año 3
- Baja 0- 1 por año 1

$Cond_{act}$  = Condicion actual de la tuberia, en función de los resultados de la inspección instrumentada y la probabilidad de sitios con corrosión interior por construcción

$$Cond_{act} = Corr_{act} + Pb_{corr.int}$$

Donde:

$Corr_{act}$

= Estado de corrosión actual, de número de anomalías por longitud inspeccionada, y velocidad de corrosión.

$$Corr_{act} = \frac{C_{insp} + V_{corr}}{2} \quad \text{Ecu. 4.3.}$$

Estado corrosión por inspección:

- Grave 3
- Moderado 2
- Bajo 1

Velocidad de corrosión:

- Grave 3
- Moderado 2
- Bajo 1

$Pb_{corr.int}$  = Probabilidad de corrosión interior por ángulo de inclinación

- Alta  $\geq +2.5^\circ$  2
- Baja  $< +2.5^\circ$  1

$E_{insp}$  = Probabilidad de incidencia por la eficacia de la inspección

- *Recorrido –inspección visual* 5
- *Inspección ECDA mediante END* 3
- *Inspección interna instrumentada* 1

$f_p$  = Frecuencia de paros de bombeo.

- *Semanal / quincenal* 5
- *Mensual* 3
- *Anual* 1

$R_r$  = Reparaciones recurrentes.

Tomando en cuenta antecedentes históricos, necesidad de reparación, conforme al análisis de integridad (PMOP o ASME B31G).

- *Muy alta* *Necesidad inmediata + Ant. Hist. Combinados* 5
- *Media-alta* *Necesidad inmediata/inmediata+ Ant. Hist.* 4
- *Media* *Necesidad cercana + Ant. Hist.* 3
- *Media-baja* *Necesidad cercana* 2
- *Baja* *Necesidad no inmediata* 1

#### 4.3.2.2. Consecuencia de falla

Con la Norma API-580 se puede definir las consecuencias de falla como:

$$C_{q\text{ falla}} = (M_f \times P_p \times F_p) + (D_{\text{expt-f}} \times L_c) + T_x + (E_{f\text{ proc}} \times t_{\text{rep}}) + A_{pa} + I_{so} \quad \text{Ecu. 4.4.}$$

Donde:

$C_{q\text{ falla}}$  = Consecuencia de talla ponderada a un valor mínimo de 150

$M_f$  = Modo de falla con respecto al mecanismo de daño

- *Rotura*                    **5**
- *Fuga*                        **3**
- *Goteo*                      **1**

$P_p$  = Pérdida de producto, en costo relativo

- *Alta*            *Pérdidas para la empresa*            **4**
- *Media*        *Costos representativos*                **3**
- *Baja*         *Costos ínfimos*                         **2**

$F_p$  = Factor de presión. En función de la Presión segura de operación.

- *Alto*                    *Sobrepasa los límites de operación segura*            **5**
- *Medio*                *Cercano a límites de operación segura*                **3**
- *Bajo*                 *Mantiene límites de operación segura*                 **1**

$D_{\text{expt-f}}$  = Potencial de daño por explosión o fuego.

- *Explotar súbitamente (debajo de 25°C)*                    **5**
- *Explotar en caso de choque o calentamiento*            **4**
- *Inestable en caso de cambio químico violento (menos de 93°C)*    **3**
- *Inestable en caso de calentamiento (Más de 93°C)*        **2**
- *Estable*    **0**

$T_x$  = Toxicidad del producto, con respecto al riesgo de salud.



- *Mortal* 5
- *Muy peligroso* 3
- *Peligroso* 1
- *Sin riesgo* 0

$L_c$  = Localización de clase del componente

- *Clase 4* 4
- *Clase 3* 3
- *Clase 2* 2
- *Clase 1* 1

$E_{f\text{ proc}}$  = Efecto de falla en el proceso. Considera el impacto operacional en las operaciones y producción, y el costo que amerita el mismo.

- *Parada inmediata de bombeo y producción* 5
- *Parada parcial e influye en otros equipos* 4
- *Impacta en niveles de producción / calidad* 3
- *Implica en costos operacionales adicionales* 2
- *Ningún efecto* 1

$t_{rep}$  = Tiempo de reparación de la falla

- *Alto* Repuestos y equipo especial, lejanía al punto 5
- *Medio* Requiere preparación y tiempo de traslado 3
- *Bajo* Cercanía logística y método simple 1

$A_{pa}$  = Amenaza a las persona y el medio ambiente.

- *Afecta a la seguridad humana y ambiental* **5**
- *Afecta instalaciones (Daños severos)* **4**
- *Daños menores* **3**
- *Daños reparables* **2**
- *Molestias mínimas a instalaciones o medio ambiente* **1**

$I_{so}$  = Ingeniería de Seguridad Operativa (Equipos de seguridad y monitoreo)

- *Alta* *Equipo y personal especializado* **5**
- *Media* *Equipos no especializados* **3**
- *Baja* *Mantenimiento equipos existentes* **1**

#### 4.3.2.3. *Elaboración de la Matriz de Riesgos Semicuantitativa*

Con los factores de probabilidad y consecuencia de fallas se aplicará en cada punto identificado del Poliducto, y los resultados realizados de esta se obtiene la Matriz semi-cuantitativa de riesgo del ducto como observamos en la Tabla 4-12.

Según los datos obtenidos de nuestra tabla, podemos dividir en tres tramos según su criticidad. Del tramo 0+000 hasta 125+400 de criticidad alta, de 131+100 hasta 222+300 de criticidad media y de 228+001 hasta 272+000 de criticidad baja.

Siendo el tramo de criticidad alta el de mayor prioridad y riesgo para mantenimiento y cambio de ser necesario. Ya que en la zona se obtuvieron los mayores puntajes por ser una zona sensible para datos a tubería con el medio que lo rodea.

Los datos de la tabla nos muestran prioridades de riesgo que se tienen en ciertos tramos de tubería, para así realizar su reparación y prevención en los sectores de alta consecuencia.

**Tabla 4-12: Matriz de Riesgo Semi- cuantitativa del poliducto**

ABCISA	Km	ALT (msnm)	Desgaste (%)	PROBABILIDAD DE FALLA									CONSECUENCIA DE FALLA										RIESGO	COORDENADA EN MATRIZ	CRITICIDAD
				FRECUENCIA DE FALLAS	CORROSION ACTUAL	PROBABILIDAD DE CORROSION X ANG	CONDICION ACTUAL	EFICACIA INSP ECCION	FRECUENCIAS PARADAS OPERATIVAS	REPARACIONES RECURRENTES	PROBABILIDAD DE FALLAS	MODULO DE FALLA	PERDIDA DE PRODUCTO	FACTOR DE PRESION	POTENCIAL DAÑO POR EXPL OSION /FUEGO	TOXICIDAD PRODUCTO	EFECTO DE FALLA EN PROCESO	LOCALIZACION COMPONENTE	TIEMPO DE REPARACION DE FALLA	AMENAZA A PERSONAS/ AMBIENTE	INGENIERIA EN SEGURIDAD OPERATIVA	CONSECUENCIA DE FALLA			
5+715	5,7	488,76	5	3	1	2	3	1	3	2	27	3	5	1	0	4	5	3	1	5	5	34	918	A2	BAJO
11+402	11,4	490,69	30	4	2	2	4	1	3	3	44	3	5	3	0	4	5	3	1	5	5	64	2816	B1	BAJO
17+108	17,1	434,85	55	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	10080	D4	ALTO
22+798	22,8	422,69	63	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	10080	D4	ALTO
28+502	28,5	489,03	45	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	2	5	5	149	10430	D4	ALTO
34+200	34,2	493,97	60	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	2	5	5	149	10430	D4	ALTO
39+900	39,9	498,91	7	5	1	1	2	1	3	3	45	2	5	1	0	4	5	3	3	5	5	39	1755	A3	BAJO
45+600	45,6	510,2	30	5	3	2	5	1	3	3	60	4	5	3	0	4	5	3	3	5	5	89	5340	B3	MEDIO
51+300	51,3	520,3	42	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	4	0	4	5	3	3	5	5	129	9030	C4	ALTO
57+001	57	526	25	5	2	2	5	1	3	3	60	4	5	2	0	4	5	3	3	5	5	69	4140	B3	MEDIO
62+700	62,7	527,02	34	5	2	2	4	1	3	4	60	4	5	4	0	4	5	3	3	5	5	109	6540	C3	MEDIO ALTO
68+403	68,4	522,84	12	5	1	2	3	1	3	2	45	2	5	1	0	4	5	3	2	5	5	34	1530	A2	BAJO
74+101	74,1	518,66	50	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	2	5	5	149	10430	D4	ALTO
79+800	79,8	524,08	58	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	10080	D4	ALTO
85+500	85,5	531,3	70	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	10080	D4	ALTO
91+199	91,2	531,6	34	5	3	2	5	1	3	4	65	4	5	4	0	4	5	3	1	5	5	99	6435	B4	MEDIO
96+900	96,9	505,95	59	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	10080	D4	ALTO
102+600	102,6	478,35	65	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	10080	D4	ALTO
108+300	108,3	466,49	34	5	3	2	5	1	3	4	65	4	5	4	0	4	5	3	2	5	5	104	6760	C3	MEDIO ALTO
114+002	114	460,52	64	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	2	5	5	149	10430	D4	ALTO
119+700	119,7	454,55	66	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	2	5	5	149	10430	D4	ALTO
125+400	125,4	451,91	55	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	3	5	5	154	10780	D4	ALTO

131+100	131,1	493,3 3	<b>34</b>	3	2	1	3	1	3	4	33	4	5	4	0	4	5	3	3	5	5	109	<b>3597</b>	C2	MEDIO
136+800	136,8	534,7 5	<b>25</b>	3	2	1	3	1	3	3	30	3	5	2	0	4	5	3	3	5	5	59	<b>1770</b>	B2	BAJO
142+500	142,5	590,3 4	<b>45</b>	3	3	1	4	1	3	5	39	5	5	5	0	4	5	3	3	5	5	154	<b>6006</b>	B3	MEDIO
148+200	148,2	664,0 8	<b>65</b>	4	3	2	5	1	3	5	56	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>8064</b>	C4	ALTO
153+900	153,9	737,8 3	<b>70</b>	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>10080</b>	D4	ALTO
159+600	159,6	744,2	<b>19</b>	3	2	1	3	1	3	2	27	2	5	2	0	4	5	3	1	5	5	39	<b>1053</b>	A1	BAJO
165+300	165,3	716,4 5	<b>14</b>	3	2	1	3	1	3	2	27	2	5	2	0	4	5	3	1	5	5	39	<b>1053</b>	A1	BAJO
171+004	171	782	<b>25</b>	3	2	1	3	1	3	3	30	2	5	2	0	4	5	3	1	5	5	39	<b>1170</b>	A1	BAJO
176+700	176,7	837,7 5	<b>63</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>6048</b>	D2	MEDIO
182+400	182,4	870,4 3	<b>10</b>	3	1	1	2	1	3	2	24	1	5	1	0	4	5	3	1	5	5	24	<b>576</b>	A1	BAJO
188+100	188,1	903,1 1	<b>58</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>6048</b>	C2	MEDIO
193+600	193,6	939,5 6	<b>63</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>6048</b>	C2	MEDIO
199+500	199,5	981,4 5	<b>70</b>	5	3	2	5	1	3	5	70	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>10080</b>	D4	ALTO
205+200	205,2	979,8	<b>66</b>	4	3	2	5	1	3	5	56	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>8064</b>	D3	ALTO
210+900	210,9	974,1	<b>55</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	3	5	5	154	<b>6468</b>	D2	MEDIO
216+600	216,6	968,4	<b>40</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	4	5	4	0	4	5	3	3	5	5	109	<b>4578</b>	C2	MEDIO
222+300	222,3	962,7	<b>65</b>	4	3	2	5	1	3	5	56	5	5	5	0	4	5	3	3	5	5	154	<b>8624</b>	D3	ALTO
228+001	228	964,5	<b>60</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	3	5	5	154	<b>6468</b>	C1	MEDIO
233+700	233,7	971,8 3	<b>48</b>	3	3	1	4	1	3	5	39	5	5	4	0	4	5	3	1	5	5	119	<b>4641</b>	B1	MEDIO
239+400	239,4	979,5 8	<b>59</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>6048</b>	C1	MEDIO
245+100	245,1	987,3 4	<b>30</b>	1	2	1	3	1	3	3	10	3	5	3	0	4	5	3	1	5	5	64	<b>640</b>	A1	BAJO
250+800	250,8	987,3 1	<b>60</b>	3	3	2	5	1	3	5	42	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>6048</b>	C1	MEDIO
256+100	256,5	939,6 3	<b>2</b>	1	1	1	2	1	3	1	7	1	5	1	0	4	5	3	1	5	5	24	<b>168</b>	A1	BAJO
262+200	262,2	891,9 6	<b>28</b>	1	2	1	3	1	3	3	10	3	5	3	0	4	5	3	1	5	5	64	<b>640</b>	A1	BAJO
267+900	267,9	844,2 9	<b>13</b>	1	1	1	2	1	3	2	8	1	5	2	0	4	5	3	1	5	5	29	<b>232</b>	A1	BAJO
271+000	271	818,3 6	<b>51</b>	2	3	2	5	1	3	5	28	5	5	5	0	4	5	3	1	5	5	144	<b>4032</b>	C1	MEDIO

Fuente: Elaboración propia

El tramo que tiene mayor riesgo pasa por sectores del monte, en el cual las condiciones ambientales no son muy favorables para el ducto, dando un resultado del mismo un mayor riesgo de daño.

#### 4.4. ANÁLISIS DE RIESGOS

“La Matriz Semi-cuantitativa de Riesgos en un poliducto toma en cuenta la probabilidad de ocurrencia de una falla, así como consecuencias de la misma, calculando su riesgo en cada punto analizado.” Terán, (2016). Con estos datos se puede realizar una Matriz de criticidad, donde en el eje vertical esta la Probabilidad de falla y en el eje horizontal Consecuencia de falla, esta matriz aplicada con los datos del poliducto Santa Cruz – Camiri nos permitirá sacar una matriz de criticidad.

La Figura 4-7 es un ejemplo de Matriz de Riesgos obtenida de los datos analizados, la cual nos permite visualizar las fallas y consecuencias más graves a las de menor consecuencia. Por lo que con esto podemos priorizar las reparaciones y los futuros mantenimientos para las mismas. Esta matriz nos ayuda a tener una percepción rápida del nivel de riesgo que se tiene en el poliducto. Estos rangos que nos permiten priorizar están establecidos en la norma API 580. Bajo (verde), Medio (Amarillo), Medio-alto (naranja) y Alto (rojo).

**FIGURA 4-7:Matriz de criticidad**

5 100	3800	7600	11400	15200	19000
4 80	3040	6080	9120	12160	15200
3 60	2280	4560	6840	9120	11400
2 40	1520	3040	4560	6080	7600
1 20	760	1520	2280	3040	3800
	A	B	C	D	E
	38	76	114	152	190

**Fuente:** Elaboración propia

En nuestro poliducto de prueba obtenemos tres sectores específicos de bajo, medio y alta criticidad, con lo cual podemos realizar una sectorización por prioridad para programar trabajos que permitan una vida útil de la tubería más larga.

#### 4.5. PLAN DE ADMINISTRACION DE INTEGRIDAD DE POLIDUCTOS

##### 4.5.1. ADMINISTRACION DE INTEGRIDAD DE POLIDUCTOS

El mantenimiento convencional de poliductos se lo realiza aplicando las tres fases del mantenimiento: predictivo, preventivo y correctivo.

###### 4.5.1.1. *Mantenimiento predictivo*

Las actividades predictivas proporcionan información de las condiciones físicas de los poliductos por medio de ensayos no destructivos. La Tabla 4-13 detalla los tipos de inspección directa que se pueden realizar al poliducto.

#### Inspección directa

**Tabla 4-13: Tipos de inspección directa**

<b>INSPECCIÓN VISUAL</b>	Los defectos detectables por Inspección Visual incluyen: picaduras, abolladuras, entallas, fugas, defectos externos de uniones soldadas, anomalías en soportaría, deformación, pliegues, defectos de recubrimiento, vibración y contacto físico con cuerpos y estructuras.
<b>LÍQUIDOS PENETRANTES</b>	Permite detectar ubicar y dimensionar discontinuidades superficiales en conexiones de accesorios y juntas soldadas de tuberías, como poros, picaduras y en tallas agudas. El líquido revelador es un polvo en suspensión que se aplica con aerosol en forma de rocío.
<b>PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</b>	Aplica a todos los materiales ferrosos, excepto los aceros austeníticos (acero comercial). Primeramente, el área a examinarse es magnetizada y a continuación se aplican partículas ferromagnéticas finamente divididas.  Durante el desarrollo normal del examen, estas partículas se acercan
<b>ULTRASONIDO</b>	Permite detectar y dimensionar discontinuidades internas de carácter planar que presenten un área lo suficientemente grande para producir la reflexión de un haz ultrasónico introducido en forma perpendicular (haz recto) u oblicua (haz angular) a la pared del componente.

<b>RADIOGRAFÍA</b>	Este método aprovecha la facilidad con que los rayos X o gama pueden penetrar materiales opacos. Si existe una falla, esta aparece más clara.
<b>EMISIÓN ACÚSTICA</b>	Es una técnica dinámica; esto significa que detecta la actividad de un defecto bajo la acción de una carga, presión o esfuerzo. Su principio es el siguiente: al activarse un defecto, se producen vibraciones mecánicas elásticas, o sea ondas acústicas, en el material las cuales son detectadas.

**Fuente:** Elaboración propia

Con la finalidad de localizar y dimensionar los defectos en un ducto para evaluar el riesgo de falla y poder determinar el tipo de reparación, se requiere de inspecciones no destructivas, siendo las recomendadas como observamos en la Tabla 4.13.

#### 4.5.1.2. *Mantenimiento preventivo*

Las actividades preventivas son la base para conservar la integridad de los Ductos entre ellas se describe el control de la corrosión, en el cual se tienen implementar medidas para el control de la corrosión interna y externa de la tubería, de acuerdo a las condiciones del sistema, medio en el cual se encuentre y a lo indicado en este apartado. El diseño y aplicación de procedimientos para el control de la corrosión debe realizarse por personal experimentado. En muchos casos el control de la corrosión requiere de la experiencia del personal encargado del diseño, operación y mantenimiento de las tuberías, así como aplicar medidas eficientes para mitigar este efecto.

#### **Control de la corrosión externa.**

El control de la corrosión externa de tubería aérea o enterrada y de sus componentes, así como la relocalización, reemplazo y otro tipo de cambios en los sistemas de tuberías existentes; se realiza mediante la aplicación de un recubrimiento anticorrosivo, complementado con un sistema de protección catódica. A continuación, en la Tabla 4-14 se observa los procedimientos para el control de corrosión externa.

**Tabla 4-14: Procedimientos para el control de corrosión externa**

<p>RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO</p>	<p>Los recubrimientos de protección anticorrosiva utilizados en tubos aéreos o enterrados y sus componentes deben tener las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir los efectos de la corrosión.</li> <li>• Tener una buena adherencia con la superficie metálica, evitando la migración de la humedad bajo el recubrimiento.</li> <li>• Tener la capacidad para resistir los manejos durante el transporte e instalación del tubo, así como las deformaciones durante la operación del ducto.</li> <li>• Tener propiedades compatibles con cualquier protección catódica complementaria.</li> <li>• Tener suficiente ductilidad para resistir el agrietamiento.</li> </ul>
<p>AISLAMIENTO ELÉCTRICO</p>	<p>Los sistemas de tubería enterrados, se encuentran aislados eléctricamente en las interconexiones con otros sistemas, excepto cuando se tomen medidas para proporcionar una protección catódica mutua o cuando las estructuras metálicas subterráneas estén eléctricamente interconectadas y protegidas catódicamente como unidad</p>
<p>POSTES DE TOMA DE POTENCIALES</p>	<p>Para el monitoreo y control de la corrosión exterior existen postes de toma de potenciales conforme al diseño del sistema de protección catódica.</p>



<p>CONTROL DE LA CORROSIÓN EXTERNA PARA TUBERÍA EXPUESTA A CONDICIONES ATMOSFÉRICAS</p>	<p>Los sistemas de tuberías expuestos a condiciones atmosféricas están protegidos contra la corrosión externa por medio de la aplicación de recubrimientos anticorrosivos.</p>
---	--

**Fuente:** Elaboración propia

### **Control y monitoreo de la corrosión interna**

Para el monitoreo de corrosión interna, en coordinación con YPFB Corporación, se realizará las evaluaciones de corrosión interna en ductos para transporte de líquidos. A continuación, en la Tabla 4-15 se observa los procedimientos para el control de corrosión interna:

**Tabla 4-15: Procedimientos para el control de corrosión interna**

<p><b>ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA ARRASTRADA POR EL DERIVADO DE PETRÓLEO</b></p>	<p>En laboratorio certificado se analizará el agua retirada de los tanques de los Contratistas hacia los tanques de recepción.</p> <p>Pruebas a realizar: contenido de CO<sub>2</sub>, contenido de H<sub>2</sub>S, contenido de O<sub>2</sub>, presencia de agua, contenido de cloruros, hierro y control bacterial, y Manganese, conforme a las respectivas normas ASTM.</p>
<p><b>EVALUACIÓN DE LOS SECTORES CON BAJO PERFIL TOPOGRÁFICO</b></p>	<p>Al menos en tres puntos de cada uno de los ductos se realiza anualmente, la medición de espesores por ultrasonido, se han marcado cuadrículas que significan 100 puntos de medición fijos, en la posición horaria de entre las 5 y 7 horas (parte baja). Las mediciones comparativas en el tiempo permitirán calcular la velocidad de corrosión en el periodo. Se ha considerado una periodicidad anual de las mediciones.</p>

<p><b>EVALUACIÓN DE TRAMOS RETIRADOS DE LOS POLIDUCTOS</b></p>	<p>Se continuará la evaluación del interior mediante corte longitudinal desde el diámetro horizontal, así como determinación en laboratorio autorizado de la composición química de los sólidos encontrados. Periodicidad: Eventual.</p>
<p><b>SCANEO POR TÉCNICA DE BAJA FRECUENCIA ELECTROMAGNÉTICA</b></p>	<p>En sectores tubulares de bajo perfil topográfico, en la posición horaria de entre las 4:30 y las 7:30 horas se efectúan medición de espesores mediante técnica de baja frecuencia electromagnética. Periodicidad: Anual</p>
<p><b>EVALUACIÓN DE LOS TRAMOS ENTERRADOS DE LOS POLIDUCTOS MEDIANTE TÉCNICA DE ONDAS GUIADAS.</b></p>	<p>Método indirecto de medición de espesores que permite evaluar el estado de la tubería en sectores enterrados sin la necesidad de excavar, estos tramos deben ser cortos, del orden de 30 metros. Periodicidad: Cada 5 años.</p>
<p><b>CONTROL DE CORROSIÓN POR PARTE DE CONTRATISTAS</b></p>	<p>El control de la corrosión interna de los oleoductos se inicia desde los actualmente administrados por compañías contratistas. Las Cías. Contratistas que administran los pozos de producción han iniciado la emisión de informes del control de corrosión interna, los cuales será de regularidad semestral. El informe debe contener los programas de tratamiento anticorrosivo, inyección de inhibidores y biocidas, incluyendo la dosificación utilizada.</p>
<p><b>MONITOREO DE CORROSIÓN INTERNA POR CUPONES Y PROBETAS DE CORROSIÓN.</b></p>	<p>Consiste en la instalación y controles de cupones y probetas de corrosión en sectores de los poliductos con perfil geográfico bajo.</p>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.1.3. *Mantenimiento correctivo*

Un poliducto es considerado seguro cuando puede mantener el contenido dentro del mismo durante el periodo de vida para el que fue construido. Para garantizar la seguridad en el transporte se debe realizar mantenimientos correctivos durante la operación siendo éstos los siguientes:

- Protección mecánica exterior.
- Protección catódica.
- Reparaciones programadas
- Reparaciones emergentes

#### 4.5.2. **Protección mecánica exterior**

La protección mecánica exterior en un poliducto tiene gran importancia en el estudio de integridad, ya que las paredes externas están expuestas al medio ambiente que las rodea o simplemente al aire libre, y suele ser la principal fuente de corrosión que exista en estos medios, por consiguiente, estas paredes tienen que aislarse por medio de protecciones anticorrosivas que eviten que dañen prematuramente las paredes externas del ducto; ya que de manera que si llegase a presentarse la corrosión en las paredes externas puede llegar a traspasar hasta las paredes internas también.

Existe una gran variedad de recubrimientos anticorrosivos, el más importante es el que se ha desarrollado para tuberías y otras estructuras susceptibles de ser protegidas catódicamente, y que además han encontrado aplicación en las diferentes industrias.

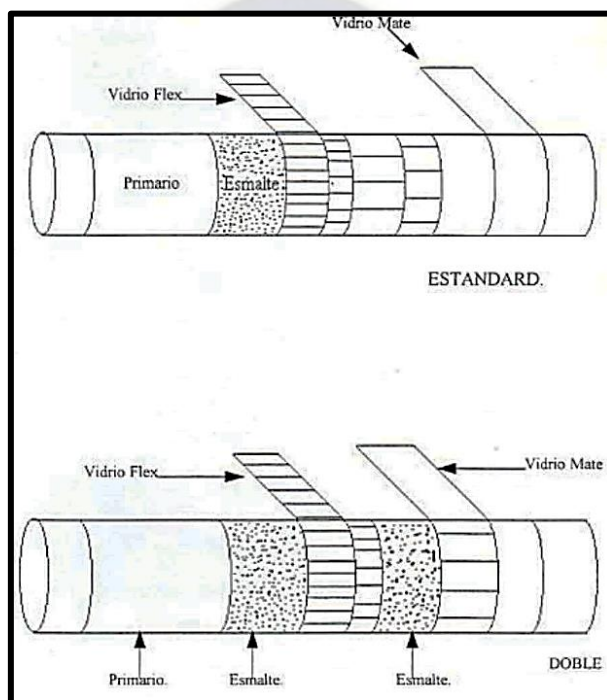
A continuación, se describen los sistemas más comunes.

##### 4.5.2.1. *Sistema primario, esmalte, enrollado (simple o doble).*

Este sistema se usa ampliamente para recubrir tuberías enterradas, consiste en la aplicación, previa a la limpieza de la tubería, de una pintura base la cual se aplica en forma de película

con un espesor aproximado de 0.076mm. La temperatura del esmalte debe ser tal que permita su aplicación en forma de película continua a un espesor mínimo de 2.462mm., una vez que haya sido reforzado con una capa de fibra de vidrio, por lo general la temperatura está comprendida entre 200 y 240°C. En la figura 4-8 se muestra un sistema de recubrimiento estándar y un doble para tuberías.

**FIGURA 4-8: Sistema de recubrimiento estándar y doble para tuberías**



Fuente: Manuales, Petroperú 2015

#### 4.5.2.2. Sistema epoxi.

Este sistema se usa en casi todos los tanques de almacenamiento y de deshidratación de petróleo crudo. El sistema consiste en la aplicación, previa limpieza de las superficies metálicas, de 2 capas de recubrimiento epóxico modificado con alquitrán de hulla, a un espesor final de película seca de 0.812mm. (0.032”) mínimo.

Recubrimiento de uso específico:

*Cubiertas de alquitrán de hulla y asfaltos.* - Sistema constituido por primario, esmalte y refuerzo de fibra, resiste al ataque químico de ácidos y álcalis, es impermeable y tiene compatibilidad con los sistemas de protección catódica.

*Polietileno.* - Se emplea en forma de cinta o extruido, formando una barrera entre el medio y la estructura, pero tiene poca resistencia al impacto. En la actualidad no se cuenta con un revestimiento a largo plazo, por lo que su uso es restringido.

*Cloruro de polivinilo.* - Resiste soluciones concentradas de sales y álcalis a temperaturas hasta de 110°C, ácidos concentrados y no es tóxico.

*Fenólicos.* - Recubrimientos duros, brillantes y muy adherentes, su resistencia a solventes, medios ácidos y alcalinos es moderada, no se recomienda para inmersión continua. Pueden combinarse con resinas epóxicas para mejorar sus características de resistencia química.

*Recubrimientos epóxicos en polvo.* - Se aplican sobre la superficie metálica a temperatura de fusión del recubrimiento. Empiezan a tener aplicación en exteriores de tuberías enterradas que transportan fluidos, sobre todo los que tienen temperaturas superiores a los 80°C, son compatibles con sistemas de protección catódica y presentan mejor protección anticorrosiva que los epóxicos convencionales. Requieren de equipo especial, tanto para la aplicación como para el curado, ya que necesitan temperaturas superiores a los 200°C, por lo que solo pueden aplicarse en la gestión de integridad

Estos son algunos de entre tantos tipos de recubrimientos anticorrosivos que nos permiten combatir la corrosión mediante su aplicación en poliductos que transportan hidrocarburos. Recordando que la aplicación de dichos recubrimientos lleva una técnica previa específica que nos garantizará una buena y segura protección contra este fenómeno.

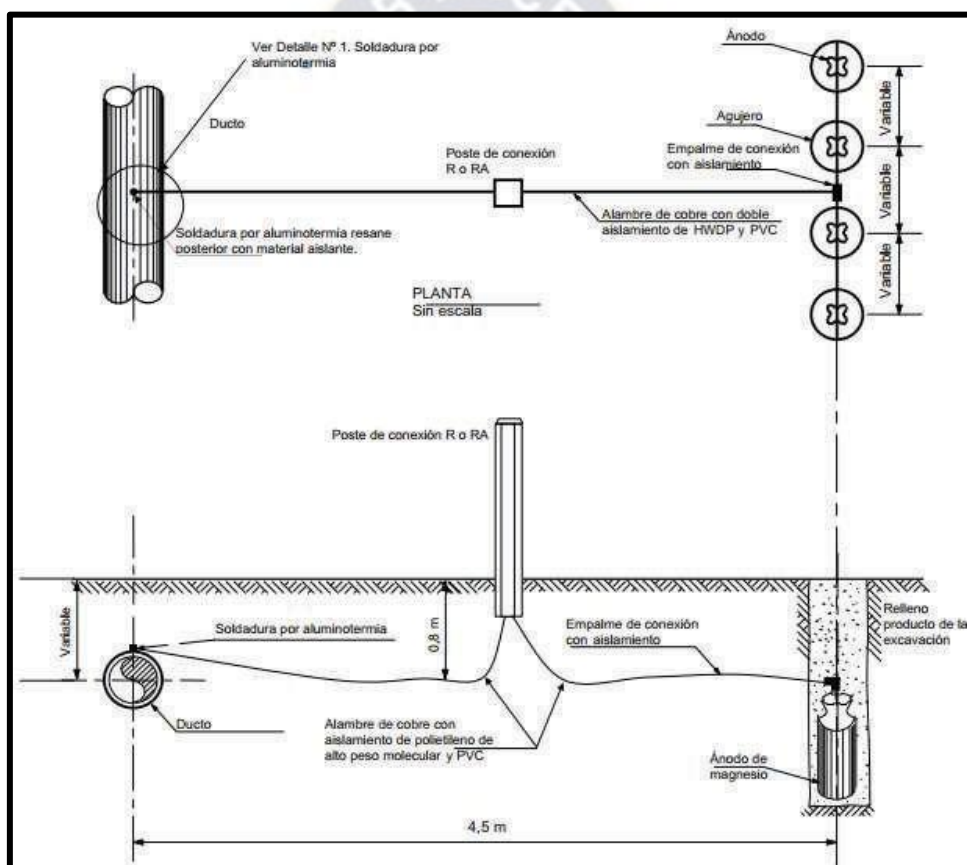
#### **4.5.3. Protección catódica**

La protección catódica se puede definir como una técnica que detiene o reduce la corrosión de un metal en contacto con un electrolito, haciendo que todo el metal se comporte como un cátodo. La protección catódica, tiene su base en el hecho de que la corrosión de los

metales en presencia de un electrolito es de naturaleza electroquímica, esto es, que las estructuras metálicas enterradas se corroen por las pilas locales que hay sobre su superficie.

Estas pilas están constituidas por áreas anódicas donde tiene lugar la disolución del metal y áreas catódicas, donde ocurre la reducción de algún constituyente del electrolito. Las dos reacciones se efectúan en la interface metal solución, con la siguiente transferencia de electrones a través del metal y de iones a través de la solución. La Figura 4-9 muestra este tipo de protección catódica con ánodos galvanizados.

**FIGURA 4-9: Protección catódica con ánodos galvanizados**

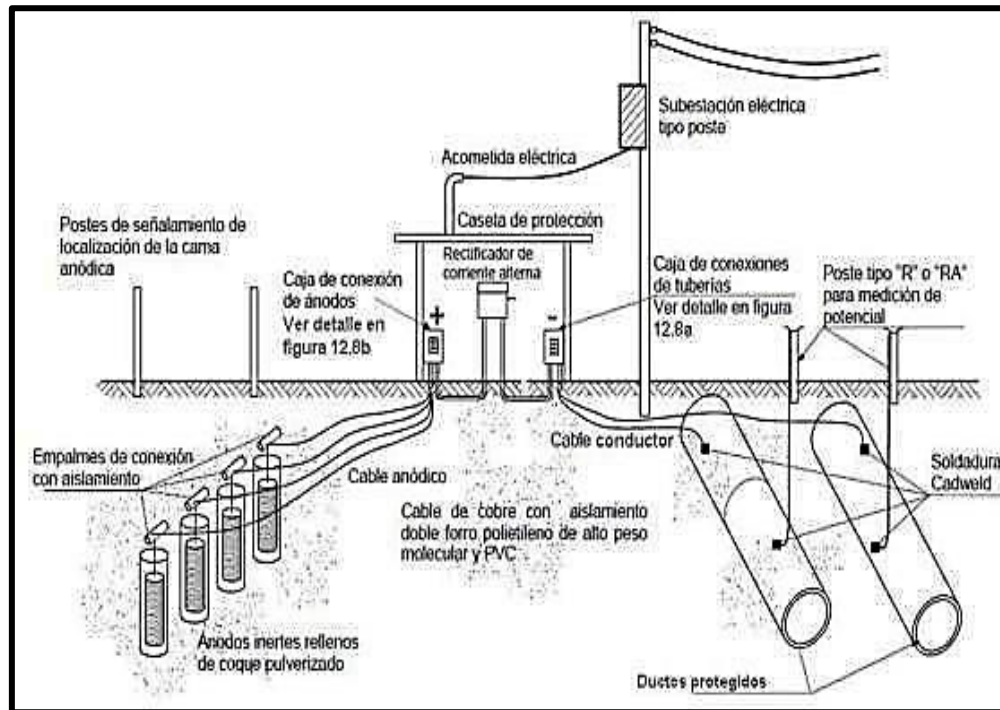


Fuente: Norma Pemex – 047

Por lo anterior, es fácil comprender que cuando toda la superficie de una estructura metálica forma un cátodo, no se corroe mientras se mantenga en esa condición. Para obtener una protección catódica completa de una estructura metálica, su potencial debe ser igual o menor que el potencial en circuito abierto del punto más anódico.

La corriente necesaria para establecer un sistema de protección catódica, puede obtenerse formando una pila eléctrica espontánea, usando ánodos de metales más activos o bien, mediante la impresión de corriente eléctrica por medio de una fuente de energía. La Figura 4-10 visualiza este tipo de protección catódica con corriente impresa.

**FIGURA 4-10: Protección catódica con corriente impresa**



Fuente: Norma Pemex – 047

Ambas técnicas son usadas en determinadas circunstancias en que se encuentre el poliducto a proteger. Por ejemplo, los ánodos galvánicos no requieren una corriente impresa, se usa en medios de baja resistividad y es despreciable la interferencia de estructuras vecinas. La corriente impresa requiere de una fuente externa, es aplicable a cualquier resistividad de terreno y es necesario considerar la interferencia con otras estructuras.

#### 4.5.4. Reparaciones en la tubería

En este ítem se procederá a dar una breve explicación de los mantenimientos que se deben realizar en un Poliducto.

#### 4.5.4.1. *Reparaciones programadas*

Las razones más importantes para tomar la decisión en la planificación para las reparaciones programadas se las especifica en la Tabla 4.16.

**Tabla 4-16: Razones para planificación de reparación programada**

<p><b>POR NATURALEZA LA RODEA</b></p> <p><b>LA QUE</b></p>	<p>1. Línea que cruza subterráneamente por debajo de ríos y riachuelos, los cuales en épocas invernales tienen altas crecidas y socavan rápidamente su cauce.</p>
	<p>2. Línea que cruza zonas de fallas geológicas en la que los asentamientos, deslizamientos y desplazamientos de grandes masas de suelo, le asientan o le desplazan a la tubería, la cual se tensiona.</p>
	<p>3. Acción de derrumbos y deslaves, especialmente en épocas de invierno, los cuales bajan violentamente con rocas, piedras y troncos y le golpean directamente a la línea aérea y/o le desplazan; produciéndole hendiduras, doblamientos o quedan rocas de gran magnitud, hincándole a la línea.</p>
	<p>4. Por corrosión de la tubería de la línea en sitios puntuales, por acción directa de la humedad, el agua u otras tuberías (OCP, SOTE, entre otras) muy cercanas a la línea del mayor diámetro, las cuales generan un campo magnético que acelera la corrosión.</p>
<p><b>POR POBLACIONES CERCANAS</b></p>	<p>1. Para dar paso al progreso de los pueblos orientales amazónicos, por las que cruza la línea del poliducto, construcción de calles y alcantarillados y potabilización.</p>
	<p>2. Cuando se ha golpeado la línea del poliducto las diferentes compañías petroleras o constructoras de la troncal amazónica o por poblaciones cercanas.</p>

**Fuente:** Elaboración propia

La mayoría de trabajos de reparación programada, son detectados en las inspecciones in situ. Las principales alternativas de reparación se describen en la Tabla 4-17.



**Tabla 4-17: Principales alternativas de reparación**

<b>CAUSAS</b>	<b>REPARACION</b>
<b>Por inestabilidad geológica.</b>	Estudio geológico y geotécnico del sector afectado. Realización de obras de drenaje. Ubicarlo a la línea aérea sobre marcos H (nuevos o reubicados) o sobre pie de amigo. Cambiar el tramo que esté demasiado tensionado.
<b>Por porosidades, hendiduras, hinchamientos, corrosión.</b>	<p>Dependiendo del daño se puede realizar lo siguiente:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Pastado de suelda en frío, que podría ser Belsona molecular o Metaltek (cumpliendo las especificaciones técnicas que viene en cada producto).</li> <li>2.- Ubicar full-raps (encamisados) que son de dos tipos:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a) Soldado</li> <li>b) Empernado</li> </ol> </li> <li>3.- Recubrimiento con polyken y tapado de la línea subterránea con saquillos de arena fina y posteriormente suelo natural.</li> </ol>
<b>Fisuras, doblamientos y hendiduras profundas</b>	Cambio del tramo de la línea afectada. En cruces de carreteras, proteger a la línea con kassingns (protecciones de tubería de mayor diámetro) y a los lados del cruce ubicar ventilas (aireadores verticales, según normas).
<b>Variantes de línea</b>	La línea tomará otra dirección diferente a la que está siguiendo originalmente, para evitar el paso por sectores inestables, peligrosos, pueblos en crecimiento, obras de infraestructura en general y así ayudar a los pueblos en su crecimiento u optimizar la seguridad al tomar la nueva ruta, para lo cual se deberá construir una nueva variante.
<b>Puentes elevados</b>	Son variantes aéreas o pasos elevados de línea, soportados sobre torres y asegurados por cimientos de anclaje, cables y tensores; para poder cruzar ríos y quebradas.

<p><b>Instalación de válvulas de control</b></p>	<p>Aumentar estratégicamente en ciertos sectores, algunos accesorios de control (válvula de bloqueo o compuerta de 6" y 4" ANSI 900, check o automáticas de 4" y 6" ANSI 900 y alivio o venteo de 4" y 6") para seccionar y optimizar de mejor manera las reparaciones programadas y especialmente las reparaciones emergentes, para aliviar el tramo que se debe reparar. Además, para controlar y proteger que no se contaminen los ríos, pantanos, lagunas y el medio ambiente.</p>
--	--

**Fuente:** Elaboración propia

#### 4.5.4.2. *Reparaciones emergentes*

Las reparaciones más comunes son los siguientes casos:

- a) Por perforaciones clandestinas

Las evidencias de las perforaciones clandestinas son las siguientes: tanqueros, bidones vacíos y llenos de combustible robado, mangueras, acoples, abrazaderas, válvulas de cierre rápido, hot tapping artesanales, llaves universales, bombas de achique, piscinas de contaminados, tubería de alta presión de 1 ½" y 2", etc. La Figura 4-11 visualiza un ejemplo de una tubería afectada por perforaciones clandestinas por parte de terceros.

**FIGURA 4-11: Tubería afectada por perforaciones de terceros**



**Fuente:** Periódico La Razón- Robo de carburantes

- b) Por desastres naturales (deslaves o derrumbos)

En épocas de intensas lluvias, se debilitan los suelos de ciertas áreas, y en varias zonas desprotegidas de los árboles, los cuales han sido talados indiscriminadamente y no ayudan a la resistencia del suelo; se produce el aflojamiento y desplazamiento de grandes masas de

suelo, ocasionando deslaves y afectando al poliducto que para por la zona afectada. La Figura 4-12 visualiza el caso suscitado en Camiri- Sucre de una tubería afectada por un desastre natural, en este caso un derrumbe.

**FIGURA 4-12: Poliducto afectado por derrumbe**



**Fuente:** El país online, Derrumbe afecta a poliducto Camiri- Sucre

c) Por golpes ocasionados por vehículos o maquinaria pesada

Vehículos que transitan y se desviaron de la vía impactándose en la línea del poliducto, o maquinaria pesada de las compañías privadas o constructoras de los Municipios, que realizan trabajos sobre la línea del Poliducto, suelen ser causantes de daños hacia los ductos que transportan derivados de petróleo. La Figura 4-13 visualiza la reparación de una tubería que se vió afectada en Villamontes por parte de maquinaria pesada no autorizada.

**FIGURA 4-13: Reparación de un poliducto afectado por daño ocasionado**



**Fuente:** El periódico digital, Ruptura de ducto en Villamontes

d) Por crecidas violentas de los ríos

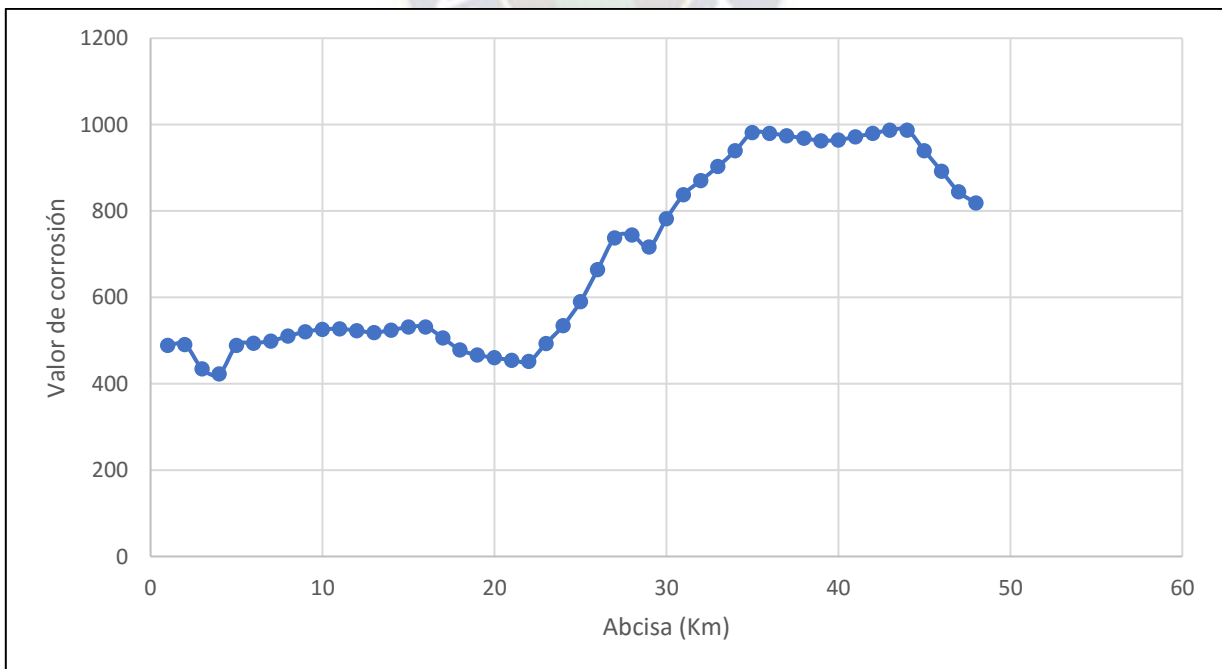
Este tipo de siniestros se suscita especialmente en época de lluvias torrenciales que ocurren en el Oriente, los cuales producen las altas crecidas de los ríos, y los cuales bajan a gran velocidad por pendientes, ocasionando que su cauce rompa el cruce de línea del poliducto, causando daños y desgaste a la tubería.

#### 4.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se pudo obtener los siguientes resultados:

- Se pudo determinar las secciones mayor probabilidad de falla, encontrando un total de 7 secciones de mayor riesgo y evidenciando gracias al análisis de datos probabilístico.
- Se pudo desarrollar la matriz de riesgos en todo el poliducto para poder determinar valores entre 11000 a 14000 para los riesgos más altos, 7000 a 10000 para riesgos intermedios y encontrando valores menores de 7000 para intervalos de riesgo menor.
- Con la matriz de riesgos se propone los métodos para reparación de fallas y administración del mantenimiento. Es importante recordar que el estudio es predictivo y se planea a través de la gestión de integridad de ductos, planes para prevenir fallas y accidente.

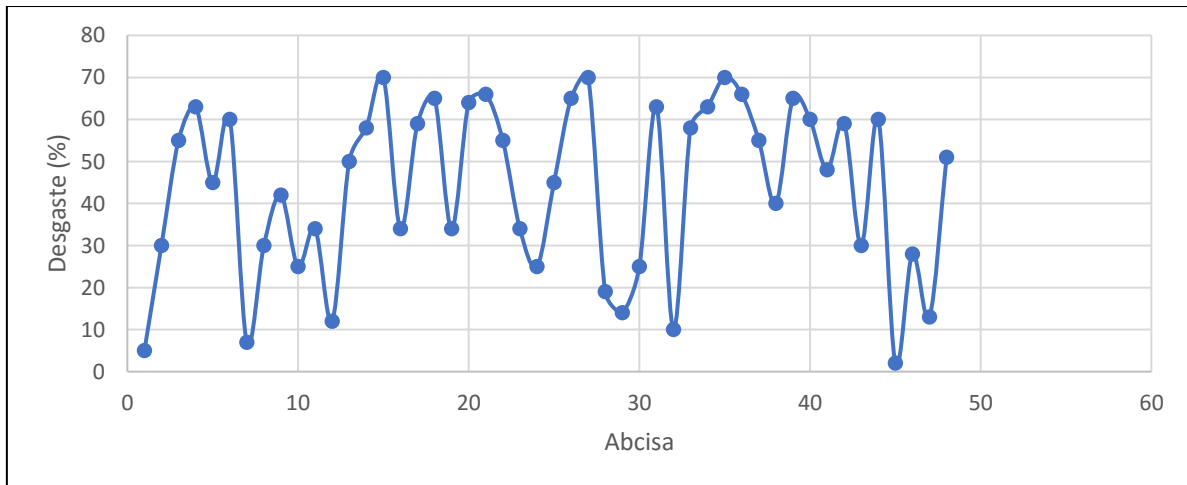
**FIGURA 4-14: Incremento del riesgo de corrosión en los tramos**



**Fuente:** Elaboración Propia

En la anterior figura (Ver Figura 4-14), se observa que se pudo determinar la probabilidad de corrosión del poliducto y se observa que se va incrementando a lo largo de los tramos, es necesario implementar más control y reparaciones en el sistema aplicando la Gestión de Control de ductos.

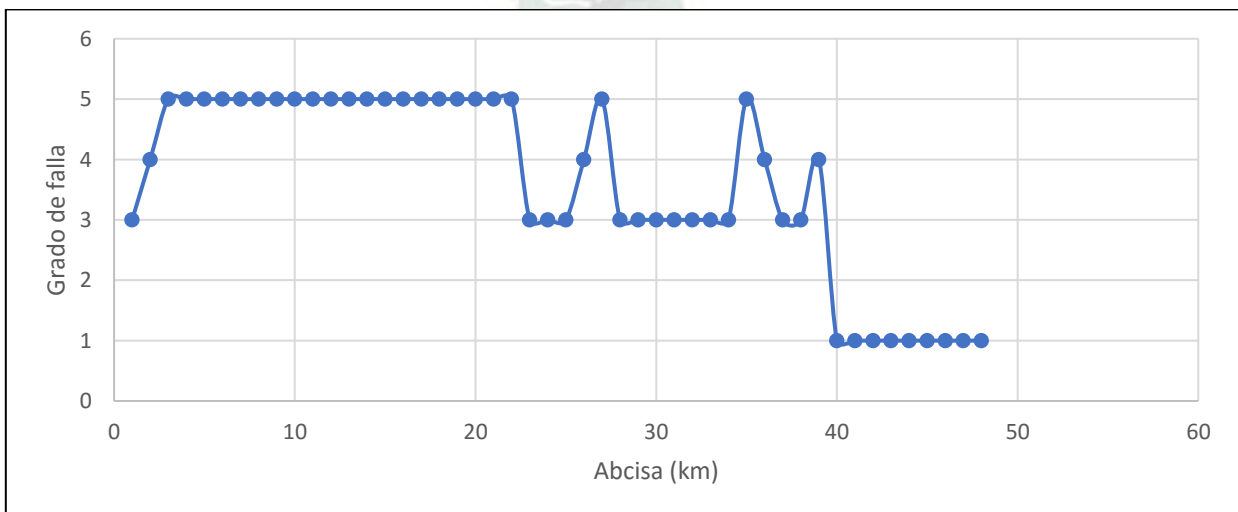
**FIGURA 4-15: Desgaste**



**Fuente:** Elaboración Propia

En la anterior figura (Ver Figura 4-15) se demuestra que se determinó el desgaste de todo el poliducto y se demuestra que el flujo y paso del mismo es inestable, por tanto, necesita mantenimiento.

**FIGURA 4-16: Fallas en el poliducto**



**Fuente:** Elaboración Propia

En la anterior figura (Ver Figura 4-16) se demuestra que el poliducto presenta una serie de fallas de integridad física, corroborando así nuevamente que este poliducto necesita de mantenimiento preventivo antes de que el poliducto presente problemas de ruptura y afecte a sus alrededores.



## CAPITULO V

### ANÁLISIS DE COSTOS

#### 5.1. ANÁLISIS ECONÓMICO

La presentación de este proyecto permite determinar la conveniencia o no de utilizar recursos destinados a la ejecución del mismo.

##### 5.1.1. Costo de la inspección de la herramienta instrumentada

El análisis de costos por el uso del equipo de la herramienta inteligente “MFL” Fuga por Flujo Magnético para la tubería de 4” tramo Santa Cruz Camiri expresando en moneda nacional (Bs.) y en dólares americanos es detallado en la Tabla 5-1.

**Tabla 5-1: Costo de la inspección del ducto tramo Santa Cruz – Camiri**

Concepto	Cantidad	Precio Unitario	Moneda Nacional	Precio Unitario	U.S.D
<b>Mano de obra</b>					
Ingeniero Mecánico- Electrónico	1	Bs6.872,51	Bs6.872,51	\$ 987,43	\$ 987,43
Especialista en corrida de Herramienta Inteligente MFL	1	Bs5.317,30	Bs5.317,30	\$ 763,98	\$ 763,98
Ayudante general	4	Bs2.017,01	Bs8.068,03	\$ 289,80	\$ 1.159,20
<b>SUBTOTAL</b>			Bs20.257,84		\$ 2.910,61
<b>Equipo</b>					
Equipo de Herramienta Inteligente “MFL Pig” de 4"	1	Bs48.252,35	Bs48.252,35	\$ 6.932,81	\$ 6.932,81
Equipo de Computo	1	Bs7.017,48	Bs7.017,48	\$ 1.008,26	\$ 1.008,26
Software Interpretación de datos "fallas"	1	Bs6.622,92	Bs6.622,92	\$ 951,57	\$ 951,57
Equipo DUMMY de 4"	1	Bs14.675,92	Bs14.675,92	\$ 2.108,61	\$ 2.108,61
Camión grúa	1	Bs972,73	Bs972,73	\$ 139,76	\$ 139,76
<b>SUBTOTAL</b>			Bs77.541,40		\$ 11.001,25
<b>Materiales</b>					
Varios	1	Bs4.198,34	Bs4.198,34	\$ 603,21	\$ 603,21
<b>SUBTOTAL</b>			Bs4.198,34		\$ 603,21
<b>TOTAL</b>			Bs101.997,58		\$ 14.515,06

Fuente: TD, Williamson, 2019

El precio unitario se establece como \$ 1.500 por cada kilómetro. En la Tabla 5-2 se especificará el costo total de la inspección con la herramienta inteligente MFL PIG el cual está expresado en dólares americanos.

**Tabla 5-2: Costo total de la inspección en PCSZ-1**

Precio Unitario / km	Distancia total del poliducto (km)	Total
\$ 1.500,00	272	\$ 408.000,00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>\$ 408.000,00</b>

**Fuente:** Juan Hurtado, YPFB Transporte S.A., 2019

Como se puede verificar en la Tabla 5-2 la distancia de inicio a fin del poliducto que abarca desde la Estación Cabecera Palmasola- Santa Cruz (inicio) hasta la Estación Terminal Chorety -Camiri (fin) es de 272 kilómetros, el costo total de la inspección de la tubería fue de \$ 408.000,00 (cuatrocientos ocho mil dólares americanos).

### 5.1.2. Costo de reparación de los tramos identificados con criticidad alta

Tomando en cuenta que los tramos con un nivel de criticidad medio alto y alto fueron identificados, se debe considerar que los mismos deben tener el mantenimiento preventivo correspondiente (eligiendo que sea la reparación por protección catódica), con el fin de evitar que algún suceso por ruptura o fractura del poliducto sea motivo de costos elevados por remediación, multas e indemnización.

Por esta razón, en la Tabla 5-3 se puede visualizar el detalle del costo total de reparación del poliducto Camiri, considerando la longitud total del ducto que debe ser reparado oportunamente.

**Tabla 5-3. Costo de reparación por protección catódica**

Longitud Total de ducto a reparar (km)	Protección catódica	Costo de reparación (USD/km)	Costo total de reparación	
114	Materiales protección catódica	2.500	\$ 285,000.00	
	Protección catódica-Pig Trap	400	\$ 45,600.00	
<b>Válvulas en el PCSZ-1</b>	12	Protección catódica-válvulas	100	\$ 1,200.00
<b>COSTO TOTAL</b>			<b>\$ 331,800.00</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

El precio unitario de reparación se establece como \$ 2.910,5 por cada kilómetro. Como se puede verificar en la Tabla 5-3 la longitud total a realizar el mantenimiento correspondiente es de 114



kilómetros, el costo total de la reparación de la tubería será de \$ 331,800.00 (trescientos treinta y un mil ochocientos dólares americanos).

Según el último informe que se tuvo de YPFB transportes actualmente el presupuesto ejecutado en mantenimiento de este poliducto es:

**Tabla 5-4: Presupuesto en mantenimiento programado y ejecutado en gestión 2018**

DUCTOS	PROGRAMADO (USD)	EJECUTADO (USD)	%
OCOLP	\$ 274.889,60	\$ 265.738,23	96,67%
PCPV	\$ 86.124,16	\$ 96.255,13	111,76%
PCSZ-1	\$ 169.984,70	\$ 200.638,85	118,03%
PCS	\$ 268.102,45	\$ 291.731,75	108,81%
PSP	\$ 95.163,87	\$ 82.721,60	86,93%
PVT	\$ 106.200,67	\$ 115.084,44	108,37%
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1.000.465,45</b>	<b>\$ 1.052.170,00</b>	<b>105,17%</b>

Fuente: YPFB TRANSPORTE, Memoria Anual 2018

Como se puede evidenciar el mantenimiento ejecutado del poliducto PCSZ-1 tiene un valor de \$ 200.638,85 (Doscientos mil seiscientos treinta y ocho dólares americanos), por lo que el mantenimiento en esta gestión ascendería hasta \$ 364.800,00 es decir, un 82% más de lo anteriormente ejecutado. Cabe recalcar que en 2017 la administración de los poliductos por parte de YPFB Logística pasó a manos de YPFB Transporte, y este a su vez ejecutó proyectos para los distintos poliductos y a proyectos de gestión social y ambiental.

### 5.1.3. Costos ante un derrame de carburantes por ruptura de tubería

Se debe analizar cuáles son los costos que implica un posible derrame de carburantes a causa de la ruptura de una tubería. Cada derrame debe ser evaluado independientemente por las características propias del evento. En tal sentido, al momento realizar los estudios correspondientes a cada escenario, se toman varios factores para determinar los costos y el riesgo para cada operación. Entre ellos están el tiempo de permanencia del hidrocarburo en contacto con el suelo antes de ser contenido y recuperado; un análisis del tipo de suelo afectado; la presencia/ausencia de cuerpos de agua; el/los tipo(s) de hidrocarburo(s) derramado(s); la disponibilidad de recursos y las condiciones logísticas desde y hacia los puntos de trabajo; la calidad, cantidad y disponibilidad de personal operativo necesario; las tareas operativas necesarias para desarrollar los procesos de evacuación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los residuos, entre otros.

Para el caso de los derrames ocurridos en el oriente boliviano, resulta evidente que el grado de accesibilidad y la ausencia de algunos medios logísticos para acceder fácilmente a las áreas impactadas redundan directamente en dificultades para desarrollar los trabajos y, en consecuencia, en mayores costos de operación.

Junto con las características de acceso logístico limitado, las propiedades de sensibilidad ambiental de las áreas afectadas y la regulación ambiental local en materia de estándares de calidad ambiental para agua y suelo marcan una diferencia significativa con otros escenarios, países y operaciones de remediación.

Adicionalmente, en ambientes como los analizados, con presencia de bosques, lagunas, ríos y, las tareas de limpieza se deben realizar con el mayor cuidado. Por ello, resulta práctica común en la industria el contar con grandes contingentes de mano de obra que permitan realizar estos procesos de desbroce y limpieza selectivos, buscando siempre alcanzar los niveles de calidad ambiental establecidos por la autoridad ambiental boliviana.

En la Tabla 5-5, se detalla algunos costos que están dentro de un plan de acción ante un derrame de petróleo y sus derivados.

**Tabla 5-5. Costos ante un derrame de carburantes por ruptura de ducto**

Actividades	Precio promedio (USD/km)
Análisis de suelo contaminado	\$ 3.000,00
Alquiler de equipos para limpieza de aguas y suelos (considerando dos equipos)	\$ 10.000,00
Personal operativo especializado (equipo de 7 personas)	\$ 9.000,00
Logística operativa (evacuación, almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los residuos)	\$ 10.000,00
<b>Subtotal</b>	<b>\$ 32.000,00</b>
<b>Costo de acción ante un posible derrame en el poliducto PCSZ-1</b>	
<b>Longitud total de tramos con tendencia alta a ruptura de tubería (desgaste superior a 60%) (km)</b>	<b>Precio (USD/km)</b>
85	\$ 32.000,00
<b>COSTO TOTAL</b>	<b>\$2,720,000.00</b>

**Fuente:** Elaboración propia

El precio unitario de las actividades que se realizan ante un derrame de carburante se establece como \$ 32.000 por cada kilómetro. Como se puede observar en la Tabla 5-4, la longitud total de tramos con tendencia alta a una ruptura de tubería sería de 85 km, por lo que, en caso de que exista un derrame de carburantes en esos tramos, el costo de actividades ante este incidente tendría un costo total de \$ 2.720.000 (dos millones setecientos veinte mil dólares americanos).

#### 5.1.4. Beneficio del bombeo de carburantes en el poliducto

A continuación, en la tabla se detalla cómo se beneficia en el bombeo de derivados por el poliducto realizado sus estudios y los tramos corregidos por remediación de la tubería.

**Tabla 5-6. Beneficio del caudal de bombeo en el poliducto**

CAUDAL DE BOMBEO ANTES DEL ESTUDIO Y REMEDIACIÓN DE LA TUBERIA		
CAUDAL (BPH)	CAUDAL (BPD)	CAUDAL (AÑO)
93.54	2245	819425
CAUDAL DE BOMBEO DESPUÉS DEL ESTUDIO Y REMEDIACIÓN DE LA TUBERIA		
CAUDAL (BPH)	CAUDAL (BPD)	CAUDAL (AÑO)
154.17	3700	1350500
DIFERENCIA DE MEJORA EN UN AÑO		
CAUDAL (BPH)	CAUDAL (BPD)	CAUDAL (AÑO)
60.63	1455	531075

**Fuente:** Elaboración propia

En 4 años nos da un total de bombeo de 5.402.000 Bls, la cual beneficia a la empresa YPFB Transportes con respecto al diferencial de bombeo que tenía en los reportes anteriores antes de realizar el estudio de la inspección de la tubería con la herramienta inteligente MFL y su respectiva reparación de los tramos que presentaron puntos críticos.

#### Costo por operación limitante de operación

*Volumen ganado bombeado al año: 1.350.500 Barriles*

*GANADO AL AÑO: 531.075 Bls. × \$ 2.33 = \$ 1.237.404.75 dólares*

*GANADO EN LOS 4 AÑOS: 5.402.000 Bls. × \$ 2.33 = \$ 12.586.660 dólares.*

## 5.2. VALOR ACTUAL NETO

El valor actual neto (VAN) es un índice que nos permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja a futuro, gestados por una inversión. A dicho valor se le resta la inversión inicial, tal que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

La expresión que nos permite calcular el valor actual neto es:

$$VAN = \sum \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{Ecu. 5.1.}$$

Donde:

Vt = Flujos de caja en cada periodo t.

I<sub>0</sub> = Valor del desembolso inicial de la inversión.

K = Tipo de interés.

En la Tabla 5-7 se puede observar el cálculo realizado.

**Tabla 5-7. Cálculo del Valor Actual Neto**

<i>Inversión del proyecto total es:</i>		-\$ 739,800.00      Dólares
<b>AÑO</b>	<b>FLUJO NETO</b>	<b>VAN</b>
<b>0</b> <b>INVERSIÓN</b>	<b>\$ 739,800.00</b>	
1	\$ 1,237,404.75	\$ 1,085,442.76
2	\$ 1,237,404.75	\$ 952,142.77
3	\$ 1,237,404.75	\$ 835,212.96
4	\$ 1,237,404.75	\$ 732,642.95
<b>Total</b>		<b>\$ 3,605,441.45</b>
<b>VAN</b>		<b>\$ 2,865,641.45</b>

**Fuente:** Elaboración propia

Para este proyecto tendremos como referencia una tasa de descuento del 14%, que es utilizado en estos cálculos para proyectos similares.

Después de los 4 años de operación de bombeo de combustibles se obtiene una utilidad de 2,865,641.45 dólares, entonces podemos confirmar que el proyecto propuesto es viable y que además de acuerdo a las estimaciones se recupera mucho más que la misma inversión.

### 5.3. TASA INTERNA DE RETORNO

La tasa interna de retorno (TIR) es el valor de la tasa de interés que hace 0 el VAN y el cálculo es para toda la vida del proyecto de gestión de integridad con la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad \text{Ecu 5.2.}$$

Donde:

$V_t$  = Flujo de caja

$n$  = Número de periodos

$I_0$  = Valor de la inversión inicial

En la Tabla 5-8 se puede observar el cálculo realizado.

**Tabla 5-8. Cálculo de la Tasa Interna de Retorno**

<i>Inversión del proyecto total es:</i>		-\$ 739,800.00      dólares	
AÑO	FLUJO NETO	TIR	163,81%
<b>0</b> <b>INVERSIÓN</b>	<b>\$ 739,800.00</b>		
1	\$ 1,237,404.75	\$ 469,053.80	
2	\$ 1,237,404.75	\$ 177,800.71	
3	\$ 1,237,404.75	\$ 67,397.60	
4	\$ 1,237,404.75	\$ 25,547.90	
<b>Total</b>		\$ 739,800.04	
<b>VAN</b>		<b>\$ 0.00</b>	

**Fuente:** Elaboración propia

De acuerdo a los cálculos estimados podemos confirmar que la tasa de descuento hallada por la fórmula de la TIR será de 163,81% por lo tanto el proyecto es rentable.

#### **5.4. CONCLUSIONES ECONÓMICAS**

El VAN del proyecto es positivo ( $VAN > 0$ ), de acuerdo con el monto obtenido en los cuatro años planteados, se confirma que el resultado final es mucho mayor a la inversión, por lo mismo se recomienda que el proyecto se acepte y sea tomado en cuenta para su futura ejecución.

La TIR del proyecto arrojó una tasa de descuento referencial de 163,81% que nos permite confirmar la viabilidad del mismo y además podemos observar que esta tasa es muy superior a lo esperado, por lo tanto, la sugerencia de ejecución del proyecto se confirma con este resultado.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Tomando en cuenta los datos de la gestión 2015 en la cual se realizó la inspección con la herramienta inteligente MFL , y llevados a la matriz de riesgos propuesta, podemos indicar que el poliducto ya presenta varios puntos de desgaste en diferentes tramos y que además existen secciones con mayor probabilidad de falla, vale decir que son más propensas a sufrir rupturas, fisuras, por la corrosión que es provocada por los factores geotécnicos, y que esto abarca un 37,5 % del total del poliducto que se encuentra con un factor de riesgo.
- Se analizó el estado del derecho de vía por el cual el poliducto PCSZ- 1 realiza su recorrido de inicio a fin, y se observó que en ciertos tramos el derecho de vía pasa por zonas boscosas de difícil acceso, cruce de carreteras y cuerpos de agua, siendo estas identificadas como áreas donde se evidenciaron algunos problemas geotécnicos que pueden presentar una amenaza al poliducto. De igual forma, se visualizó que algunos soportes y señalizaciones se encuentran en mal estado, mismos que son cercanos a poblaciones.
- Se llegó a determinar los puntos críticos del poliducto más propensos a daños por el entorno que lo rodea, siendo estos los siguientes tramos: tramo desde 0+000 hasta 125+400 es de alta criticidad dado que presentó 13 puntos críticos, el tramo desde 131+100 hasta 222+300 es de media criticidad dado que presentó 5 puntos críticos y por último el tramo desde 228+001 hasta 272+000 es de baja criticidad, dado que no presentó puntos críticos.
- Se realizó efectivamente un procedimiento para el estudio de integridad del poliducto, el cuál consistió en aplicar tres tipos de análisis: determinístico, probabilístico y de flexibilidad, este procedimiento permitió evaluar la severidad de defectos y el estado del poliducto PCSZ-1.
- Se evaluó y se consideró el tipo de inspecciones, las normas aplicables y pasos a seguir para el desarrollo del análisis de integridad al poliducto PCSZ- 1, tomando como

referencia la norma API 1160 de Sistemas de Gestión de Integridad de Tuberías de Transporte de Gas y la norma API 581 de Estudio del Riesgo basado en inspección.

- Se desarrolló con éxito una matriz de riesgos que nos sirve como herramienta para el análisis de integridad, permitiendo evaluar el estado del poliducto Santa Cruz- Camiri (PCSZ-1), y nos permitió identificar cuáles son los tramos de alto, medio y bajo riesgo, además de identificar los puntos críticos existentes en el poliducto, esto en base a los datos de la inspección con la herramienta inteligente MFL realizada en 2015.

## **6.2. RECOMENDACIONES**

- ✓ Al tener datos ya evaluados con la matriz de riesgos propuesta se debe realizar las inspecciones y mitigaciones a los daños por secciones, primero mecánicos, después socio- ambientales para así, profundizar cada sección y tener un plan de mantenimiento.
- ✓ Realizar inspecciones externas e internas periódicamente al poliducto en toda su extensión posible, poniendo en énfasis las zonas o tramos de alto riesgo. Adicionalmente teniendo un plan de mantenimiento de los mismos.
- ✓ Guiarse en la matriz de riesgos según la prioridad, así se podrá dar mantenimiento a los puntos más críticos, y después ir subsanando los que corren menos riesgo, además realizar programas de mitigación y prevención en tramos que están en medio alto y medio riesgo.
- ✓ Dar mantenimiento lo más pronto posible al poliducto con el objetivo de disminuir el riesgo operativo y así poder evitar posibles fugas de carburantes, daños ambientales y pérdidas de producción.
- ✓ Realizar las reparaciones en los sectores que se identificaron como puntos críticos para así poder mejorar y llegar a la capacidad máxima de producción, y con esto generar más ingresos para la empresa.

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Abolladura:** Depresión en la superficie del tubo.

**Accesorios:** Válvulas, actuadores, sistemas de inyección de inhibidores, rectificadores, medidores, etc.

**Acelerómetro:** Instrumento destinado a medir aceleraciones.

**Ánodo:** Elemento emisor de corriente eléctrica (electrodo) en el cual ocurre el fenómeno de oxidación.

**Ánodo galvánico o de sacrificio:** Es el metal con potencial de oxidación más electronegativo que el ducto por proteger y que se consume al emitir corriente de protección.

**Anomalía:** Cualquier daño mecánico, defecto o condiciones externas que puedan poner o no en riesgo la integridad del ducto.

**Área efectiva del defecto:** Área efectiva de la pérdida por corrosión obtenida mediante el perfil de corrosión.

**Bases de Diseño:** Es toda la información requerida para el desarrollo adecuado del proyecto.

**Camisas mecánicas:** dispositivos como grapas, abrazaderas de fábrica o envolventes atornilladas o soldadas en la sección de la tubería

**Cátodo:** Es el electrodo de una celda electroquímica, en el cual ocurren las reacciones electroquímicas de reducción, en un sistema de protección catódica es la estructura a proteger.

**Conexiones:** Aditamentos que sirven para unir o conectar tubería, tales como: Tes, bridas, reducciones, codos, "tredolets", "weldolets", "socolets", etc.



**Constricción:** Discontinuidad geométrica que se encuentra bajo un estado triaxial de esfuerzo.

**Corrosión:** Proceso electroquímico por medio del cual los metales refinados tienden a formar compuestos (óxidos, hidróxidos, etc.) termodinámicamente estables debido a la interacción con el medio.

**Corrosión generalizada:** Es una corrosión de tipo uniforme en toda la superficie de la instalación.

**Corrosión localizada:** Es aquella corrosión no homogénea que se presenta en la superficie con la formación de películas no uniformes.

**Clasificación por Clase de Localización:** Categorización que se realiza al ducto considerando el número y proximidad de las construcciones en un área geográfica unitaria a lo largo de su eje longitudinal, y que toma en cuenta el servicio y la seguridad del sistema.

**Cruces:** Obra especial en el ducto que atraviesa en su ruta con una serie de obstáculos artificiales y naturales como son: ríos, lagos, pantanos, montañas, poblados, carreteras, vías férreas, tuberías, canales, etc.

**Daño caliente (quemadura).** Es una alteración micro estructural del acero, con o sin pérdida de material, debida al arrastre indebido del electrodo sobre el metal base.

**Daño mecánico.** Es aquel producido por un agente externo, ya sea por impacto, rayadura o presión y puede estar dentro o fuera de norma.

**Defecto:** Discontinuidad de magnitud suficiente para ser rechazada por las normas o especificaciones.

**Derecho de vía:** Es la franja de terreno donde se alojan los ductos, requerida para la construcción, operación, mantenimiento e inspección de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos.

**Diablo:** Equipo con libertad de movimiento que es insertado en el ducto para realizar funciones de limpieza e inspección del mismo.

**Pig de limpieza:** Herramienta para limpieza interior del ducto.

**Pig geómetra:** Herramienta que se utiliza para verificar la existencia de abolladuras, dobleces y geometría interna del ducto.

**Pig Simulador:** Su propósito es verificar que el diablo instrumentado pase a lo largo de todo el ducto.

**Pig Instrumentado:** Herramienta inteligente utilizada para registrar daños y defectos en la pared del ducto.

**Ducto.** Sistema de tubería con diferentes componentes tales como: válvulas, bridas, accesorios, espárragos, dispositivos de seguridad o alivio, etc., por medio del cual se transportan los hidrocarburos (Líquidos o Gases).

**Ducto enterrado:** Es aquel ducto terrestre que está alojado bajo la superficie del suelo.

**Ducto de recolección:** Es el ducto que colecta aceite y/o gas y agua de los pozos productores para su envío a una batería o estación de separación.

**Ducto de transporte:** Es la tubería que conduce hidrocarburos en una fase o multifases, entre estaciones y/o plantas para su proceso, bombeo, compresión y almacenamiento.

**Ducto no restringido:** Ducto o tramo de tubería que no tiene restricción axial y por tanto permite las deformaciones axiales.

**Ducto restringido:** Ducto o tramo de tubería que debido a sus condiciones en los extremos tiene restricción o limitación para permitir deformaciones axiales.

**Dummy:** Herramienta de limpieza de dimensiones idénticas al instrumentado MFL que se corre para probar si no existen obstáculos en el interior de la línea.

**Esfuerzo:** Es la relación entre la fuerza aplicada y el área de aplicación, se expresa en kPa o lb/pulg<sup>2</sup>.

**Espesor nominal de pared:** Es el espesor de pared de la tubería que es especificada por las normas de fabricación.

**Grieta:** Discontinuidad del material interior o exterior que no ha llegado a traspasar el espesor de pared de la tubería.

**Inhibidor de corrosión:** Compuesto químico orgánico o inorgánico que se adiciona al fluido transportado en concentraciones adecuadas para controlar o disminuir la velocidad de corrosión.

**Instalación superficial:** Tramo de ducto no enterrado utilizado en troncales, válvulas de seccionamiento, trampas de envío y recibo, pasos aéreos, entre otros.

**Mantenimiento correctivo:** Acción u operación que consiste en reparar los daños o fallas en los ductos para evitar riesgos en su integridad o para restablecer la operación del mismo.

**Mantenimiento preventivo:** Acción u operación que se aplica para evitar que ocurran fallas, manteniendo en buenas condiciones y en servicio continuo a todos los elementos que integran un ducto terrestre, a fin de no interrumpir las operaciones de este; así como de corrección de anomalías detectadas en su etapa inicial producto de la inspección, mediante programas derivados de un plan de mantenimiento, procurando que sea en el menor tiempo y costo.

**Máxima presión de operación (MAOP):** Es la presión máxima a la que se espera que un ducto sea sometido durante su operación.

**Obras especiales:** Son todas aquellas obras diferentes a la línea regular como son: área de trampas, área de válvulas de seccionamiento, cruces, etc., las cuales requieren de consideraciones específicas para su diseño y construcción dado que interrumpen la instalación de la línea regular.

**Perfil de Corrosión:** Conjunto de lecturas que define el contorno de profundidades de una región con pérdida de espesor por corrosión en la pared de un ducto.

**Picadura:** Corrosión localizada confinada a un punto o a un área pequeña, la cual tiene forma de cavidad.

**Presión de diseño:** Es la presión interna a la que se diseña el ducto y es igual a 1,1 veces la presión de operación máxima.

**Presión Interna (Pi):** Es la presión generada en las paredes internas de la tubería por efecto del fluido transportado.

**Protección catódica:** Es el procedimiento electroquímico para proteger los ductos enterrados y/o sumergidos contra la corrosión exterior, el cual consiste en establecer una diferencia de potencial convirtiendo la superficie metálica en cátodo mediante el paso de corriente directa proveniente del sistema seleccionado.

**Ranura:** Abertura delgada y poco profunda producida por algún objeto filoso.

**Rayos Gamma:** Radiación electromagnética emitida continuamente por fuentes radioactivas.

**Reparación Definitiva:** Es el reemplazo de la sección del ducto que esta fuera de norma.

**Reparación Permanente:** Es el reforzamiento de una sección de tubería que contiene el defecto, mediante la colocación de una envolvente no metálica o metálica soldada longitudinalmente y donde la correspondiente soldadura circunferencial es opcional.

**Reparación Provisional:** Es la acción de colocar envolventes tales como grapas de fábrica o improvisadas atornilladas en la sección de tubería que contiene un daño o defecto.

**Sanidad:** Condición de un ducto cuyo material base y/o soldadura no contiene defectos.

**Solicitud:** Carga de tipo estático o dinámico que actúa en el ducto y que debe ser considerada durante el diseño.

**Soporte.** Elemento que soporta tanto cargas estáticas como dinámicas provenientes de la tubería y equipos a los cuales se encuentra asociado.

**Técnica de inspección de pared sencilla.** Es aquella en la que la radiación atraviesa solamente una pared de la soldadura (por lo general, la fuente está centrada en el interior de la tubería), la cual será interpretada para su aceptación en la radiografía.

**Técnica de inspección de doble pared.** Es aquella en la que la radiación atraviesa dos paredes (la fuente se encuentra fuera de la tubería), de las cuales solo será interpretada para su aceptación en la radiografía, la pared de la soldadura del lado de la película.

**Temperatura de Diseño.** Es la temperatura esperada en el ducto, bajo condiciones de operación máxima extraordinaria y que puede ser igual o mayor a la temperatura de operación.

**Temperatura de Operación.** Es la temperatura máxima del ducto en condiciones normales de operación.

**Temperatura de Transición Dúctil-Frágil (TTDF).** Temperatura a la cual un material presenta cambio de un comportamiento dúctil a frágil.

**Tenacidad.** Capacidad de un metal para absorber energía durante el proceso de fractura. Se considera una Baja Tenacidad cuando el valor es igual o menor a 20 lbs-pie.

**Tramo corto.-** Sección(es) de tuberías unidas por una o más soldaduras circunferenciales de campo, con o sin conexiones. Puede ser parte de un ducto que se utiliza en cruces de cuerpos de agua (ríos o lagunas), claros libres, reparaciones de ductos o a la llegada y salida en válvulas de seccionamiento o trampas de diablos. Un tramo corto no debe ser mayor de 500 m.

**Trampa de diablos.** Dispositivo utilizado para fines de envío o recibo de diablos de inspección o limpieza interna del ducto.

**Transductor.-** Dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra diferente de salida.

**Tubería.** Componente de diferentes materiales que se utilizan dentro de un sistema de ductos.

**Válvula de alivio.** Es un accesorio relevador automático de presión, actuando por presión estática aplicada sobre la válvula.

**Válvula de seccionamiento.** Accesorio que se utiliza para seccionar tramos de tubería para reparación, mantenimiento o emergencia del ducto.

**Velocidad de corrosión.** Es la pérdida metálica por unidad de tiempo, medida en mm/año (plg/año).

## BIBLIOGRAFÍA

ASME B31.4 (2006) “Pipeline Transportation System for Liquid Hydrocarbons”

API 1160 (2005) “Managing System Integrity for Hazardous Liquid Pipelines”. USA, Washington; 2005

API 580 (2002) “Risk Based Inspection”. USA, Washington

Capurano (2005) “Flujo Multifásico”. Recuperado de:  
<http://es.scribd.com/doc/46625404/Flujo-Multifasico-en-Tuberias#scribd>

Lolizz Márquez (2016) “Flujo Multifásico en Tuberías Horizontales”. Recuperado de:  
<http://es.scribd.com/doc/168478180/Flujo-Multifasico-En-Tuberias-Horizontales#scribd>

Alfredo Cruz (2015) “Corrosión y Protección Catódica”. Recuperado de:  
<http://es.scribd.com/doc/123297017/Corrosion-Y-Proteccion-Catodica>

Quispe Alejo, L.C. (2015) “Análisis de integridad física basado en el principio Magnetic Flux Leakage (MFL) del poliducto Camiri - Santa Cruz”

ANH | Agencia Nacional de Hidrocarburos. Ficha Técnica. Recuperado de:  
<https://www.anh.gob.bo/w2019/contenido.php?s=13>

Remediación ambiental del Oleoducto Norperuano (ONP) – Preguntas frecuentes :  
Responsabilidad Social Ambiental de Petroperú S.A. Recuperado de:  
<https://socioambiental.petroperu.com.pe/principal/gestion-ambiental/remediacion-ambiental-del-oleoducto-norperuano-onp-preguntas-frecuentes/>

Precio de skimmers, succionadores de petróleo y derivados. Recuperado de :  
<https://spillpro.com.au/information-and-news/oil-skimmer-price-guide-how-much-will-an-oil-skimmer-cost>

Terán Estrella María Belén. Quito (2013) “Desarrollo de un método para el análisis de integridad de un poliducto”

# **ANEXOS**



## **ANEXO 1. METODOLOGÍA**

### **TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto se enmarcó dentro de los siguientes tipos de investigación: Descriptiva, Exploratorio, Bibliográfico- Documental, Explicativo y Correlacional.

#### **Descriptiva**

Es de tipo descriptivo porque busca especificar los determinantes de criticidad en el origen del riesgo, como el comportamiento de la corrosión interna y desgaste externo que se pueden presentar por factores incontrolables del poliducto Santa Cruz- Camiri.

#### **Exploratorio**

Es de carácter exploratorio porque identifica y monitorea los determinantes de fallas para hallar los fenómenos con alto y bajo nivel de probabilidad de riesgos.

#### **Bibliográfico - Documental**

Es de carácter Bibliográfico- Documental, porque la información obtenida es de fuentes bibliográficas como libros, normas, tesis, reportes de inspección, además toma la metodología de inspección basada en riesgo API 581, Sistemas de gestión en tuberías API 1160 y ASME B31.4.

#### **Explicativo**

Para entender el fenómeno de incertidumbre y/o acertar la gestión como resultado obtenido de minimizar los impactos de fallas, fuga y derrame, y contaminación ambiental.

#### **Correlacional**

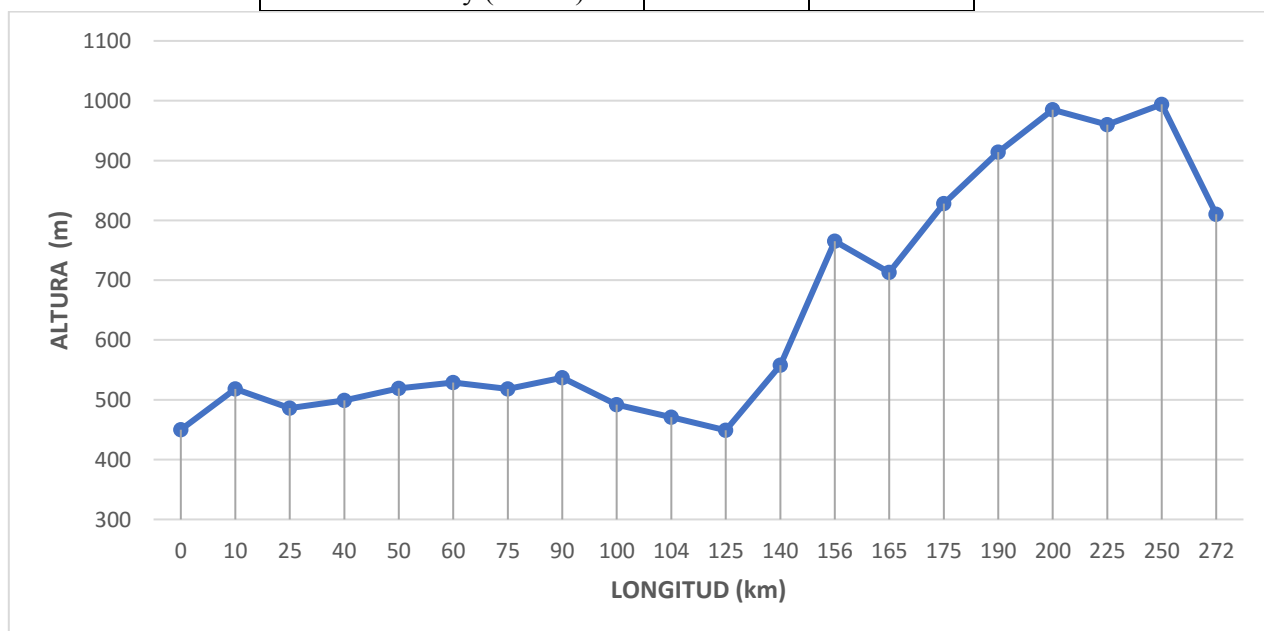
Porque asocia las variables del estado de gestión y conformidad.

#### **Población y muestra**

En esta investigación se toma como universo de estudio el poliducto Santa Cruz- Camiri, que inicia su extensión desde la Terminal Camiri y finaliza en la Estación Cabecera Sanata Cruz (Palmasola). Se toma como muestra los datos proporcionados por herramienta inteligente “MFL” (Fuga por Flujo Magnetico) en los reportes de inspección del año 2017.

## ANEXO 2. DATOS DEL POLIDUCTO SANTA CRUZ – CAMIRI

SECTOR	KM	ALTURA (msnm)
Estación Santa Cruz (Palmasola)	0	450
Altura Guayabas	10	518
Monte Grande	25	486
El Dorado Sur	40	499
Zanja Honda	50	519
Loma Blanca	60	529
Mora (Cerca Estancia Florida)	75	518
Rio Seco	90	537
Cabezas Norte	100	492
	104	471
Estación Cabezas		
Abapó	125	449
El Limón	140	558
Estación Tatarenda	156	765
Caraico	165	713
Iptaicitos	175	828
Ipita	190	914
Cruce Lagunillas	200	985
Morevita	225	960
Huasoguigua	250	994
Estación Chorety (Camiri)	272	810



### ANEXO 3. DATOS SOBRE SUCESOS OCURRIDOS EN DUCTOS



#### SUCESOS - GESTION 2015

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Enero - 2015	Deslizamiento del Terreno Causando Pliegues en el Ducto en Dos Puntos con Riesgo de que Colapse GCC kp 192+800
Derivada Gasoducto Piraimiri - Cerrillos	DGPC	Enero - 2015	Recepción de Condensados con Hidrocarburos Livianos
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Enero - 2015	Pliegues en Ducto GCC Kp 192+745
Gasoducto al Altiplano	GAA	Marzo - 2015	Deformación variante el Tigre GAA
Gasoducto Rio Grande - Santa Cruz	GRSZ	Marzo - 2015	Fuga de GLP por impacto de tractor al ducto - GRSZ KP 44+795
Gasoducto Tarabuco - Cerrillos	GTC	Marzo - 2015	Deslizamiento de Terreno en el GTC
Gasoducto Tarabuco - Cerrillos	GTC	Mayo - 2015	Daño a tubería - abolladura GTC Kp 77+770.
Derivada Gasoducto Karachipampa	DGKP	Octubre - 2015	Suceso Derivada Gasoducto Karachipampa - La Palca (DGKP) kp 4+377
Derivada Gasoducto Colpa - Minero	DGCM	Octubre - 2015	Presencia de líquido en corriente de gas natural - DGCM
Gasoducto Tarabuco - Cerrillos	GTC	Octubre - 2015	Se Detecta Perdida de Material en el ducto ocasionado por corrosión externa en el kp 290+882 a kp 298+651
Derivada Gasoducto Karachipampa - La Palca	DGKP	Noviembre - 2015	Suceso Derivada Gasoducto Karachipampa - La Palca (DGKP) kp 4+224

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-1	Febrero - 2015	Perforación Por Terceros sector Abapó Norte Prog 108+900 del poliducto OCSZ-1
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-1	Febrero - 2015	Perforación Por Terceros Sector La Cruz Prog 94+400 del poliducto OCSZ-1
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-1	Febrero - 2015	Filtración de Producto por Piting en el sector Zanja Honda del Poliducto OCSZ-1
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-1	Febrero - 2015	Perforación Por Terceros sector Buen Retiro Prog 129+100 del poliducto OCSZ-1
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-1	Febrero - 2015	Perforación Para Fines, De Robo sector Pirirenda Prog 199+350 del Poliducto OCSZ-1
Oleoducto Rio Grande - Santa Cruz	ORSZ-1	Marzo - 2015	Filtración en el Ducto ORSZ Kp 10+435
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-2	Marzo - 2015	Daño a Tubería OCSZ 2 por Retroexcavadora
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSZ-1	Marzo - 2015	Filtración en el Poliducto OCSZ-1, Sector de Abra de El Limón
Oleoducto Rio Grande - Santa Cruz	ORSZ-1	Marzo - 2015	Filtración en el Ducto ORSZ Kp 10+435, Sector Brecha 6
Oleoducto Carrasco - Cochabamba	OCC	Marzo - 2015	Impacto de Retroexcavadora a Oleoducto OCC Kp 110+935
Oleoducto Carrasco - Cochabamba	OCC	Marzo - 2015	Afectación Cruce de Ducto OCC Río San Pedrito Kp 143+069



La Paz: Av. 20 de Octubre Nº 2685 esa, Campos • Telf. Piloto: (591-2) 2 614000 • Fax: (591-2) 2 434007 • Casilla: 12953 • e-mail: info@anh.gob.bo  
 Santa Cruz: Av. San Martín Nº 1700, entre 3er y 4to cruce, Edif. Centro Empresarial Equipeiro • Telf.: (591-3) 3 459124 - 3 459125 • Fax: (591-3) 3 459131  
 Cochabamba: Calle Beltránsito Nº 663, entre calles Chuquisaca y La Paz • Telf.: (591-4) 0 010271 - 4 010272 - 4 010273 - 4 010274 - 4 010275 - 4 010276  
 Tarija: Intersección de calle Virginia Lema Nº 787 y calle Ejército Nº 389 • Telf.: (591-4) 6 649866 - 6 668827 • Fax: (591-4) 6 113719  
 Sucre: Calle Loa Nº 1013, entre calles La Paz y Cap. Echeverría • Telf.: (591-4) 6 431600 • Fax: (591-4) 6 435344  
 Potosí: Av. Villazón Nº 242, entre calles San Alberto y Wenceslao Alba, Edif. Ana María Salinas • Telf.: (591-2) 5 225930  
 Oruro: Calle Ismael Vésquez, entre calle Colombia y calle 1º de Mayo, Urbanización Villa Chiripujio, Zona Sur Oeste • Telf.: (591-2) 5 17702  
 Pando: Av. 9 de febrero s/n, Km 3, casal esquina Niebla Nazario, Edif. CIC Pando  
 Beni: Urbanización El Chaparral, Mz. H, Lt. Nº 9  
 www.anh.gob.bo



Agencia Nacional  
de Hidrocarburos



Oleoducto Cerrillo - Chorrey	OCCH	Marzo - 2015	Deslizamiento de Terreno en el OCCH
Oleoducto Cerrillo - Chorrey	OCCH	Mayo - 2015	Daño a Tubería - Abolladura OCCH Kp 40+800
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ-1	Junio - 2015	Paro de bombeo por posible filtración en ducto ONSZ-1 (Kp 77+874 a 113+793)
Oleoducto Carrasco - Cochabamba	OCC	Agosto - 2015	Suceso en el OCC Kp 46+395, sector Ivirgarzama
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ-1	Septiembre-2015	Filtración de Crudo Natural kp 5+450 ONSZ-1A

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Marzo - 2015	Daño a la Integridad Mecánica del Ducto por Caída del Puente San Pedrito - YPFB Logística S.A.
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Marzo - 2015	Derrumbe de mazamorra en el PCS, sector cañón de Guapoy (Prog. 08+300 a 09+800)
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Septiembre-2015	Colisión de Camión al Poliducto PCPV, en el sector Carmen Mayu - El Sillar (Kp 83+000)
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Octubre - 2015	Filtración en el sector de "El Bateon", Kp 128+500 del PCS
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Octubre - 2015	Impacto de Camión de Alto Tonelaje en Poliducto PCS, Sector Leuquepampa
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Diciembre - 2015	Afectación por exposición térmica extrema en el Poliducto PCPV, sector de Lauca Ñ - Shinaota por incendio del OCC de YPFB Transporte y comunicación de trabajos de Peligro Operativo



La Paz: Av. 20 de Octubre Nº 2595 esq. Campos • Telf. Píctor: (591-2) 2 614000 • Fax: (591-2) 2 434007 • Casilla: 12953 • e-mail: info@anh.gob.bo  
 Santa Cruz: Av. San Martín Nº 1700, entre 3er y 4to cruce, Edif. Centro Empresarial Equipotreci • Telf.: (591-3) 3 459124 - 3 459125 • Fax: (591-3) 3 459131  
 Cochabamba: Calle Baldovinos Nº 563, entre calles Chuquisaca y La Paz • Telf.: (591-4) 4 010271 - 4 010272 - 4 010273 - 4 010274 - 4 010275 - 4 010276  
 Tarija: Intersección de calle Virginia Lema Nº 787 y calle Ejército Nº 339 • Telf.: (591-4) 6 649096 - 6 668627 • Fax: (591-4) 6 113719  
 Sucre: Calle Los Nº 1013, entre calles La Paz y Cop. Echaverría • Telf.: (591-4) 6 431800 • Fax: (591-4) 6 435344  
 Potosí: Av. Villazón Nº 242, entre calles San Alberto y Wenceslao Alba, Edif. Ana María Salinas • Telf.: (591-2) 6 225830  
 Oruro: Calle Ismael Vélezquez, entre calle Colombia y calle 1º de Mayo, Urbanización Villa Chiriquito, Zona Zud Oeste • Telf.: (591-2) 5 117702  
 Pando: Av. 9 de febrero s/n, Km. 3, c/col esquina Madre Nazaria, Edif. CIC Pando  
 Beni: Urbanización El Chaparral, Mz. H, Lt. Nº 0  
 www.anh.gob.bo

**SUCESOS - GESTION 2016**

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Enero - 2016	Rotura de ducto en sector Carmen Mayu por deslizamiento de Terreno.
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Enero - 2016	Sector El sillar (Kp 131 al 195), declarado como zona de emergencia.
Gasoducto Villamontes - Tarija	GVT	Marzo - 2016	Fisura de Tubería del GVT de 4", causada por deslizamiento de terreno en Kp 93+193 sector Serere.
Gasoducto Tarabuco - Cerrillos	GTC	Marzo - 2016	Abolladura de tubería del GTC por caída de árbol, KP 114+641 Sector Cerrillos.
Derivada Gasoducto Tarija - El Puente	DGTP	Marzo - 2016	Fuga de gas por pinchadura de ducto, KP 12+750
ESTACION DE COMPRESION SAN ANTONIO -GVT		Marzo - 2016	Amenaza de Toma de estación San Antonio por parte de la población de Tarija.
ESTACION DE COMPRESION CAIGUA - GSCY		Abril - 2016	Presencia de fuego en sala de turbocompresores de la Estación de Compresión Caigua.
ESTACION DE COMPRESION CAMPO GRANDE- GJJA		Noviembre - 2016	Fugas de gas en puente de Regulación de la Estación de Compresión Campo Grande.
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Noviembre - 2016	Presencia de fuga de gas en el GCC sector Carmen Mayu.

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ-1A	Enero - 2016	Filtración de Crudo Natural KP 5+450
Oleoducto Carrasco - Cochabamba	OCC	Enero - 2016	Choque Vehicular al Manifold Corralito (KP 87+700)
Oleoducto Carrasco - Cochabamba	OCC	Enero - 2016	Declaración de Zona de Emergencias Zona El Sillar Cochabamba
Oleoducto Camiri - Yacuiba	OCY 1, 2 y 3C	Marzo - 2016	Presencia de Gas en la Corriente de Crudo Natural a la Estación de Bombeo Tigüipa
Oleoducto Carrasco - Cochabamba	OCC	Marzo - 2016	Filtración Crudo Natural, KP 158+950, SECTOR Limatambo
Oleoducto Rio Grande - Santa Cruz	ORSZ	Agosto - 2016	Derrame Crudo Natural kp 38+250
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ-1	Agosto - 2016	Incendio forestal en proximidades a los ductos
Oleoducto Sica Sica - Arica	OSSA-2	Agosto - 2016	Deformación de Ducto OSSA-2, Kp 55+970
Oleoducto Camiri - Santa Cruz	OCSC	Octubre - 2016	Filtración de Crudo Natural ducto OCSC, Kp 52+722
Oleoducto Marítimo Terminal Fondeadero	OMTF	Diciembre - 2016	Interrupción Cargio de Crudo Reconstituido a Buque Tanque Arica



La Paz: Av. 10 de Octubre N° 2685 esq. Campos • Tel: Piloto: (591-2) 2 614000 • Fax: (591-2) 2 434007 • Casi: 12953 • e-mail: info@anh.gov.bo  
 Santa Cruz: Av. San Martín N° 1702, entre 3er y 4to Prado, Edif. Centro Empresarial Equinotro • Tel: (591-3) 3 453124 - 3 459125 • Fax: (591-3) 3 459131  
 Cochabamba: Calle Betadivino N° 983, entre calles Clavos y La Paz • Tel: (591-4) 4 010271 - 4 010272 - 4 010273 - 4 010274 - 4 010275 - 4 010276  
 Tarija: Intersección de calle Virgen Lema N° 181 y calle Garoto N° 259 • Tel: (591-4) 8 640326 - 8 663827 • Fax: (591-4) 8 113719  
 Sucre: Calle Lca N° 1013, entre calles La Paz y Cap. Echeverría • Tel: (591-4) 6 431020 • Fax: (591-4) 6 435344  
 Potosí: Av. Villazón N° 242, entre calles San Antonio y Veneciano Alba, Edif. Ana María Salinas • Tel: (591-2) 6 225930  
 Oruro: Calle Ismael Vázquez, entre calle Ochoalba y calle N° de Mayo, urbanización Vía Crispulo, Zona Los Ocos • Tel: (591-2) 5 117702  
 Pando: Av. D de la Cruz s/n, Km 3, casi esquina Madre Nazario, Edif. CIC Pando  
 Beni: Urbanización El Chaparral, Mz. H, Lt. N° 9  
 www.anh.gov.bo



DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Poliducto Cbba – Oruro – La Paz	PCOLP II	Enero - 2016	Fuga de Producto por Válvula Venteo de Cumbre de Kellakayma, Sector Confital, KP 95+800
Poliducto Villamontes – Tarija	PVT	Marzo - 2016	Tensión en el Ducto por Deslizamiento de Plataforma Sector de Serere Kp 95+700
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCOLP I	Abril - 2016	Leve Fuga de GLP por junta en la Prog. 01+050, sector Río Tamborada
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCOLP I	Abril - 2016	Paro de Operaciones PCOLP I Goteo por Junta de Línea DN 4" de Descarga, Prog. 54+800
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Mayo - 2016	Fuga por Corrosión tipo pitting, sector Udestro (Kp 143+060)
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Septiembre - 2016	Filtración en el Sector de El Bateon KP 128+500
Poliducto Sucre - Potosí	PSP	Octubre - 2016	Abolladura Caída Árbol Sector TIPICA-ACHUMA
Poliducto Camiri – Santa Cruz	PCSZ-1	Octubre - 2016	Corte con Sierra Mecánica, Sector de Devisadero
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Octubre - 2016	Impacto de Camión en el PCS
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Noviembre - 2016	Exposición Térmica PCPV
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Diciembre - 2016	Desplazamiento del Poliducto PCPV en sector Locotal Kp 71+898
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Diciembre - 2016	Rotura del Ducto, Sector El Sillar, Río Ancho Mayu, KP 92+225



La Paz: Av. 20 de Octubre N° 2685 esa, Campos • Tel. Pícto: (591-2) 2 614000 • Fax: (591-2) 2 434007 • Casilla: 12953 • e-mail: info@anh.gob.bo  
 Santa Cruz: Av. San Martín N° 1700, entre 3er y 4to ar. Jo, Edif. Centro Empresarial Equipetrol • Tel.: (591-3) 3 459124 - 3 459125 • Fax: (591-3) 3 459131  
 Cochabamba: Calle Baldovino N° 603, entre calles Chequisaca y La Paz • Tel.: (591-3) 4 010271 - 4 010272 - 4 010273 - 4 010274 - 4 010275 - 4 010276  
 Tarija: Intersección en calle Virgilio Lema N° 767 y calle El Ejército N° 359 • Tel.: (591-4) 6 648028 - 6 568927 • Fax: (591-4) 6 115719  
 Sucre: Calle Lca N° 1013, entre calles La Paz y Cdo. Echavarría • Tel.: (591-4) 6 431000 • Fax: (591-4) 6 435344  
 Potosí: Av. Villazon N° 242, entre calles San Alberto y Manuelito Albo, Edif. Ana María Salinas • Tel.: (591-2) 6 226030  
 Oruro: Calle Ismael Vázquez, entre calle Colombia y c/ta. 1º de Mayo, Urbanización: ... • Tel.: (591-2) 5 117702  
 Pando: Av. 9 de febrero sin. Km 3, casa esquina Madre Nazario, Edif. CIC Pando  
 Beni: Urbanización El Cheparrel, Mz. H, Lt. N° 9  
 www.anh.gob.bo

**SUCESOS - GESTION 2017**

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Gasoducto Santa Cruz - Yapacani	GSCY	Abril 2017	Crecida de quebrada por intensas lluvias y erosión del terreno en el GSCY y ONSZ-2
Estación de Compresión Villamontes		Abril 2017	Paro de Planta sin despresurización y mantenimiento de emergencia ECV
Gasoducto Yacuiba - Río Grande	GASYRG	Abril 2017	Exposición de tubería por erosión
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Mayo 2017	Daño al GCC Kp 171+280 por impacto de camión
Estación de Compresión Campo Grande		Agosto 2017	Fallo en el sistema de control de la planta de compresión Campo Grande
Gasoducto al Altiplano	GAA	Agosto 2017	Empuje de tierra y piedra con maquinaria sobre GAA en confital
Derivada Gasoducto Tarija - El Puente	DGTP	Agosto 2017	Afectación al DGTP kp 39+120 por impacto vehicular
Gasoducto Tarabuco - Cerrillos	GTC	Agosto 2017	Daño a tubería - abolladura en el ducto GTC kp 397+235
Gasoducto Villamontes - Tarija	GVT	Septiembre 2017	Impacto de piedras ducto GVT Kp 68+140
Gasoducto Carrasco - Cochabamba	GCC	Septiembre 2017	Fuga de gas natural, ducto GCC kp 152+200 sector Río Antahuacana
Gasoducto Villamontes - Tarija	GVT	Diciembre 2017	Informe preliminar "impacto de piedras ductos GVT"

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ-2A	Abril 2017	Filtración de condensado ONSZ-2A Kp 79+500
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ-2	Abril 2017	Crecida de quebrada por lluvias en el ONSZ-2
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Mayo 2017	Suceso Leuquepampa en el PCS
Poliducto Villamontes - Tarija	PVT	Junio 2017	Bloqueo de Cisterna en el PVT
Poliducto Villamontes - Tarija	PVT	Julio 2017	Impacto de piedras ducto pvt kp 76+993"
Poliducto Cbba - Oruro - La Paz	PCOLP-II	Agosto 2017	Empuje de tierra y piedra con maquinaria sobre el PCOLP II en confital"
Poliducto Cochabamba Puerto Villaruel	PCPV	Agosto 2017	Daño a tubería - abolladura en el ducto PCPV- kp 218+710"
Poliducto Villamontes - Tarija	PVT	Agosto 2017	Impacto de piedras ductos PVT - GVT kp 70+147 - 68+148
Poliducto Cbba - Oruro - La Paz	PCOLP-II	Septiembre 2017	Fuga de producto (gasolina especial), ducto PCOLP II kp 162+100 sector urbanización milenium



Oleoducto Rio Grande - Santa Cruz	ORSC	Diciembre 2017	Daño al ducto ORSC por terceros kp 17+885 sector brecha 4"
Poliducto Cochabamba Puerto Villarroel	PCPV	Diciembre 2017	Daño a tubería abolladura en el ducto PCPV KP 218+710

**SUCESOS – GESTION 2018**

DUCTO	SIGLAS	FECHA	DETALLE DEL SUCESO
Poliducto Camiri – Santa Cruz	PCSZ-1	Enero - 2018	Estación PCSZ-1
Gasoducto Santa Cruz - Yacuiba	GSCY	Enero - 2018	Suceso Sector Cruce Rio Yapacani
Oleoducto Norte Santa Cruz	ONSZ	Enero - 2018	Suceso Yapacani
Poliducto Cbba – Oruro – La Paz	PCOLP –I	Febrero - 2018	Suceso PCOLP –I , Lakapucara
Estación de Bombeo Buena Vista	OSSA-1	Febrero - 2018	Suceso Estación Buena Vista
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Marzo - 2018	Deslizamiento terreno PCS YPFBTR
Poliducto Camiri - Sucre	PCS	Marzo - 2018	Suceso Guapoy PCS
Gasoducto Tarabuco - Cerrillos	GTC	Marzo - 2018	Suceso deslizamiento GTC
Oleoducto Cerrillo - Chorety	OCCH	Marzo - 2018	Suceso OCCH Deslizamiento terreno





**ANEXO 4. DATOS DE INSPECCION DE HERRAMIENTA INTELIGENTE  
REALIZADA POR ROSEN GROUP**

<b>Nº</b>	<b>DISTANCIA ABSOLUTA (km)</b>	<b>Long Tubo (m)</b>	<b>Comentarios Adicionales</b>	<b>ESPESOR NOMINAL (mm)</b>	<b>DESGASTE (%)</b>	<b>Long (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Orient. (reloj)</b>	<b>FER</b>
1	5.7	11.47	Perdida de metal externa	6,03	5,73	20.29	9.51	11:00	0.6
2	11.4	11.82	Perdida de metal externa	6,03	4,22	30.6	5.6	10:30	0.5
3	17.1	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,71	80.34	20.43	08:00	0.6
4	22.8	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,23	20.29	4.37	03:30	0.5
5	28.5	11.72	Perdida de metal externa	6,03	3,32	20.62	6.83	02:55	0.4
6	34.2	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,41	20.62	5.6	07:00	0.7
7	39.9	11.55	Perdida de metal externa	6,03	5,61	20.62	50.6	10:00	0.6
8	45.6	11.55	Perdida de metal externa	6,03	4,22	20.29	9.74	04:00	0.6
9	51.3	11.98	Perdida de metal externa	6,03	3,50	10.97	5.5	12:00	0.5
10	57	11.74	Perdida de metal externa	6,03	4,52	10.97	8.29	01:30	0.4
11	62.7	11.71	Perdida de metal externa	6,03	3,98	10.31	6.83	07:00	0.3
12	68.4	11.46	Perdida de metal externa	6,03	5,31	20.29	4.37	05:00	0.7
13	74.1	11.14	Perdida de metal externa	6,03	3,02	10.97	4.37	06:00	0.16
14	79.8	11.14	Perdida de metal externa	6,03	2,53	130.31	5.6	08:30	0.65
15	85.5	11.51	Perdida de metal externa	6,03	1,81	10.31	23.91	09:00	0.85
16	91.2	11.01	Perdida de metal externa	6,03	3,98	58.58	4.14	05:30	0.45
17	96.9	11.47	Perdida de metal externa	6,03	2,47	60.55	7.06	07:00	0.34
18	102.6	11.82	Perdida de metal externa	6,03	2,11	140.75	22	04:00	0.76
19	108.3	11.72	Perdida de metal externa	6,03	3,98	30.6	17.6	07:00	0.34
20	114	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,17	98.75	20	02:00	0.66
21	119.7	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,05	20.29	24.37	05:00	0.72
22	125.4	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,71	20.62	6.83	08:00	0.3

23	131.1	11.72	Perdida de metal externa	6,03	3,98	20.62	5.6	10:00	0.27
24	136.8	11.55	Perdida de metal externa	6,03	4,52	20.62	50.6	03:00	0.45
25	142.5	11.55	Perdida de metal externa	6,03	3,32	20.29	9.74	11:00	0.56
26	148.2	11.96	Perdida de metal externa	6,03	2,11	10.97	50.6	12:00	0.49
27	153.9	11.74	Perdida de metal externa	6,03	1,81	10.97	8.29	05:00	0.89
28	159.6	11.71	Perdida de metal externa	6,03	4,88	10.31	6.83	08:00	0.74
29	165.3	11.46	Perdida de metal externa	6,03	5,19	20.2	4.37	02:00	0.35
30	171	11.14	Perdida de metal externa	6,03	4,52	10.97	13.37	05:00	0.63
31	176.7	11.14	Perdida de metal externa	6,03	2,23	10.31	5.6	07:00	0.2
32	182.4	11.51	Perdida de metal externa	6,03	5,43	10.31	3.91	03:00	0.58
33	188.1	11.01	Perdida de metal externa	6,03	2,53	56.98	4.14	06:10	1.05
34	193.6	11.97	Perdida de metal externa	6,03	2,23	14.75	2	05:00	0.23
35	199.5	11.47	Perdida de metal externa	6,03	1,81	20.29	9.51	06:00	0.87
36	205.2	11.82	Perdida de metal externa	6,03	2,05	30.5	5.6	12:00	0.49
37	210.9	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,71	80.34	2.43	02:30	0.58
38	216.6	11.72	Perdida de metal externa	6,03	3,62	20.29	4.37	12:00	0.7
39	222.3	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,11	20.62	6.83	05:00	0.44
40	228	11.72	Perdida de metal externa	6,03	2,41	20.62	5.6	06:00	0.55
41	233.7	11.55	Perdida de metal externa	6,03	3,14	20.62	5.6	02:00	0.49
42	239.4	11.55	Perdida de metal externa	6,03	2,47	20.29	9.74	08:00	0.76
43	245.1	11.98	Perdida de metal externa	6,03	4,22	47.97	5.5	04:00	0.85
44	250.8	11.74	Perdida de metal externa	6,03	2,41	130.72	18	05:00	0.62
45	256.5	11.71	Perdida de metal externa	6,03	5,91	10.31	6.83	02:00	0.6
46	262.2	11.46	Perdida de metal externa	6,03	4,34	20.29	4.37	01:00	0.54
47	267.9	11.14	Perdida de metal externa	6,03	5,25	10.97	4.37	10:00	0.85
48	271	11.14	Perdida de metal externa	6,03	2,95	10.31	5.6	09:00	0.66

## ANEXO 5. Tarifas de Transporte Por Ductos Vigentes de la Gestión 2019


CONCESIONES REGULADAS		Unidades	Tarifa Base con IVA	SCD	TEMI	Tarifa Total 2014	Vigencia	Volumen Máximo
Empresas	Normativa							
<b>YPFB TRANSPORTE</b>								
Gas Mercado interno	RA SSDH N° 446/02	US\$/MPC	0,3695	0,0405		0,4100	Plazo de 36 meses desde la fecha de inicio o hasta agotar volumen aprobado	2.759 MMPC MPC de Gas Natural
	RA SSDH N° 997/07 de 4-9-2007	US\$/MPC	0,0000	0,0405		0,0405		
	RA SSDH N° 1015/2007 de 10/09/2007							
Programa Promocional Abierto de Conversión para Vehículos a GLP, Gasolina o Diesel Oil a GNV en la ciudad de Santa Cruz								
Gas Mercado Externo	RA SSDH N° 447/02	US\$/MPC	0,1766	0,0405	0,0311	0,2482		
Líquidos Mercado interno	RA SSDH N° 448/02	US\$/BBL	2,48			2,48	Hasta siguiente revisión tarifaria, exceptuando la del 2005	4.500 BPD
	RA SSDH N° 669/04 y RA SSDH N° 1281/2004	US\$/BBL	1,05			1,05		
	Tramo "Intersección San Alberto - Pocitos" - Interconexión							
	Tramo "Intersección San Alberto - Pocitos" - Cargadero	US\$/BBL	0,91			0,91		
Líquidos Mercado Externo	RA SSDH N° 449/02	US\$/BBL	2,33			2,33		
Poliductos	RA SSDH N° 445/02	US\$/BBL	2,33			2,33		
<b>TRANSIERRA SA (1)</b>								
Gasoducto GASYRG	RA SSDH N° 656/01	US\$/MPC	0,2456	0,0405	0,0311	0,3172		
<b>GOB (2)</b>								
Gasoducto San Miguel- San Matias	RA SSDH N° 115/99	US\$/MMBTU	0,7186			0,7186		
<b>YPFB ANDINA</b>								
Compresión Rio Grande	RA SSDH N° 075/00	US\$/MPC	0,0539			0,0539		
<b>PLUSPETROL</b>								
Gasoducto Madrejones- Campo Durán	RA SSDH N° 435/00	US\$/MPC	GASODUCTO DESACTIVADO					
<b>CHACO</b>								
Gasoducto Carrasco- Termoelectrica	RA SSDH N° 282/01	US\$/MPC	0,0038	0,0405		0,0443		
<b>JV ANDINA</b>								
Ducto de 12"	RA SSDH N° 274/02	US\$/MPC	0,0002	0,0405	0,0311	0,0718		
<b>ORO NEGRO</b>								
Oleoducto	RA SSDH N° 167/2002	US\$/BBL	0,1129			0,1129		
<b>DISCAR</b>								
Gasolina	RA SSDH N° 0033/2002	US\$/Bbl	0,070			0,070		
Diesel	RA SSDH N° 0036/2002	US\$/Bbl	0,0760			0,0760		

TEMI = Tarifa Base con IVA + SCD ( 0,0405US\$/MPC)

TME = Tarifa Base con IVA + SCD (0,0405US\$/MPC) + TEMI (0,0311US\$/MPC)

(1) Tarifa base correspondiente al año 2019

(2) Tarifa máxima aprobada por la ANH

	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 219 de 267</b>	

## ANEXO 6. MANUAL API PARA DUCTOS

- **GENERAL**

- **Objeto y Alcance**

1.1.1. Esta Especificación de Diseño (ED) establece los requerimientos técnicos que se deberán cumplir durante la ejecución de las soldaduras de unión de montaje en campo de cañerías (Gasoducto, Oleoductos, Poliductos, etc.) de acero API 5L X-60 y superiores en el ámbito de Exploración y Producción de YPF.

1.1.2. Estos requerimientos técnicos de Ingeniería son complementarios de la Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS) que resulte de aplicación en esta obra, que está calificado y se encuentra respaldado por el registro de calificación PQR que le corresponda.

1.1.3. Esta Especificación es de aplicación en todos los cordones de unión que se ejecuten en el montaje de la cañería en campo On Shore y que conduzcan fluidos que NO contengan Acido Sulfhídrico (H<sub>2</sub>S), denominados “fluidos dulces”, de acuerdo con la norma NACE MR 0175.

1.1.4. Esta Especificación es parte integral de la Requisición de Materiales. En caso de discrepancia entre los documentos incluidos en dicha Requisición, prevalecerá el siguiente orden de prioridad:

- Legislación aplicable (siempre y cuando en las Hojas de Datos, en la Requisición o en esta Especificación no se establezcan criterios más restrictivos que los en ella fijados)
- Hojas de Datos
- Requisición de Materiales
- Esta Especificación de Diseño

1.1.5. Las excepciones o modificaciones a la presente Especificación que el Proveedor considere hacer deberán ser incluidas por escrito en su oferta, en un único documento, donde se hará referencia al punto concreto de esta ED objeto de la excepción y a los motivos de la misma.

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 220 de 267</b>	

1.1.6. Sólo serán admitidas las desviaciones o excepciones a la Especificación que se reflejen explícitamente en la oferta y que haya sido aceptada expresamente por YPF.

1.1.7. El cumplimiento de las reglas y recomendaciones dadas en esta Especificación no exime ni parcial ni totalmente al Proveedor de sus responsabilidades y garantías contractuales.

1.1.8. El presente documento forma parte de la última edición de Especificaciones Técnicas de YPF y hace referencia asimismo, a la última edición de Códigos o Normas que son mencionados y/o aplicables, así como lo indicado en los Datos Básicos de Diseño (en adelante DBD) que recoge los aspectos particulares de cada proyecto.

○ **Unidades de Medida**

Las unidades de medida serán las del Sistema Métrico Internacional (SI), si bien se podrá utilizar pulgadas para diámetros de cañerías y libras para el rating. Asimismo, se admitirán presiones en kg/cm<sup>2</sup>.

○ **Hojas de Datos y Planos Estándar relacionados**

Esta ED no contiene Hojas de Datos o Planos Estándar relacionados.


• **GENERALIDADES**

○ **Unión**

Se considerará a ésta como el área que comprende la unión; es la superficie comprendida por un ancho de 200 mm (100 mm a cada lado de la junta de unión, medido desde el punto de inicio del bisel), y el largo es el perímetro externo del caño, una superficie comprendida por el perímetro interno del caño y 50mm a cada lado del extremo del mismo y la superficie total de ambos biseles.

○ **Cañería**

Se comprobarán las tolerancias geométricas (Ovalización y golpes) en los extremos de los caños, referenciado a la norma API. Este control se efectuará sobre la totalidad de los caños desfilados, por medio del pasaje de un calibre a lo largo de la totalidad de la longitud de cada caño.

	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 221 de 267</b>	

o **Biseles**

Se comprobará la geometría de los biseles referenciados en el esquema de junta incorporado a la Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS).

Se asegurará la limpieza en la superficie de los biseles y en toda el área que comprende la unión, observando la ausencia de grasa, aceite, humedad, pintura, pegamentos, óxidos, material de recubrimiento del caño y cualquier otro material extraño a la junta.

En caso de ser necesario, a causa de golpes, marcas o deformaciones de cualquier tipo, los extremos de los caños deben ser re-biselados con herramienta de corte en frío, respetando el diseño de la WPS los costos correrán exclusivamente por el Proveedor.

o **Electrodos, Alambres Consumibles y Fluxes**

El Proveedor suministrara la totalidad de los materiales consumibles requeridos para el satisfactorio cumplimiento de los trabajos de acuerdo a lo especificado en los planos, planillas, especificaciones y otros documentos del contrato.

Todos los consumibles de soldadura estarán de acuerdo y cumplirán con los requerimientos del Código ASME Sección II C (AWS).

Se aclara que todos los elementos consumibles de soldadura deberán ser, de marca reconocida en el mercado, y calidad certificada.

El Proveedor deberá presentar a YPF, conjuntamente con los elementos consumibles de las soldaduras, los certificados de los mismos para cada lote de consumibles usado en el trabajo.

YPF se reserva el derecho de prohibir el uso de materiales que considere no aptos para la adecuada realización del trabajo.

Los certificados del Fabricante que presente el Proveedor incluirán la siguiente información mínima:

- Para los consumibles de los Procesos de Soldadura Manual con Electrodo Revestido (SMAW), y Soldadura Semiautomática con Alambre Tubular (FCAW), se

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 222 de 267</b>	

deberá informar la Composición Química, Tensión de Rotura, y para el caso particular de ser requerido las Propiedades de Impacto (CHARPY).


- Para las Soldaduras por Arco Sumergido el certificado del alambre debe contener el Análisis Químico del mismo, y el certificado del flux debe decir la composición Química de este y la distribución del tamaño de partícula del mismo.
- Para los consumibles de alambre tubular o electrodos revestidos, un lote significa la cantidad de consumibles fabricados de forma continua con la misma tira de acero o alambre y el mismo lote de flux.

Todos los consumibles de soldadura deberán ser conservados en sus envases de origen, como fueron provistos por el Fabricante se entregarán en unidad sellada y recipientes a prueba de humedad. Se guardarán estos recipientes sin abrir en un depósito de almacenamiento especialmente preparado para este fin.

Para el caso de tener los envases ya abiertos y en el caso particular de electrodos con revestimiento celulósico estos pueden ser conservados en depósitos a una temperatura mínima de 20°C y una humedad menor al 40% de manera constante. Los electrodos que presentan un revestimiento de tipo Básico deberán ser conservados en hornos con temperaturas de 80 a 140°C.

En caso de que el Proveedor considere conveniente la ejecución de Soldaduras en Doble Joints de la cañería, esto se presentará para aprobación en forma conjunta con la oferta técnica realizada a YPF. Antes del inicio de los trabajos, en todos los casos se generará un Procedimiento Escrito que incluirá, el Procedimiento de Soldadura (WPS) el registro de su calificación(PQR), la forma del manipuleo de la cañería simple y del Doble Joint, su transporte de ser necesario y la forma de depositarlo en el lugar de instalación final.

Todos los consumibles de soldadura deben, como mínimo, ser guardados y ser manejados de acuerdo con las recomendaciones del Fabricante.

	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 223 de 267</b>	

Cuando se utilicen Procesos de Soldadura por Arco Sumergido, el alambre y el flux, que puedan ser utilizados por el Proveedor, deberán ser de la calidad reconocida y deberán contar con la aprobación de YPF. Su manejo y almacenamiento deberán estar de acuerdo con un Procedimiento Escrito, el cual describirá de manejo, almacenamiento y reciclado del flux, el cual será entregado a YPF para la revisión y aprobación antes del inicio de los trabajos.

El Proveedor debe generar por escrito los procedimientos para el almacenamiento y manejo de los consumibles de forma de asegurar la trazabilidad de los mismos y estos deberán ser aprobados por YPF antes del comienzo de la soldadura de producción.

Cada paquete de electrodos, o bobina de alambre consumible y bolsa de flux, se marcará claramente con su N° de lote respectivo. En caso de encontrar en obra consumibles sin marca comercial o mostrando señales de deterioro u otro daño, ellos serán inmediatamente retirados de la misma.


Cada lote de consumible de soldadura demostrará su calidad pasando por un ensayo de Calificación de Procedimiento. Este requisito puede ser omitido si los certificados del Fabricante se reconocen como suficientes por parte de YPF.

Este requisito no se puede omitir para la soldadura por arco sumergido. Todo los lotes se probaran (los Ensayos de Soldadura se harán de acuerdo con los requerimientos de YPF).

Para los Procesos de Soldadura automáticos, se realizarán ensayos de impacto para cada lote de consumible, las probetas para la realización de estos se llevarán a cabo bajo las mismas condiciones y con el mismo equipo, que fue utilizado para la Calificación del Procedimiento aceptado originalmente.

Se completará la totalidad de los ensayos de Calificación de los Procedimientos, previo al inicio de la soldadura de campo. Ninguna recalificación será permitida a menos que YPF acepte una explicación para el fracaso de la calificación anterior.



	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 224 de 267</b>	

No se permitirán por ningún motivo el cambio de alambre o flux de la combinación que fue calificada por primera vez. Se deberá cumplir enteramente con los requerimientos de la norma API Std. 1104 párrafo 5.4.2.11.

En ningún caso se permitirá la utilización de flux activo, siempre serán utilizados fluxes inertes que no aporten elementos de aleación al metal depositado.

Los depósitos de la soldadura obtenidos por estos consumibles satisfarán con los requerimientos de dureza, y de impacto (cuando sean requeridos) de esta Especificación y tendrán una tensión de fluencia, que superaran en todos los casos a la tensión de fluencia de los materiales base, de la línea que se están montando, por no más de 25%.

Todas estas propiedades se verificarán por parte de YPF durante la calificación de los Procedimientos de Soldaduras, ensayos o calificaciones de lotes de consumibles.

- **Protección Gaseosa**

Se aplicarán los requisitos de la Norma API Std. 1104.

- **Procesos de Soldadura**

Todas las soldaduras serán realizadas por Arco Eléctrico Protegido, Soldadura Manual, Automática, Semiautomática o cualquier otro proceso aprobado por YPF, usando técnicas manuales, mecanizadas automáticas o semiautomáticas o una combinación de estas técnicas.

Los Procesos de Soldadura con Electrodo No Consumible de Tungsteno (GTAW) y Soldadura Manual con Electrodo Revestido (SMAW) son aceptados para su uso por parte de YPF.

Los Procesos de Soldadura Automáticos (SAW) y/o Semiautomáticos (GMAW) pueden ser ofrecidos por el Proveedor, pero ésta empresa debe presentar una larga y exitosa evidencia de su utilización, así como una gran y demostrable capacidad y experiencia del personal que tendrá a su cargo la ejecución de las mismos en trabajos similares, a satisfacción de YPF.

Por otra parte YPF especificará como soldaduras especiales, por lo que los Ensayos Destructivos y/o No Destructivos (END), que fueran solicitados por parte de YPF más allá de las exigencias

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 225 de 267</b>	

de las normas, deberán ser completados con éxito, antes de la aprobación de la técnica propuesta, para luego ser sometidos a los ensayos de calificación pertinentes.

El Proceso de Soldadura Semiautomático solo será aceptado el que presenta protección gaseosa por medio de gas Inerte o sea el procedimiento denominado Metal Inert Gas (MIG) o el proceso con electrodo no consumible de Tungsteno y protección Gaseosa (GTAW) que podrá ser utilizado para la soldadura completa en los diámetros de la cañería menores de 2 3/8" (60 mm), en la totalidad de soldadura o en la pasadas de raíz sobre cualquier diámetro de cañería.

En Procesos de Soldaduras Manuales, se usarán electrodos con recubrimientos de bajo contenido de hidrógeno (Electrodos con revestimiento Básico) para todas las soldaduras del filete.


En cada caso donde un Proceso de Soldadura semiautomático y o un Proceso de Soldadura automático o cualquier otro sistema sea aprobado para su utilización en la obra, YPF exigirá que un Procedimiento de Soldadura Manual (SMAW) se califique como alternativa.

• **CALIFICACION DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA**

El Proveedor demostrará la Calificación de los Procedimientos de Soldaduras (WPS), por medio de ensayos mecánicos, de carácter destructivos y que cumplen con los requerimientos de la norma API Std. 1104.

Así también quedará demostrado en el mismo acto, que los equipos que se piensan utilizar para la realización de las soldaduras de producción en campo y las soldaduras de reparación, reúnen las condiciones de calidad y las propiedades que son necesarias, para la realización de las soldaduras como son requeridas en esta Especificación.

YPF requiere Calificaciones de los Procedimientos de Soldadura que se utilizarán en obra ya sea para las soldaduras de producción en la línea caño a caño, tanto para e caso de utilización de presentador interno o externo, como para todas las soldaduras asociadas, incluso las soldaduras de reparación, soldaduras entre caños y accesorios, así como también deberá ser calificado el Procedimiento de Soldadura de los empalmes, soldaduras realizadas con la

	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 226 de 267</b>	

utilización de presentación externo, que se deberán realizar en el transcurso de los trabajos de montaje de la cañería.

Estas Calificaciones se harán de acuerdo con la norma API Std. 1104 en su última revisión, por medio de ensayos mecánicos y con los requerimientos extras que puedan ser solicitados por esta Especificación, siempre se realizaran con la presencia de un Inspector de soldadura de la empresa proveedora, que acredite como mínimo un Nivel II según la norma IRAM IAS U 500 169.

YPF no acepta precalificaciones de ningún tipo de Procedimiento de Soldadura.

Todas las probetas realizadas para la Calificación de los Procedimientos de Soldadura serán realizadas en presencia de YPF o su Representante autorizado.

La totalidad de los ensayos serán realizados en laboratorios independientes al Proveedor, deberán ser laboratorios acreditados y de reconocida trayectoria en la ejecución de los ensayos mecánicos necesarios, para la Calificación de los Procedimientos de las Soldaduras.


Estos laboratorios deberán ser aprobados por YPF antes del inicio de los ensayos de Calificación.

El Proveedor notificará a YPF de la fecha y el lugar en el que se realizará, la Calificación del Procedimiento de Soldadura, con por lo menos siete (7) días de anticipación.

Cuando el Proveedor usará en obra Procesos de Soldadura Semiautomática (MIG), o Automática (SAW), luego de ser Calificados los Procedimientos, deberá realizar, un mínimo de tres juntas de prueba, completas y consecutivas que serán evaluadas y ensayadas de acuerdo al solo criterio de YPF, quien deberá emitir su aprobación, antes del inicio de los trabajos en producción.

- o **Macrografía**

Se tomaran probetas para la realización de ensayos macrográficos, en las que se puedan observar con claridad las estructuras, sobre el metal de soldadura y la zona afectada por el calor, con elementos ópticos que llegar a magnificar la zona, con un aumento de 5X.

	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 227 de 267</b>	

o **Micrografía**

La preparación de las probetas para el examen micrográfico se realizará, por medio de un pulido espejo

o metalográfico, con pasta diamantada, de manera de poner en evidencia la microestructura de las zonas bajo examen.

No serán aceptables estructuras planas de temple o estructuras martensíticas del tipo Widmstätten precipitación de carburos o de la presencia de grandes agujas, que evidencien altas velocidades de enfriamiento.

La inspección solicitará la presentación de fotos micrográficas de las estructuras que fueron observadas en las probetas.

o **Dureza**

Sobre las probetas de macrografía realizadas con anterioridad se efectuarán ensayos de durezas Vickers según la norma ASTM E 92 para lo que utilizará una carga de 10 Kg.

La dureza máxima no excederá 300 HV 10.

o **Ensayo de Impacto por CHARPY Entalla en V**

Los ensayos de Impacto serán realizados en la Calificación de los Procedimientos de Soldadura, Cada ensayo de Impacto o de CHARPY implica, la realización del ensayo de 3 probetas, las que se prepararán y se ensayarán de acuerdo con las normas ASTM A 370 y ASTM E 23.

Las probetas serán maquinadas, con su eje longitudinal transversal a la soldadura.

La posición de las probetas y la ubicación de las muescas, será tal que, se realizaran tres ensayos con las muescas ubicadas, sobre el material base, tres ensayos con las muescas ubicadas sobre la zona afectada por el calor (ZAC) aproximadamente a un milímetro de la línea de fusión del cordón de soldadura, y otras tres ensayos en los que la posición de las muescas o entallas del CHARPY se encuentren ubicadas en el centro del cordón de las soldaduras.

Se aclara que para espesores de pared superiores a los 20 mm se tomarán probetas de impacto adicionales de la raíz del Metal de la Soldadura, para el caso de soldaduras de un solo lado.

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 228 de 267</b>	

Los requisitos mínimos de energía absorbidos, para el promedio de probetas de grupos formados mínimamente por tres probetas, de cada zona (Metal Base, zona afectada por el calor y metal de soldadura) de 45 J y el valor individual de cada probeta en cada zona no podrá ser inferior a los 35 J, para espesores de pared de hasta 25 mm.

Para espesores de pared más alto, se podrán declarar requisitos de CHARPY en cada Especificación Particular.

La temperatura de la prueba será de cero grados Celsius (0°C) o se definirá en la Especificación Particular de cada orden de compra, caso contrario se tomaran siempre como la temperatura máxima la indicada con anterioridad.

El tamaño de las probetas será más grande posible, y se seleccionará de los tamaños siguientes:

- 10 x 10 mm (Especimen de tamaño completo).
- 10 x 7.5 mm
- 10 x 5.0 mm

Cuando se usan probetas para los ensayos de tamaño reducido, los requisitos para la energía absorbida serán aquéllos para probetas de tamaño completo multiplicados por los factores correspondientes mostrados en la siguiente tabla.

Tamaño de la Probeta	Factor de Corrección
10 X 10 mm. (Full)	1
10 X 7.5 mm.	0.83
10 X 5 mm.	0.71

Si los resultados obtenidos en los ensayos de impacto realizados, no satisfacen los requerimientos de YPF, éste puede pedir tres ensayos adicionales, los cuales deberán ser aprobados.

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 229 de 267</b>	

Los valores promedios de la totalidad de las probetas ensayadas serán por lo menos igual al valor medio mínimo especificado. La totalidad de las tres probetas re-ensayadas deberán cumplir individualmente y como mínimo el valor individual mínimo especificado.

En cada caso donde un Proceso de Soldadura Semiautomático y o un Proceso de Soldadura Automático o cualquier otro sistema sea aprobado para su utilización en la obra, YPF exigirá que un Procedimiento de Soldadura Manual se califique como alternativa.

- o **Calificación de los Procedimientos de Soldaduras de Cañerías en servicio**

Las Calificaciones de los Procedimientos de Soldadura, que se efectuarán sobre cañerías que se encuentren en servicio, deberán ser realizadas por separado, de acuerdo con el Apéndice B (INSERVICE WELDING) y en particular deberán ser cumplimentados los requerimientos del punto B 2 de la norma API Std. 1104.

- o **Ensayos de Soldaduras de Conexiones Eléctricas (Protección Catódica)**

Los sistemas de Protección Catódica deberán respetar los requerimientos especificados en la ED(EP)P-01.02.

La soldadura de los cables de conexión de los electrodos de protección catódica o de corriente impresa de acuerdo con el diseño de protección, seleccionado para el proyecto, se realizara sobre la superficie metálica de acero, de un refuerzo soldado sobre la superficie del caño conductor, este refuerzo será de calidad API 5L Gr. B y al efectuar su soldadura, se respetará en todo momento, el Procedimiento Calificado para la ejecución de las soldaduras de montaje del mismo (Refuerzo), con la intervención de soldadores calificados, con el mismo Procedimiento de Soldadura.

El refuerzo tendrá una dimensión mínima de 150 mm de lado, con los bordes redondeados con una radio mínimo de 30 mm y un espesor semejante al espesor de la cañería de conducción, la soldadura del refuerzo al caño de conducción será, de filete y continua en todo el perímetro del

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 230 de 267</b>	

mismo, los catetos del filete serán iguales sobre el material de la cañería de conducción y sobre el refuerzo.

Se efectuarán ensayos de continuidad eléctrica entre el refuerzo y la cañería de manera de garantizar, la total conexión eléctrica entre ambos.

La soldadura de conexión de los cables, con la cañería realizada sobre el refuerzo de protección colocado sobre la cañería de conducción, de los ánodos de sacrificios, puede ser realizada por ejemplo, por Soldadura Cuproaluminotérmica o Soldadura de tipo Brasing, y los ensayos de calificación de estos procesos serán los siguientes:

Se harán tres soldaduras de la prueba consecutivas, sobre el material que se utiliza como refuerzo. Ellas se examinarán totalmente en forma visual, observando el perfil de la soldadura y las socavaduras que se pudieran generar. Luego sobre una de estas soldaduras se efectuarán ensayos de micrografías y dureza VICKERS superficial.

El análisis micrográfico dará evidencia de la unión soldada y los detalles de los micro-constituyentes metalúrgicos que se encuentran presentes en la zona afectada por el calor y verifica la micro-estructura sobre el espesor de la cañería y la ausencia de cualquier tipo de microfisuras, falta de fusión o exceso de penetración o la presencia de estructuras de tipo frágil o martensíticas.

El estudio de dureza se hará por medio del método VICKERS con una carga de 10 Kg. y se realizará sobre una línea que se encuentre sobre el corte en el espesor de la cañería y se localizará como máximo a 1mm de la superficie de la misma.

La naturaleza de los micro-constituyentes metalúrgicos y el valor y la situación del punto de máxima dureza deberán ser claramente definidos e informados. No serán permitidas estructuras de tipo plana o martensíticas.

La dureza máxima no excederá 300 HV 10.

- **CALIFICACION DE SOLDADORES**

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 231 de 267</b>	

Los soldadores que intervengan en la obra deben poseer calificación de habilidad para ejecutar el procedimiento aplicable, esta calificación será realizada según la norma API Std. 1104 y los soldadores que se califiquen para efectuar soldaduras con proceso SMAW se deberán calificar para ejecutar el 100% de la junta (raíz, relleno y terminación).

Para el caso de Soldaduras con Procesos Semiautomáticos (FCAW) que pueden ser utilizados en las soldaduras de montaje de la línea o el prefabricado, los soldadores que presente el Proveedor deberán acreditar por escrito, una experiencia anterior en el manejo de este tipo de soldadura, al igual que la experiencia de los soldadores, la que será evaluada por la inspección de YPF para su aprobación antes de la correspondiente calificación de los mismos.

Cada soldador se calificará de acuerdo con los requisitos de API Std. 1104 y requisitos de esta Especificación antes del comienzo de soldadura de la producción. Solo se aceptarán calificaciones simples.

En ciertas situaciones particulares, la Calificación Múltiple puede permitirse. En estos casos, las condiciones de la ejecución de los ensayos de calificación se detallarán totalmente por el Proveedor y deberán ser específicamente aprobados por YPF.

El Proveedor empleará para la ejecución de los trabajos a soldadores experimentados, a cada soldador empleado por el Proveedor se le exigirá pasar una calificación para el tipo y métodos de soldadura en la que el trabajará.

Ningún soldador podrá realizar ningún tipo de trabajo de soldadura en la cañería sin haber calificado previamente y esté previamente aprobado por YPF.

Para los soldadores, no se permite ningún tipo de calificación previa.

Con aprobación anterior de YPF la calificación de un Operador de Soldaduras Automáticas, puede ser aceptada, con la presentación por parte del Proveedor de la documentación de la Calificación anterior, y pruebas fehacientes acerca de las habilidades del operador (aprendizaje o el entrenamiento avanzado, en trabajos anteriores usando Procedimientos de la Soldadura y equipo similares) este certificado de la calificación anterior deberá tener como máximo una



<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 232 de 267</b>	

antigüedad de 6 meses, tiempo en el cual el operario debió estar trabajando, en el mismo tipo de tarea para lo cual se requiere su Calificación.

El Proveedor suministrará la totalidad de los elementos necesarios para las Calificaciones que fueran necesarias realizar, los materiales y el equipo igual calidad a aquéllos a ser usado en la línea. Ella también proveerá los cupones de pruebas, la máquina de soldador y las herramientas necesarias.

Cada soldador hará una probeta de soldadura, bajo las condiciones de campo, simulando las peores condiciones climáticas de la zona. La soldadura se examinará y será probada por el Proveedor, por medio de la presencia de un Inspector de soldadura, mínimamente calificado con el Nivel II según la norma IRAM IAS U 500-169 y en presencia de la inspección de YPF, quien auditará la totalidad de la Calificación y emitirá la aprobación final.

Para la Calificación de soldadores, se usarán niples de cañería de tamaño no menor a 1 metro de largo, agrupándose por diámetros y espesor de pared, de acuerdo con la norma API Std. 1104.

La Calificación de soldadores para Proceso de Soldadura Manual, se realizará separadamente para cada posición de soldadura que se encuentre en el trabajo, de la misma manera que se realiza la calificación del Procedimiento de Soldadura.

Sin embargo, se puede aplicar el siguiente criterio para la Calificación de los soldadores:

La Calificación en las posiciones 2G + 5G califican para 6G, o la calificación en posición 6G califica para todas las posiciones.

- o **Ensayos de las Probetas de calificación de soldadores**

Las probetas de Calificación de soldadores terminadas, realizada con el cumplimiento integral de los parámetros de soldadura que se encuentran en el Procedimiento Calificado para la ejecución de la obra, por medio de Proceso de Soldadura Manual con Electrodo Revestido (SMAW) serán examinadas y aprobadas visualmente y luego serán totalmente radiografiadas y con la evaluación y aprobación de las placas aprobadas, se dará por calificado el soldador.

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 233 de 267</b>	

Los soldadores de Procesos Semiautomáticos u operarios de Soldaduras Automáticas, en el caso de ser necesaria su calificación, serán calificados por medio de ensayos mecánicos de carácter destructivos, de acuerdo con los requerimientos de la norma API Std. 1104, los cuales una vez realizados y luego de recibidos los informes con la aprobación de los mismos, y la aprobación final de la inspección de YPF se darán por calificados.

Los soldadores que efectúen soldaduras de importancia de acuerdo con el criterio de YPF deberán ser calificados por medio de ensayos mecánicos de carácter destructivos, independientemente del Proceso de Soldadura que se utilicen para la ejecución de las mismas

La Calificación de soldadores para las soldaduras de filete, se llevarán a cavo de acuerdo con lo requerimientos de la norma API Std. 1104 (Ejemplo: Inspección visual + 4 ensayos de Nick Break).

En el Proceso de Soldadura Manual (SMAW), un cambio en el nombre comercial del electrodo utilizado, requiere una recalificación del soldador para soldaduras a tope con penetración total, a menos que el Proveedor obtenga, una aprobación específica por parte de YPF.

A cada operador de soldador se le asignará un único número de identificación, que él mismo marcará con pintura en todas las soldaduras producidas por él. Una lista de la totalidad de soldadores calificados, permanentemente actualizada, deberá ser generada y archivada por el Proveedor y estará siempre disponible para la inspección de YPF.

Cualquier soldador que presente un elevado porcentaje de defectos o reparaciones en las soldaduras de producción (Rechazo de más del 5% diario, de soldaduras realizadas), deberá ser inmediatamente retirado, y quedará a discreción de la inspección de YPF que dicho soldador, pueda ser recalificado o no, luego de un período de entrenamiento.

Recalificaciones de soldadores u operarios de soldadura se requerirán, si se verifica cualquier cambio sobre el Procedimiento de la Soldadura Calificado, que requiera la recalificación del mismo.

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 234 de 267</b>	

**• PRESENTACION DE LA CAÑERÍA EN CAMPO PARA SU SOLDADURA**

La presentación de los caños en las soldaduras de línea, se podrá realizar con el uso de presentador externo o interno neumático (o dispositivos equivalentes que no dañen de ningún modo la cañería, no se permitirán soldaduras temporales sobre la cañerías de conducción fuera de los biseles de soldadura) que garantice la alineación de los caños, asegurando que la cañería no sufrirá ningún tipo de movimiento durante la ejecución de la pasada de raíz).

El presentador interno no puede ser retirado hasta que se haya completado el 100% de la pasada de raíz.

En el caso de la utilización de presentador externo en las soldaduras de la línea o en las soldaduras de empalme o en aquellas soldaduras en las que por razones operativas no se pueda utilizar presentador interno, el presentador externo utilizado será retirado, cuando se haya completado al menos el 75% de la pasada de raíz.

Las costuras longitudinales originales del caño si es que las tiene, y deberán en todos los casos encontrarse en cuadrante superior del diámetro de los caños, al presentados para efectuar la soldadura, el desplazamiento de las mismas deben estar desfasadas como mínimo 20 grados entre si.

En la presentación de la cañería para su soldadura se deberán tener especial cuidado con comprobar el cumplimiento de la geometría de los biseles propuesto en el esquema de junta, incorporado a la Especificación de Procedimiento de Soldadura (WPS).

Comprobar y asegurar la limpieza en la superficie de los biseles y en toda el área que comprende la unión, observando la ausencia de grasa, aceite, humedad, pintura, pegamentos, óxidos, material de recubrimiento del caño y cualquier otro material extraño a la junta.

**• PRECALENTAMIENTO**

Se debe realizar en dos etapas: la primera contempla el calentamiento desde el interior del tubo por el método de llama con gas, utilizando un quemador tipo estrella. Alcanzada la temperatura

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 235 de 267</b>	

especificada en piel de tubo del área de la unión externa, se retira el quemador y se efectúa la presentación final (deberá cumplirse lo indicado en el punto 10). En caso de ser requerido, se debe mantener la temperatura con el auxilio de quemadores externos (soplón), utilizando 2 (dos) soplonés en forma conjunta, por cada junta.

El calentamiento deberá ser parejo y homogéneo en la totalidad de la periferia de la cañería que se esta calentando.

En caso de ser requerido el uso de mantos calefactores eléctricos, se debe comunicar la situación al Representante autorizado de YPF quien evaluará las condiciones y deberá aprobar el uso de esa técnica.

En consideración, a la elevada resistencia del material base, las condiciones de embridamiento, la composición química del metal base y del metal de aporte, se establece que la temperatura de precalentamiento en la piel del tubo externa, considerando que el calentamiento se realizará desde el lado interior del caño sea de:  $T \geq 130 \text{ C}$ .

Esta temperatura será medida por medio de pirómetro de contacto a una distancia mínima de 100 mm desde el bisel de soldadura, del lado contrario al lado del calentamiento.

- **PASADA EN CALIENTE**

El tiempo transcurrido entre el final de la primera pasada y el inicio de la segunda no debe ser mayor a

5 (cinco) minutos.

- **TAPAS DE BOCA DE LOS CAÑOS**

Se adoptarán medidas adecuadas para evitar que se produzca el efecto “chimenea” a través de la cañería, durante la ejecución de las soldaduras.

Para lograr este objetivo un extremo de la línea debe ser tapado en forma adecuada, evitando la circulación de aire por el interior del caño.

- **PROTECCION CONTRA ENFRIAMIENTO BRUSCO**

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 236 de 267</b>	

Los fenómenos que ocasionen enfriamiento brusco del cordón de soldadura deberán ser minimizados, con esto se disminuye la posible aparición de fisuras en frío, al favorecer la difusión del hidrógeno, por tal motivo una vez concluida la pasada de “Terminación”, la soldadura deberá ser cubierta con manta térmica de fibra cerámica de 15 mm de espesor, o material similar.

Dicho manto no debe ser retirado hasta que la temperatura sea inferior a  $T = 80^{\circ}\text{C}$ .

- **LIMPIEZA DE CAÑERIAS**

Antes de efectuar la presentación final de la cañería para soldar se realizará una limpieza del interior de la cañería, por medio de cepillo de alambre metálico, retirando de su interior todo resto de suciedad y objetos extraños, el Representante autorizado de YPF es quien define en obra y en forma final si la limpieza de cada caño es adecuada o no.

- **TAPAS NOCTURNAS**


Éstas serán colocadas en la boca de los caños que se encuentran desfilados en la línea, luego de efectuada la limpieza de los mismos, y serán retiradas antes de su preparación para la soldadura.

- **CONDICIONES CLIMATICAS**

Si las condiciones climáticas resultan inadecuadas para la ejecución de la soldadura (viento, lluvia y nieve), se deben disponer los elementos apropiados (Carpas diseñadas con ese fin) para eliminar su incidencia, de no estar disponibles estos elementos se debe suspender inmediatamente el trabajo.

El trabajo podrá ser detenido por la inspección de YPF si, a su solo juicio, las condiciones climáticas no aseguran un trabajo de acuerdo con la mínima calidad solicitada para el mismo, o los elementos de protección utilizados por el Proveedor no cumplen eficientemente con la función para lo que fueron diseñados.

- **Máxima Velocidad del Viento**

	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 237 de 267</b>	

La máxima velocidad de viento admisible será de 25 Km/h. Superada esta se suspenderán todos los trabajos de soldadura en el campo, y los trabajos que impliquen maniobras con izaje de materiales diverso, quedaran sujetos a la aprobación de la inspección de YPF.

- **CONDICIÓN DIARIA DE INICIO DE LOS TRABAJOS**

Para el inicio de los trabajos de cada día en obra, se requiere la presencia de personal de seguridad e higiene y el responsable técnico de la obra que fuera designado oportunamente o a quien este designe con anterioridad a su ausencia.

Se deberá cumplir con todos los procedimientos y permisos que son de exigencia en el área de trabajo y en especial en YPF.

- **Inspección del Proveedor**

La inspección de la calidad de los trabajos estará siempre a cargo del Proveedor y éste será el responsable de verificar y registrar el avance y los resultados de los ensayos realizado en producción.

Pueden existir controles de la calidad realizados por gente de producción pero no pueden dejar de existir los controles de calidad del Proveedor realizados por personal del departamento de calidad de la misma, quien además deberá presentar cada día antes del inicio de los trabajos, la siguiente documentación:

- a) Existencia en obra de documentación técnica aplicable (Especificaciones y normas generales y particulares, WPS, normas internas propias de YPF que fueran de aplicación).
- b) Todos los días de obra, el Proveedor deberá presentar a primera hora de la mañana a los Representantes de YPF los informes de la totalidad de los Ensayos No Destructivos, realizados el día anterior, antes de dar inicio a los trabajos del día (protocolos con resultados de RX, rayos gama, etc. y de los Ensayos Destructivos cuando sean de aplicación).

- **REPARACIONES**

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 238 de 267</b>	

El Proveedor es responsable de elaborar un procedimiento para reparación de soldaduras, de aplicación en esta obra, dicho procedimiento debe ser presentado a YPF o a su Representante autorizado en obra para su aprobación, y luego será calificado de acuerdo a las exigencias de la norma API Std. 1104.

En este procedimiento se debe aplicar una técnica que prevea la progresión de soldadura en vertical ascendente, para la primera pasada en las reparaciones de raíz.

En caso de realizar reparaciones que resulten defectuosas se procederá a cortar la costura y se soldará nuevamente como soldadura nueva.

La condición de reparación a cumplir es que:

- a) Para los defectos de raíz, la longitud de los mismos sean menor o igual al 25 % de la longitud total de la costura de raíz, superado este valor la costura debe rehacerse.
- b) En cuanto a la soldadura de relleno y terminación este límite de longitud máximo aceptable, se incrementa al 30% de la longitud total del cordón.

En las reparaciones parciales, el corte será suficientemente profundo y largo como para quitar completamente el defecto. Los extremos y los lados del corte, tendrán una pendiente gradual de la base del corte a la superficie del metal de la soldadura. El ancho y el perfil del corte permitirán un acceso adecuado para poder soldar.

Un cuidado especial se tendrá para quitar defectos de la soldadura localizados en la raíz para obtener una luz de la raíz aceptable.

Antes de a empezar con la reparación con aporte de soldadura, los biseles de la reparación serán examinadas por método de tintas penetrantes, para asegurar que todos los defectos fueron eliminados.

El precalentamiento y las temperaturas de entre pasadas de acuerdo con el Procedimiento Calificado para la reparación, serán mantenidos durante todas las etapas de las reparaciones por soldadura.

<b>YPF</b>	<b>Tipo de normativa: ESPECIFICACIÓN DE DISEÑO</b>	
	<b>Ámbito de aplicación: E&amp;P YPF</b>	
	<b>Propietario: INGENIERÍA Y OBRAS</b>	
<b>Título: ED(EP)-B-05.06 SOLDADURAS EN DUCTOS API 5L X60 Y SUPERIORES</b>	<b>Código: AB-IYO-ED-09-189-01</b>	<b>Revisión: 01</b>
	<b>Página 239 de 267</b>	

Las reparaciones por soldadura llevarán tratamiento térmico si el Procedimiento de Soldadura original de montaje así lo requiere, para el caso de reparaciones de raíz.

En el caso de encontrarse fisuras durante las inspecciones realizadas, estas fisuras NO serán reparadas y se procederá a cortar la soldadura, y resoldar como cordón nuevo.

- **CALIFICACIÓN DE SOLDADORES PARA REPARACIONES**

Los soldadores asignados para ejecutar reparaciones deben poseer certificado de Calificación de habilidad para ejecutar el procedimiento específico de reparación, indicado en el punto 4. El criterio de Calificación para estos soldadores de reparación segura estará de acuerdo con lo establecido por la norma API Std. 1104.

- **SOLDADURAS DE INGLETE**

No se permiten en ningún caso soldaduras de inglete, las desviaciones inferiores o de hasta 3 causadas por falta de alineación entre caños o componentes a ser soldados, no serán consideradas como soldaduras de inglete.



## **ANEXO 7. PROGRAMA DE GESTIÓN DE INTEGRIDAD POLIDUCTO**

### **• INTRODUCCIÓN**

Hechos impactantes de contaminación ambiental e incluso fatalidades por incidentes de derrames de hidrocarburos han encendido las alertas de las compañías operadoras, autoridades ambientales nacionales e internacionales en el tema de control de riesgos. Si bien el transporte de hidrocarburos es un negocio, además del medio ambiente y las personas, las finanzas de una compañía de transporte de hidrocarburos podrían verse seriamente afectadas a raíz de la materialización de los riesgos de dicha operación.

Una de las principales causas asociadas a fugas, derrames o explosiones por hidrocarburos está asociada con la corrosión en sus diferentes formas o mecanismos, sin embargo, no es la única amenaza contra la integridad en sistemas de transporte de líquidos peligrosos específicamente, incluso se podría decir que no necesariamente es la que genera mayor impacto en dichos sistemas.

Actualmente nos enfrentamos a enormes retos en cuanto a la prevención de eventos de contaminación ambiental y daños a las personas, y para esto, los Sistemas de Gestión de Integridad constituyen la mejor herramienta para garantizar la integridad en sistemas de tuberías propendiendo por la seguridad en la operación, que se desarrolló bajo las consideraciones técnicas del Programa de Gestión de Integridad cuyos conceptos específicos y desarrollados se plasman en la reciente NTC 5901 “Gestión de Integridad de Sistemas de Tuberías de Transporte de Líquidos peligrosos”.

Para el específico caso que nos ocupa, el Poliducto de YPFB (OAM) es un sistema de tuberías enterradas de 20” que transporta crudo de venta por 400 km sobre el valle del Magdalena medio, que como su nombre lo indica, está próximo al Río Magdalena, principal pasaje fluvial de Bolivia, el cual representa el 23% del territorio nacional y atraviesa por cerca de 720 municipios. El OAM además de dicha cercanía al Magdalena, atraviesa casi 400 cuerpos de agua, desde

grandes ríos hasta pequeños caños y drenajes naturales; además, esta robusta estructura de transporte atraviesa 5 departamentos por 21 municipios de Bolivia.

Como es de esperar en un Poliducto que recorre más de 396 Km, atravesando zonas pantanosas, zonas montañosas, desérticas, lluviosas etc. y que tiene sus instalaciones de las estaciones de bombeo en lugares geográficos de condiciones meteorológicas severas, tiene que tener una serie de problemas que causan o pueden causar daños la tubería, al derecho de equipos e instalaciones, originando gastos y pérdidas significativas de personal, medio ambientales y económicas.

Las principales causas que pueden originar daño tanto a los equipos como a la tubería y derecho de vía y que actualmente están presentes en el OAM, pueden resumirse así:

- Condiciones meteorológicas severas, como abundante lluvia y humedad.
- Acción hidráulica de los ríos, erosionando el derecho de vía o descubriendo la cobertura de la tubería en los cruces de ríos.
- Agresividad del suelo que aumenta la probabilidad de ocurrencia de corrosión externa.
- Daños del revestimiento de la tubería, por fallas o insuficiencia del sistema de protección catódica.
- Daños mecánicos en la tubería a causa de terceros.

Y como se trata de una amplia cobertura del territorio nacional, los sistemas de información geográfica representan la principal herramienta de georreferenciación y análisis.

- **ANTECEDENTES**

Actualmente, el OAM cumple 20 años de operación continua de transporte de crudo desde el valle hasta la estación, con relativamente pocos pero significativos sucesos que permitieron enfocar el interés de la operación en el tema de Integridad teniendo su primer acercamiento con la primera inspección en línea realizada el año 2005 la cual permitió identificar un gran número de anomalías generadas principalmente por corrosión externa, al caso crítico de encontrar una pérdida de espesor mayor al 60%. Estos hallazgos fueron el punto de partida para que en la

operación se comenzara a hablar de integridad y se inicia la programación de diferentes actividades de monitoreo que permitieran realizar correlación de datos.

Actualmente se tienen registros desde el año 2001 de la instalación de válvulas ilícitas, picaduras que resultaron en daños que ocasionaron derrames, eventos en que se encontró la estructura destapada generando riesgos latentes para el entorno y la operación.

- **PROCEDIMIENTO**

Dentro de la búsqueda de alternativas aplicables para proponer un programa de integridad, el estándar API 1160 resulta contener toda la metodología y lineamientos para la implementación del un efectivo programa de integridad y por esto se inicia el estudio al respecto con el fin de determinar que amenazas tenían afectación directa sobre el OAM y que procedimiento se iba a desarrollar para contar con una herramienta apropiada que facilitara la gestión y permitirá la accesibilidad a la información.

A partir de API 1160 se realizó la evaluación de las 9 amenazas a la integridad de sistemas de transporte de líquidos peligrosos con el fin de determinar cuales se iban a considerar para la estrategia que se pretendía desarrollar, así que se establece que las amenazas a la integridad para el poliducto de YPFB demostrables y medibles son:

1. Corrosión externa
2. Corrosión interna
3. Daños por terceros
4. Geotecnia y fuerzas externas medioambientales
5. Operaciones incorrectas

Pero para que cada una de estas amenazas pudiera analizarse y valorarse, se requieren variables y parámetros de correlación, además de la interface que lograra realizar precisa y repetitivamente esta correlación.

Se desarrolla la valoración las amenazas relacionadas con el tiempo, basados en la información histórica, datos del sistema generando arreglos conceptuales de la identificación de peligros así:

- **Amenazas estables en el Tiempo**

Defectos de fabricación	• Sin peligros asociados
Defectos en construcción	• Sin peligros asociados
Equipos y accesorios	• Sin peligros asociados

- **Amenazas dependientes del Tiempo**

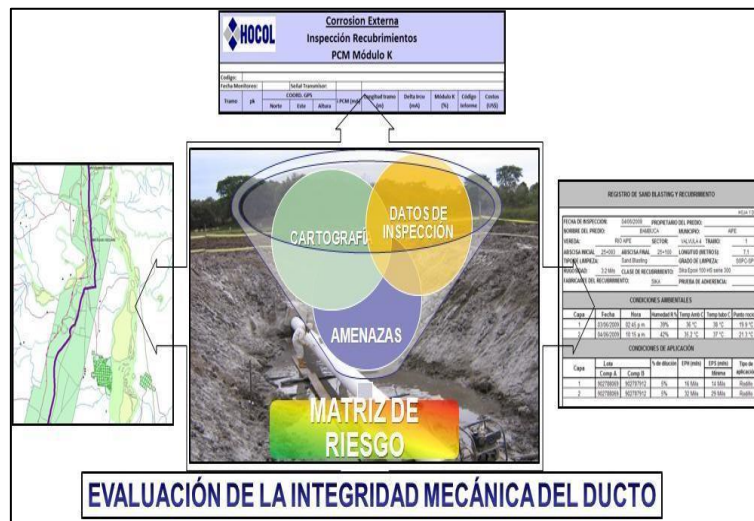
Corrosión Externa	<ul style="list-style-type: none"><li>• Daños en el Recubrimiento</li><li>• Bajos Niveles de protección catódica</li><li>• Suelos altamente corrosivos</li><li>• Edad de la tubería</li><li>• Reparaciones</li><li>• Daños Mecánicos</li><li>• Interferencias</li><li>• Bajo espesor remanente</li></ul>
Corrosión Interna	<ul style="list-style-type: none"><li>• Corrosividad producto transportado</li><li>• Presencia de agua</li><li>• Presencia de sedimentos</li><li>• CO<sub>2</sub></li><li>• H<sub>2</sub>S</li><li>• Fallas por Cl</li><li>• Bajo espesor remanente</li><li>• Imperfecciones</li></ul>
SCC	• Descartada

- **Amenazas independientes del tiempo**



Gracias al aporte de un equipo de trabajo especializado que tuvo el propósito de articular metodologías de programación e aplicabilidad de bases de datos donde se genera un modelo de gestión de información como una herramienta de análisis para determinación del riesgo que nos permite realizar manejo de la información, figura 1; incluyendo en su estructura el uso de bases de datos y novedosamente la inclusión de sistemas de información geográfica, fundamental para la determinación de áreas de alta consecuencia

Figura 1. Gestión de información



Bajo el concepto de que riesgo se define como la probabilidad de falla por la consecuencia de falla, se requiere contener los dos tipos de información para generar la evaluación del riesgo. La determinación de la probabilidad de falla se hace cuantitativamente evaluando los rangos de los parámetros contenidos en las variables y en las amenazas.

Para la determinación de la consecuencia de falla se usa información cartográfica de zonas pobladas, cuerpos de agua, bosques, drenajes y demás eventos que pudieran ser altamente impactados si se presentara una falla. De lo anterior, se obtiene una matriz de riesgo donde se ofrecen opciones como generar una matriz general, una matriz por cada amenaza, definir el valor de la probabilidad de falla en los casos donde no hay datos aun entre otras.

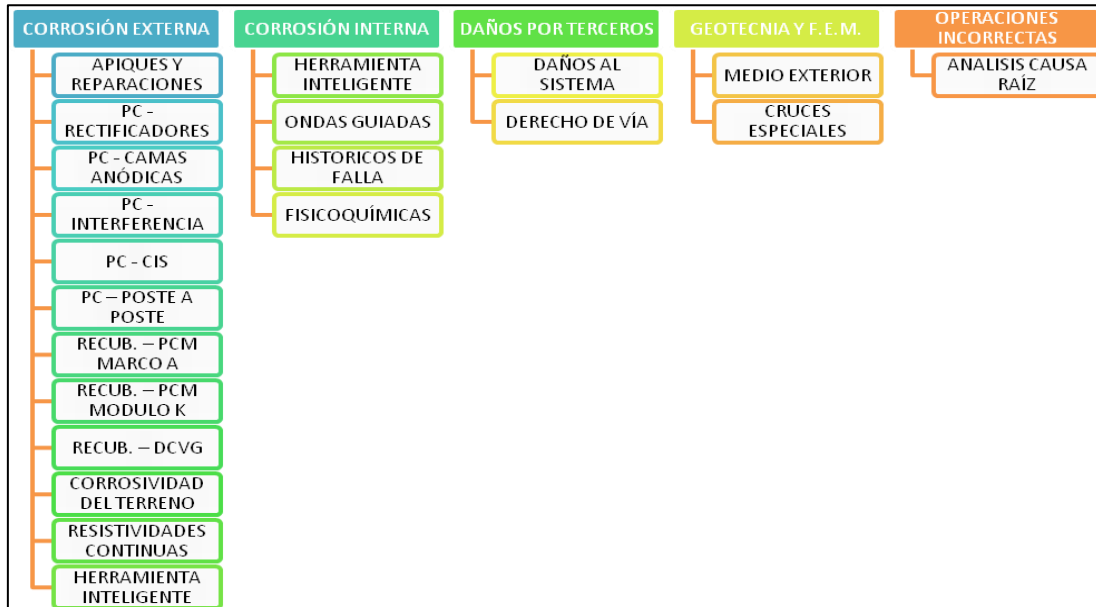
Para lograr este modelo que resulte eficiente, es importante contar con cartografía a escala adecuada y que se encuentre actualizada que permita calcular la consecuencia de falla a lo largo del recorrido del OAM. Realizando una programación y edición en ArcGIS se logra también ofrecer un módulo que permita hacer consultas y realizar cálculos de la consecuencia generando información que será relacionada en la matriz.

## • **RESULTADOS Y DISCUSIONES**

Se desarrolla la herramienta HADER (Herramienta de análisis y diagnóstico de escenarios de riesgo), la cual consta de módulos específicos que se ilustran a continuación, producto del desarrollo investigativo e interdisciplinario de un grupo de trabajo enfocado en el cumplimiento de los mismos objetivos.

La figura muestra la distribución de las variables y parámetros medibles en cada amenaza como línea base para realizar el análisis del riesgo del OAM.

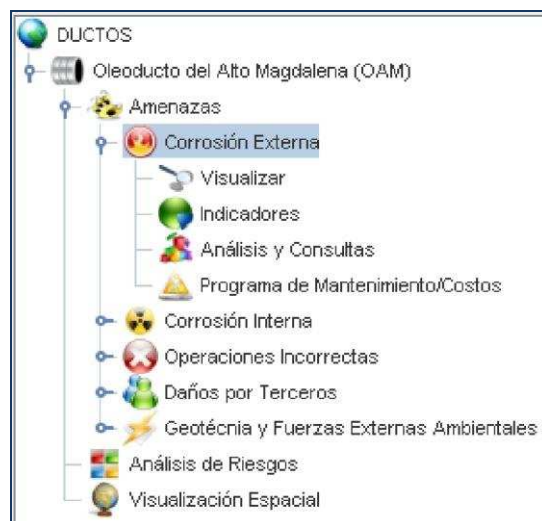
Figura 2. Variables evaluables de cada amenaza.



HADER resulta ser una novedosa herramienta que se diseñó particularmente para el OAM, permitiendo realizar toda una serie de análisis que redundan en la toma acertada de decisiones.

Este software permite realizar visualización de la información, análisis y consultas, revisión de indicadores, visualización de perfiles, cálculo del riesgo, la siguiente figura ilustra el esquema del software.

Figura 3. Presentación módulos HADER.



HADER contiene un módulo esencial para generación y visualización de las matrices de riesgo, que relacionan la probabilidad y la consecuencia de las fallas, acorde a las reglas y especificaciones de evaluación de riesgos definidas por los expertos en el tema. Las matrices son generadas a partir de reglas aplicadas a la información de los monitoreos e inspecciones. Inicialmente, se selecciona cada Amenaza, y se le asigna una POF (Probabilidad de Falla) a cada parámetro de las variables que esta contiene. La POF es un número de 1 a 4 que clasifica los parámetros evaluados según la probabilidad que estos tengan de ocasionar fallas en el ducto. Entre mayor sea la POF, mayor será el riesgo de falla.

Matriz de riesgo.



Gracias a los sistemas de información geográfica se crea el modulo de visualización especial, el cual consiste en un acceso al programa ArcMap de ArcGIS en el cual se visualiza la información del ducto y su entorno (ríos, carreteras, poblaciones, entre otros) los cuales se encuentran ubicados de acuerdo al sistema de coordenadas planas.

- **CONCLUSIONES**

La gestión de integridad de ductos se basa principalmente en el desarrollo de un conjunto de acciones coordinadas que aseguran la integridad, permitiendo una administración eficiente del Riesgo.

La Gestión de Integridad de activos debe mantenerse como una cultura que soporte los programas de Integridad y los planes de monitoreo, inspección y control del riesgo.



Cuando el Programa de Gestión de Integridad ha sido establecido, es necesario que se revise y mejore continuamente. Los posibles cambios en el sistema y los cambios externos pueden afectar las prioridades del Programa de Gestión de Integridad y las medidas de control de riesgo empleadas.

YPFB representa un desarrollo nacional de innovación y uso de nuevas tecnologías de manejo de información, siendo competitivo con otras herramientas ofrecidas por grandes organizaciones con reconocimiento mundial.

La adopción de los Sistemas de Información Geográfica para el manejo y análisis de la información y más aún para la determinación de áreas de consecuencia es una metodología que hasta ahora en Bolivia no ha sido del todo aprovechada.

El liderazgo y compromiso de las Compañías Operadoras de Poliductos son el motor de impulso de los Sistemas de Gestión de Integridad, por lo cual la alta gerencia debe demostrar un fuerte y visible acogimiento que permita alcanzar los niveles requeridos de desempeño en todos los procesos de que involucra el transporte de líquidos peligrosos a través de Sistemas de Tuberías.

Actualmente, es posible afirmar que el proceso de implementación del Sistema de Gestión de Integridad avanza con pasos lentos pero se hace efectivo, a mayor cantidad de información más cerca se está de obtener análisis de riesgo preciso. Todo el propósito de este trabajo se ha enfocado en definir una estrategia que permita a la compañía operadora conocer el riesgo presente en sus activos, específicamente el sistema de tuberías, el cual se puede considerar como el negocio estratégico de la operación, donde se transporta el producto de los campos de producción permitiendo que sus crudos se dispongan de la manera más segura y eficiente. Por esta razón, un poliducto que así como está expuesto a riesgos en su integridad, también lleva el negocio de una compañía, siendo uno de los activos de mayor criticidad en caso de cualquier tipo de daño y por ende, el que más requiere de atención oportuna y juicios ingenieriles capaces de mantenerlo durante su ciclo de vida.

## **ANEXO 8. PLAN DE ACCIÓN ANTE UN DERRAME DE PETRÓLEO O DE SUS DERIVADOS**

Ante la detección de un posible derrame, se debe activar inmediatamente el Plan de Contingencia de la Empresa, el cual establece los procedimientos y lineamientos para manejar este tipo de situaciones con un enfoque operativo y administrativo. Estos son de carácter estándar y se aplican en cualquier escenario. Adicionalmente, se formulan planes de respuesta específicos según las características principales del evento y las condiciones del entorno en el cual ocurrió el evento ambiental.

Las fases de respuesta a una contingencia por derrame son:

- Existencia de condición operativa anormal detectada por SCADA.
- Parada de bombeo.
- Comunicación de la emergencia.
- Ubicación de la contingencia.
- Verificación del derrame.
- Movilización y evaluación de la situación.
- Acciones de control.
- Inicio de contención.
- Reparación de la tubería.
- Confinamiento y recuperación de crudo.
- Transferencia de crudo a almacén temporal.
- Limpieza y restauración.
- Inspección y evaluación de impactos.
- Monitoreo y seguimiento.
- Inicio de contención.
- Reparación de la tubería.
- Confinamiento y recuperación de crudo.
- Transferencia de crudo a almacén temporal.
- Limpieza y restauración.
- Inspección y evaluación de impactos.
- Monitoreo y seguimiento.

## **Tipo de análisis de suelo contaminado por derrame de petróleo y sus derivados**

- Hidrocarburos totales del petróleo (TPH) GRO y DRO
- TPH con discriminación de cadenas
- Benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX)
- Determinación de la presencia de compuestos oxigenados, como etanol, MTBE y ETBE
- Determinación contenido PAH's en muestra de aguas y suelos
- Separación de hidrocarburos aromáticos y alifáticos con discriminación de cadenas
- Caracterización en gasolina, diesel y en el caso de mezcla (gasolina+diesel) el porcentaje de cada fracción.
- Grado de degradación: Fracción ligera hasta C10, Rat C17/Pr y Rat C18/Fi
- Estimación de la degradación del hidrocarburo, permitiendo estimar el periodo en el cual el vertido fue producido: fracción Diésel y la fracción Gasolina

## **Equipos para limpieza**

### **Manta Ray**

La Manta Ray rígida es un cabezal de succión de vertedero especial diseñado para la recuperación de petróleo. El skimmer es adecuado para manchas finas de petróleo en condiciones relativamente tranquilas donde hay pequeños desechos, ejemplo: lagos y ríos de movimiento lento. La Manta Raya es un cabezal de succión plano en forma de media luna con varios canales de succión delgados. La superficie superior del skimmer se puede abrir rápidamente mientras está en funcionamiento para limpiar paja o pequeños desechos y cerrarla para que la unidad recupere eficientemente los finos cortes de crudo.

### **Rock Cleaner**

El Rock Cleaner LRC es una boquilla de succión manual con una rueda de cepillo integrada para mejorar la eficiencia de recuperación de crudo. Está específicamente diseñado para su uso en costas rocosas, en puertos, en terminales petroleras, zanjas, carreteras, fábricas, aeropuertos y embarcaciones. El LRC tiene una pequeña rueda de cepillo operada hidráulicamente, que elimina el crudo de las rocas y separa el crudo y el agua. El crudo recuperado se conduce a una tolva detrás de la rueda del cepillo desde donde se aspira el crudo usando una bomba de succión

separada. El LRC tiene una manija y arnés de dirección ajustables. El LRC está fabricado en aluminio y pesa solo 6.5 kg (14.3 lbs).

### **Weir Skimmer Slurp**

SLURP (Unidad de autonivelación para eliminar la contaminación) por sus siglas en inglés, es un skimmer de crudo de tipo vertedero flotante y autoajutable, desarrollado originalmente por el Centro de Investigación Esso, Abingdon, Inglaterra. Utilizado en todo el mundo durante más de veinte años para eliminar el petróleo y otros contaminantes flotantes de la superficie de las aguas protegidas, SLURP es uno de los skimmers más versátiles fabricados, trabajando de manera eficiente en cualquier situación a velocidades de hasta 44 GPM [10 m<sup>3</sup> / h]. Robusto y de peso ligero, puede ser manejado fácilmente por una sola persona. El desnatador de crudo SLURP no tiene partes móviles. La inmersión del vertedero se controla de forma remota desde la bomba; No hay nada que ajustar en el skimmer. El SLURP funciona bien en olas largas e incluso en olas cortas y agitadas debido a su diseño único. A diferencia de la mayoría de los skimmers de tipo vertedero flotante convencionales que se vuelven inestables cuando el nivel del vertedero se ajusta muy cerca de la superficie, el SLURP se ajustará a cualquier profundidad de inmersión en el vertedero y rozará las manchas de crudo más delgadas. Los SLURPS de acero inoxidable encuentran sus mejores aplicaciones donde los beneficios de caudales extremadamente altos son importantes. El skimmer de crudo de acero inoxidable es resistente a la corrosión, lo que lo hace atractivo en las industrias química y de procesamiento de alimentos. El equipo estándar incluye un flotador de manguera, una pantalla de desechos de admisión y una manguera de succión de 15 m (50 pies) de 1 ½ "(dimensión interna) con accesorios de conexión rápida. Todos los SLURPS tienen un puerto de descarga NPT hembra de 2 ", reduciendo el buje y un accesorio de 1 ½ ", que coincide con los accesorios de conexión rápida en la manguera de succión estándar. El Skimmer Slurp de acero inoxidable viene completo con: S / S Pantalla de Residuos 50 (15 m) 1 ½ "I.D. Manguera de succión de PVC 3 piezas Flotadores de manguera de 1 ½ "Acoplamientos necesarios.